

Erweiterung des Verfahrens zur Berechnung von Schornsteinabmessungen nach DIN 4705 Teil 1 und 2 für feuchteunempfindliche Schornsteine

T 2284

T 2284

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Institut für Bautechnik
- Forschungsbericht -

**Erweiterung des Verfahrens zur Berechnung von Schornsteinabmes-
sungen nach DIN 4705 Teil 1 und Teil 2 für feuchteunempfindliche
Schornsteine**

von

A. HÖB

J. Steiglechner

Technischer Überwachungs-Verein Bayern e. V.

Fachbereich Wärmetechnik-Chemie-Umweltschutz

München

Fachbereichsleiter
Dr. Ing.
Jörg Hermann

Projektleiter
O.I. Dipl.-Ing.
Anton Höb

November 1990

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 2

Vorwort

Die Autoren danken dem Institut für Bautechnik in Berlin für die finanzielle und die sachkundige Unterstützung des Vorhabens. Das Vorhaben wurde parallel zu den Beratungen zur Neufassung der DIN 4705 Teil 1 durchgeführt. Die DIN 4705 Teil 1 ist nunmehr im Manuskript im Mai 1990 erschienen.

Das Rechenverfahren wurde an einer größeren Zahl uns vorliegender meßtechnischer Untersuchungen an feuchteunempfindlichen Schornsteinen und an Abgasanlagen für Abgase mit niedrigen Temperaturen verifiziert.

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 3

Kurzfassung

Im Zuge des Ersatzes alter und zumeist überdimensionierter Heizkesselanlagen durch moderne, energiesparende, umweltschonende und dem tatsächlichen Wärmebedarf angepaßte Heizungsanlagen rückten auch die veränderten Anforderungen an den Hausschornstein in den Blickpunkt des Interesses. Dies vor allem deshalb, weil die Gefahr einer Durchfeuchtung oder Versottung des Schornsteins durch Unterschreitung des Wasserdampftaupunktes im Abgas und Auskondensation gasförmiger Bestandteile im Gefolge des Einbaus einer neuen und zumeist kleineren Heizungsanlage erheblich zunimmt.

Um den genannten Anforderungen gerecht zu werden, hat die einschlägige Industrie sogenannte feuchteunempfindliche Schornsteine und Abgasanlagen für Abgase mit niedrigen Temperaturen entwickelt.

Der feuchteunempfindliche Schornstein wird heute im Neubau bereits in erheblichem Maße angewandt. Zunehmend werden auch Abgasanlagen vor allem für Brennwertkessel angewandt.

Um den geänderten Anforderungen gerecht zu werden, mußten in der Überarbeitung der DIN 4705 auch die Randbedingungen und ein Berechnungsverfahren für feuchteunempfindliche Schornsteine und für Abgasanlagen aufgenommen werden, die mit so niedrigen Abgastemperaturen beaufschlagt werden, daß gasförmige Bestandteile aus dem Abgas auskondensieren.

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 4

Summary

As old and mostly over-dimensioned heating boiler systems are being replaced by modern, energy-saving and environment-friendly systems which adapt to the actual heat requirements, the changing requirements of the house chimney became a focal point of interest. This was mainly because the risk of the chimney being penetrated by damp or sooting up due to the temperature in the flue gases falling below the steam dew point and the condensation of gaseous components has increased considerably as a result of the installation of new and usually smaller heating systems.

In order to comply with the requirements stated above, the associated industry has developed damp-insensitive chimneys and exhaust systems for low temperature flue gases.

The damp-insensitive chimney is already being used extensively in new buildings today. Exhaust systems are also in increasing use, especially for condensing boilers.

To meet these changing requirements, the revision of DIN 4705 had to include the marginal conditions and a calculation method for damp-insensitive chimneys and exhaust systems, using flue gas temperatures so low that gaseous components condense out of the exhaust gases.

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 5

Résumé

Au cours du remplacement de vieilles chaudières et, la plupart du temps, surdimensionnée, par des chaudières modernes, économisant l'énergie, écologiques et adaptées aux besoins quotidiens en chaleur, les nouvelles exigences se trouvent au coeur de l'intérêt. Ceci avant tout parce que le danger d'une imprégnation ou d'un encrassement de la cheminée augmente considérablement par non atteinte du point de rosée de vapeur d'eau dans l'échappement et la condensation complète d'éléments sous forme de gaz suite au montage d'une nouvelle et, la plupart du temps, plus petite chaudière.

Afin d'être à la hauteur des exigences nommées, l'industrie compétente a développé ce qu'on appelle des chemiées non sensibles à l'humidité et des installations d'échappement pour échappements à basses températures.

La cheminée non sensible à l'humidité est déjà utilisée aujourd'hui, dans une large mesure dans la construction nouvelle. On utilise également d'une manière croissante, des installations d'échappement, avant tout pour les chaudières à pouvoir calorifique.

Afin d'être à la hauteur des nouvelles exigences, on devrait intégrer également dans la refonte de la norme DIN 4705 les conditions marginales et un procédé de calcul pour des chemiées insensibles à l'humidité et pour des installations d'échappement qui sont alimentées avec de si basses températures d'échappement, que des éléments en forme de gaz condensent complètement de l'échappement.

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 6

Inhalt	Seite
1. Aufgabenstellung	7
2. Normen und Richtlinien	7
3. Theoretische Grundlagen	8
3.1 Druckbedingung	8
3.2 Temperaturbedingung	9
3.3 Voraussetzungen für die Anwendung des Rechenverfahrens, Anwendungsgrenzen	10
3.3.1 Anwendungsgrenze 1 - minimaler Unterdruck	10
3.3.2 Anwendungsgrenze 2 - minimale Geschwindigkeit	11
3.3.3 Anwendungsgrenze 3 - maximale Schlankheit	12
4. Berechnung der Temperaturen in Verbindungsstücken und Schornsteinen mit und ohne Berücksichtigung von Kondensationswärme	13
4.1 Abgas- und Innenwandtemperaturen ohne Berücksichtigung von Kondensationswärme	14
4.1.1 Rechenverfahren	14
4.1.2 Diskussion des Rechenverfahrens	14
4.2 Abgas- und Innenwandtemperaturen mit Berücksichtigung von Kondensationswärme	18
4.2.1 Rechenverfahren	18
4.2.2 Diskussion des Rechenverfahrens	20
4.3 Folgerungen für feuchteunempfindliche Schornsteine und für Abgasanlagen für Abgase mit niedrigen Temperaturen	23
4.3.1 Drucknachweis	23
4.3.2 Temperaturnachweis	24
5. Leistungsbeschreibung	25
5.1 Abmessungen von feuchteunempfindlichen Schornsteinen	25
5.2 Maximale Bauhöhen von feuchteunempfindlichen Schornsteinen	25
6. Ergebnisse	25
6.1 Schornsteinquerschnitte	25
6.2 Maximale Bauhöhen	25

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 7

1. Aufgabenstellung

Aufgabe des Vorhabens ist es, ein Berechnungsverfahren für feuch-
teunempfindliche Schornsteine auszuarbeiten sowie beispielhaft
Abmessungen von Schornsteinen für Abgase mit niedrigen Temperatu-
ren bei üblichen baulichen und betrieblichen Voraussetzungen zu
berechnen und in Diagrammen darzustellen. Das Berechnungsverfahren
kann auch für Abgasanlagen für Abgase mit niedrigen Temperaturen,
die planmäßig mit Unterdruck betrieben werden, verwendet werden,
wenn die baulichen und betrieblichen Voraussetzungen beachtet wer-
den. Für Abgasanlagen für Abgase mit niedrigen Temperaturen, die
planmäßig mit Überdruck betrieben werden, gelten meist andere An-
wendungsgrenzen für das Rechenverfahren als für Schornsteine.

2. Normen und Richtlinien

Zugrundeliegende Normen und Richtlinien

- DIN 4705 Teil 1 - Berechnung von Schornsteinabmessungen,
Begriffe, ausführliches Berechnungsver-
fahren, Ausgabe September 1979
- DIN 4705 Teil 2 - Berechnung von Schornsteinabmessungen,
Näherungsverfahren für einfach belegte
Schornsteine, Ausgabe September 1979
- DIN 18160 Teil 1 - Hausschornsteine, Anforderungen, Pla-
nung und Ausführung, Ausgabe Febr. 1987
- DIN 4705 Teil 1 - Berechnung von Schornsteinabmessungen,
Begriffe, ausführliches Berechnungsverfahren,
Manuskript der Neufassung vom Mai 1990

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 8

3. Theoretische Grundlagen

Die feuerungstechnische Berechnung von Schornsteinabmessungen nach DIN 4705 Teil 1 beruht auf einer Druckbedingung und einer Temperaturbedingung, Anlage A, Blatt 1. Zur Ausfüllung der beiden Bedingungen müssen die Temperaturen, Strömungsgeschwindigkeiten und Drücke im Verbindungsstück und im Schornstein berechnet werden.

3.1 Druckbedingung

Die Druckbedingung beschreibt den Vergleich des Unterdruckes an der Abgaseinführung in den Schornstein mit dem an dieser Stelle notwendigen Unterdruck, der sich aus der Summe des notwendigen Förderdruckes für den Wärmeerzeuger P_W , dem notwendigen Förderdruck für das Verbindungsstück P_{FV} und dem notwendigen Förderdruck für die Zuluft P_L zusammensetzt. Die nachstehende Bedingung muß erfüllt sein:

$$P_{Ze} = P_L + P_W + P_{FV} \leq P_H - P_R = P_Z \quad \text{in Pa}$$

Hierin bedeuten:

P_{Ze} - Notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein in Pa

P_L - Notwendiger Förderdruck für die Zuluft in Pa

P_W - Notwendiger Förderdruck für den Wärmeerzeuger in Pa

P_{FV} - Notwendiger Förderdruck für das Verbindungsstück in Pa

P_H - Ruhedruck des Schornsteins in Pa

P_R - Widerstandsdruck im Schornstein in Pa

P_Z - Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein in Pa

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 9

Bei feuchteunempfindlichen Schornsteinen muß an jedem Ort über der Schornsteinhöhe eine so große Temperaturdifferenz zwischen dem Abgas und der Umgebung gegeben sein, daß ein ausreichender Unterdruck sichergestellt werden kann. Diese Bedingung ist im allgemeinen dann erfüllt, wenn die Abgase an der Schornsteinmündung eine Temperatur von 30 °C nicht unterschreiten, wobei für die Abkühlung der Abgase bis zur Schornsteinmündung eine Umgebungslufttemperatur von + 15 °C zugrundegelegt wird.

3.2 Temperaturbedingung

Die Temperaturbedingung beschreibt den Vergleich der Innenwandtemperatur an der Schornsteinmündung mit der zulässigen Grenztemperatur des Abgases. Die nachstehende Bedingung muß erfüllt sein:

$$T_{iob} \geq T_g \quad \text{in K}$$

Hierin bedeuten:

T_{iob} - Innenwandtemperatur an der Schornsteinmündung,
bei Temperaturbeharrung in K

T_g - Zulässige Grenztemperatur in K

Bei Schornsteinen für regelmäßige Anforderungen nach DIN 18160 Teil 1, herkömmlichen Schornsteinen, muß die Innenwandtemperatur im Bereich der Schornsteinmündung über der Wasserdampftaupunkttemperatur des Abgases als zulässiger Grenztemperatur liegen. Damit soll eine Durchfeuchtung oder Versottung des Schornsteins vermieden werden.

Bei feuchteunempfindlichen Schornsteinen muß die Innenwandtemperatur im Bereich der Schornsteinmündung über 0°C als zulässiger Grenztemperatur liegen. Damit soll eine Verengung des lichten Querschnittes durch Vereisen vermieden werden.

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 10

3.3 Voraussetzung für die Anwendung des Rechenverfahrens, Anwendungsgrenzen

Für das Rechenverfahren zur Berechnung von Schornsteinabmessungen sind Anwendungsgrenzen zu berücksichtigen.

3.3.1 Anwendungsgrenze 1 - minimaler Unterdruck

Die Anwendungsgrenze 1 - minimaler Unterdruck - legt die maximale Belastbarkeit des Schornsteins fest. Sie soll sicherstellen, daß auch bei einem etwas größeren Abgasmassenstrom wie der Berechnung zugrundegelegt, der z. B. durch eine Überlastung der Feuerstätte oder durch einen höheren Luftüberschuß in den Abgasen als geplant verursacht werden kann, der Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein nicht zu stark abfällt. Bei einem zu starken Abfall des Unterdruckes wäre nämlich die einwandfreie Funktion der Feuerstätte, der einwandfreie Abtransport der Abgase, ja sogar die Bedingung, daß im Schornstein mit Ausnahme des kurzzeitigen Anfahrvorganges immer Unterdruck gegeben sein muß, in Frage gestellt. Für Schornsteine mit üblichen Bauartkenngößen ist die Anwendungsgrenze dann erfüllt, wenn der minimale Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein, den mit der nachstehenden Gleichung berechneten Wert nicht unterschreitet.

$$P_{zmin} = \frac{1}{175} \cdot H \cdot (T_e - T_L) \quad \text{in Pa}$$

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 11

Hierin bedeuten:

- P_{zmin} - minimal zulässiger Unterdruck an der Abgaseinführung
in den Schornstein in Pa
- H - wirksame Schornsteinhöhe in m
- T_e - Abgastemperatur am Eintritt in den Schornstein in K
- T_L - Umgebungstemperatur in K

Für Schornsteine mit einem funktionstechnisch bedingten größeren notwendigen Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein als P_{zmin} kommt die Anwendungsgrenze nicht zum Tragen.

Für Abgasanlagen für Abgase mit niedrigen Temperaturen, die aufgrund ihrer Bauweise mit Unterdruck betrieben werden, gelten für den minimalen Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrecht angeordneten Teil der Abgasanlage dieselben Zahlenwerte.

3.3.2 Anwendungsgrenze 2 - minimale Abgasgeschwindigkeit

Die Anwendungsgrenze 2 - minimale Abgasgeschwindigkeit - legt die minimale Belastbarkeit des Schornsteins fest. Sie soll gewährleisten, daß

- der zur Verfügung stehende Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein bei Verringerung des Abgasmassenstromes nicht abfällt,
- Falschlufteinbruch an der Schornsteinmündung, der eine frühzeitige Zerstörung von Mauerwerk bedeuten kann, begrenzt wird und

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 12

- die den Gleichungen für den Wärmeübergang zugrundeliegenden Strömungsverhältnisse gegeben sind.

Als Anwendungsgrenze 2 wird die minimale Geschwindigkeit des Abgases begrenzt.

$$w_{\min} = 0,5 \cdot \sqrt[4]{\frac{A}{A_{\min}}} \quad \text{in m/s}$$

Hierin bedeuten:

w_{\min} - minimale Geschwindigkeit des Abgases in m/s

A - Querschnittsfläche des Schornsteins in cm²

A_{\min} - Querschnitts-Bezugsfläche des Schornsteins ($A_{\min} = 100 \text{ cm}^2$)

Für Schornsteine, in denen eine kleinere Abgasgeschwindigkeit gegeben ist, kann das Rechenverfahren nur noch bedingt die tatsächlichen Verhältnisse richtig wiedergeben. Es wären insbesondere bei den berechneten Temperaturen und damit bei der Temperaturbedingung nicht quantifizierbare größere Ungenauigkeiten gegeben.

Für Abgasanlagen für Abgase mit niedrigen Temperaturen gelten dieselben Zahlenwerte.

3.3.3 Anwendungsgrenze 3 - maximale Schlankheit

Die Anwendungsgrenze 3 - maximale Schlankheit - legt die maximale Schlankheit des Schornsteins fest. Sie soll sicherstellen, daß bei sehr schlanken Schornsteinen der Widerstandsdruck im Schornstein nicht durch andere Größen als die mittlere Rauigkeit der Innenwand unkontrolliert ansteigt.

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 13

Die maximale Schlankheit ergibt sich aus der Gleichung

$$\left(\frac{H}{D_h}\right)_{\max} = 212,5 - 12500 \cdot r \quad \text{in -}$$

Hierin bedeuten:

H - wirksame Schornsteinhöhe in m

D_h - hydraulischer Durchmesser in m

r - mittlere Rauigkeit der Innenwand in m

Für Abgasanlagen für Abgase mit niedrigen Temperaturen, die mit Unterdruck betrieben werden, gelten dieselben Zahlenwerte.

4. Berechnung der Temperaturen in Verbindungsstücken und Schornsteinen mit und ohne Berücksichtigung von Kondensationswärme

In Anlage A, Blatt 2 ist ein Ablaufschema für die feuerungstechnische Berechnung von Schornsteinabmessungen nach DIN 4705 Teil 1 dargestellt. Das Schema berücksichtigt die einzelnen Schritte die für die Überprüfung der Druck- und der Temperaturbedingung notwendig sind.

In der Anlage A, Blatt 3 sind für eine übliche Schornsteinanordnung die Bereiche mit verschiedenen Umgebungstemperaturen bezeichnet. Danach können für den Schornstein die Bereiche

- im Gebäude, in beheizten Räumen,
- im Gebäude, in nicht beheizten Räumen und im Freien

unterschieden werden.

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 14

Die nach DIN 4705 Teil 1 für verschiedene Schornsteinbauarten maßgebenden Außenluft- und Umgebungstemperaturen für den Druck- und den Temperaturnachweis sind in der Anlage A, Blatt 4 zusammengestellt.

4.1 Abgas- und Innenwandtemperaturen ohne Berücksichtigung von Kondensationswärme

4.1.1 Rechenverfahren

In DIN 4705 Teil 1 sind Gleichungen angegeben, die eine Berechnung der Abgas- und Innenwandtemperaturen in Verbindungsstücken und Schornsteinen erlauben. Die Gleichungen beschreiben die strömungstechnischen und thermodynamischen Zusammenhänge in Schornsteinen. Die wichtigsten Gleichungen sind in den Anlagen B zusammengestellt.

Die Berechnung der Temperaturen baut auf der Kenntnis der Werte für das Abgaswertetripel, der maßgebenden strömungsunabhängigen Bauartkennwerte des Verbindungsstückes und des Schornsteins und den Grundwerten für die Berechnung, wie z. B. den Stoffwerten für Luft und Abgas auf. Die Temperaturen sind für unterschiedliche Betriebsweisen zur Ausfüllung der Temperatur- und der Druckbedingung zu berechnen.

4.1.2 Diskussion des Rechenverfahrens

Gemäß DIN 4705 Teil 1 soll die Druckbedingung für den Schornstein bei fehlender Temperaturbeharrung, die Temperaturbedingung dagegen bei Temperaturbeharrung überprüft werden.

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 15

In der Praxis sind, zumindest bei Anlagen kleiner Leistung, im allgemeinen Betriebszustände mit fehlender Temperaturbeherrschung gegeben. Fehlende Temperaturbeherrschung ist nämlich z. B. immer dann gegeben, wenn die Feuerstätte intermittierend betrieben wird, d. h. wenn ihre Wärmeleistung durch EIN-/AUS-Schaltung des Brenners dem Wärmebedarf angepaßt wird. Bei dieser Betriebsweise d. h. fehlender Temperaturbeherrschung sind niedrigere Abgas- und Innenwandtemperaturen als bei Beherrschung gegeben.

Für die Erfüllung der Druckbedingung wird, wie nochmals betont wird, fehlende Temperaturbeherrschung zugrundegelegt. Damit werden die wirklichen Verhältnisse angenähert abgebildet. Fehlende Temperaturbeherrschung wird im Rechenverfahren der DIN 4705 Teil 1, das auf Temperaturbeherrschung aufbaut, durch die Einführung eines Korrekturfaktors für fehlende Temperaturbeherrschung SH erreicht. Damit wird der Wärmedurchlaßwiderstand der Schornsteinwände und der äußere Wärmeübergangswiderstand des Schornsteins nur teilweise in der Berechnung berücksichtigt. Für übliche Feuerstätten und handelsübliche Schornsteinbauarten ist der Wert in der DIN 4705 Teil 1 angegeben. Mit dieser Festlegung wird berücksichtigt, daß beim Start einer Feuerstätte und beim Aufheizen eines Schornsteins der Zeitraum in dem bei höheren Umgebungslufttemperaturen gegebenenfalls Überdruck auftritt, zeitlich gering gehalten wird.

Für die Erfüllung der Temperaturbedingung wird wie ebenfalls nochmals betont wird, Temperaturbeherrschung, also der Betriebszustand mit höheren Temperaturen zugrundegelegt, als sie häufig in der Praxis gegeben sind. Durch die im allgemeinen gegebenen niedrigeren Temperaturen ist die Gefahr, daß der Wasserdampftaupunkt der Abgase unterschritten wird, größer.

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 16

Bei Unterschreitung des Wasserdampftaupunktes in den Abgasen wird Feuchte als Kondensat aus dem Abgas an den Schornsteinwänden niedergeschlagen. In den Stillstandzeiten der Feuerstätte strömt allerdings entsprechend den Auftriebskräften und den ggf. gegebenen Undichtheiten in der Feuerstätte, im Verbindungsstück und im Schornstein Luft durch den Schornstein, die die an den Innenwänden niedergeschlagene Feuchte wieder mehr oder weniger abtrocknet.

Für herkömmliche Schornsteine muß, wie nochmals betont wird, bei Temperaturbeharrung die Innenwandtemperatur im Bereich der Schornsteinmündung über der Wasserdampftaupunkttemperatur des Abgases als zulässiger Grenztemperatur liegen. Auch bei den niedrigeren Abgas- und Innenwandtemperaturen bei fehlender Temperaturbeharrung kann, wie die Praxis und theoretische Untersuchungen zeigen, eine Durchfeuchtung des Schornsteins ausgeschlossen werden, wenn bei Stillstand der Feuerstätte Luft durch den Schornstein strömt. Bei Schornsteinen herkömmlicher Bauart reicht erfahrungsgemäß etwa 1/10 des Wertes des planmäßigen Abgasmassenstromes an Luft aus, den Feuchteniederschlag wieder abzutrocknen.

Für die verschiedenen möglichen Anordnungen der Schornsteine sind die für die Berechnung maßgebenden Umgebungstemperaturen in Anlage A, Blatt 4 zusammengestellt. Die Berechnung der Innenwandtemperatur im Bereich der Schornsteinmündung setzt die Berechnung des Temperaturverlaufes über der Schornsteinhöhe und zusätzlich für den Bereich der Schornsteinmündung die Berechnung des Temperaturabfalles vom Abgas an die Innenwand voraus.

Für die Berechnung des Temperaturverlaufes über der Schornsteinhöhe sind die durch die Anordnung des Schornsteins bedingten, verschiedenen Umgebungstemperaturen entweder durch eine über die Höhe gemittelte Umgebungstemperatur oder eine abschnittsweise Berechnung des Schornsteins mit entsprechenden Umgebungstemperaturen zu berücksichtigen.

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 17

Für die Berechnung des Temperaturabfalles vom Abgas an die Innenwand im Bereich der Schornsteinmündung ist die Umgebungstemperatur des Schornsteinkopfes, d. h. die Außenlufttemperatur maßgebend.

Für herkömmliche Schornsteine wird der Temperaturvergleich im Bereich der Schornsteinmündung bei einer Umgebungslufttemperatur d. h. einer Außenlufttemperatur von 0°C durchgeführt, eine Temperatur, die in unseren Breiten einen mittleren Tiefstwert in der Heizperiode über einen Zeitraum von ca. 4 Wochen darstellt. Für herkömmliche Schornsteinbauarten aus keramischen Baustoffen kann zur Vermeidung von Feuchteschäden die vorgenannte Umgebungslufttemperatur gewählt werden. Begründet ist diese Festlegung damit, daß Durchfeuchtungsvorgänge in Schornsteinbauarten aus keramischen Baustoffen aufgrund ihres Feuchtehaushaltes relativ langsam ablaufen.

Vereinfachungen im Rechenverfahren wurden insbesondere bei den für die Temperaturbedingung notwendigen Berechnungen getroffen, weil die genaue instationäre Berechnung von Temperaturfeldern in Schornsteinen einen rechentechnisch hohen Aufwand erfordert, der nicht gerechtfertigt erscheint. Für eine sachgerechte Beurteilung eines Schornsteins für die Temperaturbedingung müßten nämlich nicht nur die Temperaturfelder bekannt sein, sondern auch die Durchlüftungsbedingungen in den Stillstandzeiten der Feuerstätte. Nachdem im allgemeinen die Lebensdauer eines Schornsteins die Lebensdauer einer Feuerstätte überschreitet, müßten dann auch weitere Feuerstättenparameter in der Berechnung berücksichtigt werden. Für die genaue Berechnung müßte ebenfalls der Wasserhaushalt des Schornsteins beurteilt werden. Dazu wären allerdings materialspezifische und konstruktive Daten des Schornsteins notwendig, die derzeit nur in den wenigsten Fällen bekannt sind. Aus diesem Grunde ist die Anwendung des Rechenverfahrens auf übliche Feuerstätten und Schornsteinbauarten beschränkt.

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 18

4.2 Abgas- und Innenwandtemperaturen mit Berücksichtigung von Kondensationswärme

4.2.1 Rechenverfahren

Wird an der Innenwand oder im Abgas die Wasserdampftaupunkttemperatur der Abgase unterschritten, wird Feuchte an den Wänden niedergeschlagen, d. h. ein Teil des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes kondensiert. Dadurch wird Kondensationswärme freigesetzt.

Die Berechnung von Abgas- und Innenwandtemperaturen von Schornsteinen mit Berücksichtigung von Kondensationswärme kann nur iterativ durchgeführt werden. Dazu muß der Schornstein über die Höhe verteilt in Schornsteinelementen aufgeteilt werden. An jedem Höhenelement muß die in Anlage C Blatt 1 und 2 gleichungsmäßig dargestellte Wärmebilanz erfüllt sein.

Der feuchte Bereich des Schornsteins wird ab dem Übergang aus dem trockenen Bereich in folgende Höhenelemente unterteilt
0,10 m, 0,20 m, 0,30 m, 0,40 m, 0,50 m, 0,75 m und im weiteren Verlauf jeweils in 1,00 m hohe Elemente. Die Festlegung der genannten Höhen für die Elemente berücksichtigt für übliche Schornsteinbauarten und Abmessungen ausreichend genau den Übergangsbereich trocken-feucht und die Änderungen der Wärme- und Feuchteströme durch sich ändernde Umgebungslufttemperaturen über der Höhe.

Die in Anlage C Blatt 1 und Blatt 2 genannten Gleichungen werden an jedem Höhenelement nach dem in der Anlage C, Blatt 3 wiedergegebenen Ablaufschema verknüpft. Ausgehend von der mittleren Wandtemperatur wird die mittlere Abgastemperatur in einem Höhenelement und wiederum von dieser ausgehend die Eintritts- und die Austrittstemperatur an einem Höhenelement ermittelt.

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 19

Der Wärmeübergangskoeffizient vom Abgas zur Innenwand wird nach DIN 4705 Teil 1 ohne Berücksichtigung von Kondensationswärme und einem zusätzlichen Wert bestimmt, der die verwickelten Vorgänge des Phasenüberganges und damit die Entstehung von Kondensationswärme berücksichtigt. Der Wärmeübergangskoeffizient errechnet sich aus dem Wärmestrom und der Temperaturdifferenz zwischen Abgas und Innenwand. Die Gleichungen sind ebenfalls in den Anlagen C genannt. Der Wärmedurchgang von der Schornsteininnenwand bis zur Außenluft wird aus dem Wärmedurchlaßwiderstand der Schornsteinwände und dem äußeren Wärmeübergangswiderstand des Schornsteins berechnet.

Zur Berechnung des Wasserdampf-Partialdruckes und des Wassergehaltes im Abgas werden die in der Anlage C Blatt 2 angegebenen Gleichungen verwendet.

Bei der Berechnung der Abgas- und Innenwandtemperaturen unter Berücksichtigung von Kondensationswärme wird allerdings die theoretisch mögliche Kondensationswärme nur teilweise angesetzt. Der anrechenbare Teil der Kondensationswärme ist in Abhängigkeit von der Temperatur entsprechend Anlage C, Blatt 4 angesetzt worden. Ausgehend von einer Abgaseintrittstemperatur in den Schornstein von 40 °C wird mit zunehmenden Abgaseintrittstemperaturen der anrechenbare Teil der Kondensationswärme immer niedriger angesetzt.

Die mittleren Abgas- und Schornstein-Innenwandtemperaturen werden durch Aufsummierung der Werte über die einzelnen Höhenelemente bestimmt. Ebenfalls kann die Kondensatmenge durch Aufsummieren der in den einzelnen Höhenelementen niedergeschlagenen Kondensatmengen berechnet werden.

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 20

Die Berechnung der Temperaturen baut auf der Kenntnis des Abgaswertetripels, der maßgebenden strömungsunabhängigen Bauartkennwerte des Verbindungsstückes und des Schornsteins und den Grundwerten für die Berechnung wie z. B. den Stoffwerten für Luft und Abgas auf. Die Temperaturen sind für unterschiedliche Betriebsweisen zur Ausfüllung der Temperatur- und der Druckbedingung zu berechnen.

4.2.2 Diskussion des Rechenverfahrens

Die Druckbedingung für den Schornstein soll bei fehlender Temperaturbeharrung, die Temperaturbedingung für den Schornstein dagegen bei Temperaturbeharrung überprüft werden. Auch für die Berechnung der Temperaturen mit Berücksichtigung von Kondensationswärme wurde also der gleiche Aufbau des Rechenverfahrens wie ohne Berücksichtigung von Kondensationswärme gewählt.

Das Rechenverfahren geht von einem nur teilweise in Abhängigkeit von der Temperatur anzurechnenden Wert der Kondensationswärme aus. Durch den teilweisen Ansatz der Kondensationswärme sollen mehrere physikalische Einflüsse abgedeckt werden, die derzeit theoretisch nicht vollständig beschrieben werden können. Im nachfolgenden werden verschiedene Einflüsse diskutiert.

Es wird vorausgesetzt, daß sich die Vorgänge des Phasenwechsels gleichmäßig über den inneren Schornsteinumfang einstellen und daß sich dadurch die durch Kondensation freiwerdende Wärme über den Umfang gleichmäßig als Erhöhung des Wärmeübergangs vom Abgas zur Innenwand auswirkt. Aufgrund unterschiedlicher Strömungsverhältnisse im Schornstein und verschiedenen Wärmedämmungen über dem

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 21

Umfang ist diese Voraussetzung insbesondere bei Schornsteinen mit rechteckigem lichten Querschnitt nur teilweise gegeben. Bedingt durch die verschiedenen Temperaturen über den inneren Schornsteinumfang wird auch unterschiedlich viel Feuchte über den Umfang niedergeschlagen. Damit werden natürlich wiederum die Temperaturen über den Schornsteinumfang beeinflusst und somit auch sein Wärmeverlust. Dieser Effekt ist jedoch im allgemeinen vernachlässigbar, weil er maximal 5 % des Wertes für den Wärmeverlust des Schornsteins erreichen kann.

Es wird vorausgesetzt, daß sich der Wärmedurchlaßwiderstand der Schornsteinwände durch niederschlagende Feuchte nicht verändert. Bei Schornsteinen (auch bei feuchteunempfindlichen Schornsteinen) ändern sich jedoch die Wärmedämmeigenschaften entsprechend dem kapillaren Wassertransport durch die Innenschale in geringem Maße. Die geringe durch die Innenschale tretende Feuchte (Wasser) muß nämlich an der Außenwand der Innenschale bzw. in der Dämmschale wieder verdunsten, was eine entsprechende Wärmemenge benötigt. Bei Schornsteinen mit metallischen Innenschalen und mit keramischen Innenschalen mit Oberflächenabdichtung (Glasure) ist der kapillare Wassertransport durch die Innenschale und damit die für die Verdunstung benötigte Wärme gering. Er wird überwiegend durch die Fugen verursacht. Bei Schornsteinen mit keramischen Innenschalen ohne Oberflächenabdichtung (Glasure) kann durch den beschriebenen Effekt eine Wärmemenge zur Verdunstung benötigt werden, die äquivalent einer Verringerung der Wärmedämmeigenschaften des Schornsteins bis zu 10 % ist, wie Messungen zeigen. Auch dieser Effekt kann, sofern er die vorgenannte Größe nicht überschreitet, noch vernachlässigt werden.

Es wird vorausgesetzt, daß in der Schornsteinachse keine Wärmetransportvorgänge auftreten, die durch niedergeschlagene Feuchte verursacht wird. An den Innenflächen des Schornsteins niedergeschlagene Feuchte läuft allerdings von oben nach unten, entgegen

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 22

der Strömungsrichtung des Abgases bis zum Schornsteinsockel. Die Feuchte läuft also von Bereichen mit niedriger Temperatur in Bereiche mit höherer Temperatur. Dadurch verdunstet wieder ein Teil der niedergeschlagenen Feuchte, in besonderen Fällen auch die gesamte Menge, wozu die in den oberen Schornsteinabschnitten freiwerdende Kondensationswärme in den unteren Schornsteinabschnitten wieder ganz oder teilweise verbraucht wird.

Aufgrund von theoretischen Abschätzungen und meßtechnischen Untersuchungen wird deshalb zur Berücksichtigung der oben beschriebenen Effekte der anrechenbare Teil der Verdampfungswärme in Abhängigkeit von der Temperatur, Anlage C, Blatt 4 vorgeschlagen.

Es wird berücksichtigt, daß durch die aus dem Abgas auskondensierende Feuchte der durch den Schornstein strömende Abgasmassenstrom verringert wird. Das Verfahren berücksichtigt allerdings nur Wasserdampf, nicht dagegen die teilweise ebenfalls in Lösung gehenden anderen Gase z. B. Kohlendioxid. Ein geringerer Abgasmassenstrom hat ungünstigere Abkühlungsverhältnisse im Schornstein zur Folge. In der Praxis verringert sich allerdings der Abgasmassenstrom durch in Lösung gehende andere Gase, wie Messungen gezeigt haben, in vernachlässigbaren Größen, d. h. weniger als 5 %.

Die Berechnung der Temperaturabnahme zwischen Abgas und Innenwand im Bereich der Schornsteinmündung für feuchteunempfindliche Schornsteine geht von einer Umgebungslufttemperatur von -15°C aus. Bei dieser Temperatur soll für feuchteunempfindliche Schornsteine die Innenwandtemperatur 0°C nicht unterschreiten. Die gegenüber herkömmlichen Schornsteinen wesentlich niedrigere Umgebungslufttemperatur wird vorgeschlagen, weil eine Vereisung im Bereich der Schornsteinmündung wesentlich schneller abläuft als eine Durchfeuchtung.

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 23

Die Berechnung der Abgas- und Innenwandtemperaturen eines feuchteunempfindlichen Schornsteins soll mit Abgasgeschwindigkeiten durchgeführt werden, die mindestens der Anwendungsgrenze 2, Abschnitt 3.3.2 entsprechen. Höhere Strömungsgeschwindigkeiten haben an der Schornsteinmündung höhere Abgas- und Innenwandtemperaturen zur Folge. Bei einer Außenlufttemperatur von -15°C , dem Auslegungswert von Heizungsanlagen in unseren Breiten, sind jedoch üblicherweise höhere Abgasgeschwindigkeiten gegeben. Zu berücksichtigen ist ferner, daß bei dieser niederen Außenlufttemperatur im allgemeinen die Abgastemperatur am Eintritt in den Schornstein höher liegt.

Die Berechnung der Temperaturen erfolgt wiederum bei Temperaturbeharrung. Bei fehlender Temperaturbeharrung ergeben sich naturgemäß niedrigere Temperaturen mit entsprechend höheren pro Zeiteinheit niedergeschlagenen Feuchtemengen. Durch die in Stillstandsphasen der Feuerstätten durch den Schornstein strömende relativ trockenen Luftmengen (bei den niederen Umgebungstemperaturen ist im allgemeinen die Nebenluft auch relativ trocken) werden allerdings auch erhebliche Kondensatmengen durch die großen Temperatur- und Wasserdampf-Partialdruckunterschiede abgetrocknet. Bei -15°C Außenlufttemperatur, dem Auslegungswert von Heizungsanlagen, wird ein Dauerbetrieb der Feuerstätte unterstellt.

4.3 Folgerungen für feuchteunempfindliche Schornsteine

Aufgrund der in Abschnitt 4.1 und 4.2 gegebenen Ausführungen wird für die Berechnung der Abmessungen von feuchteunempfindlichen Schornsteinen folgendes Vorgehen vorgeschlagen:

4.3.1 Drucknachweis

Bei der Berechnung der Temperaturen, Strömungsgeschwindigkeiten und Drücke für den Drucknachweis und damit für die Abmessungen des feuchteunempfindlichen Schornsteins kann auf die Berücksichtigung der Kondensatwärme verzichtet werden. Dies ist dadurch begründet,

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 24

daß sich bei der für die Druckbedingung maßgebenden Außenlufttemperatur von + 15°C die Temperaturen durch geringe Kondensatmengen auch nur relativ geringfügig ändern, was sich auf die zu ermittelnden Abmessungen des Schornsteins kaum auswirkt. Der wesentlich höhere Rechenaufwand zur Ermittlung der Temperaturen bei Berücksichtigung der Kondensationswärme wäre somit nicht gerechtfertigt.

4.3.2 Temperaturnachweis

Bei der Berechnung der Temperaturen, Strömungsgeschwindigkeiten und Drücke für den Temperaturnachweis kann dagegen die Kondensationswärme berücksichtigt werden. Dies ist dadurch begründet, daß sich die Innenwandtemperaturen bei der für die Temperaturbedingung maßgebenden Außenlufttemperatur von bis zu - 15°C wesentlich stärker als bei + 15 °C wie beim Drucknachweis ändern.

Um die in der Praxis gegebenen komplexen Vorgänge so einfach wie möglich abbilden zu können, wird die Berechnung mit gleichbleibender Wärmedämmung des Schornsteins, keiner Rückverdampfung des niedergeschlagenen Kondensates dafür aber nur mit einem anrechenbaren Teil der Kondensationswärme durchgeführt.

Als Randbedingung werden relativ niedrigere Umgebungslufttemperaturen und niedrigere Abgasgeschwindigkeiten angesetzt.

Für die Berechnung der maximalen Bauhöhen von Schornsteinen ist ferner zusätzlich die Bedingung einer Abgastemperatur von mindestens 30 °C an der Schornsteinmündung zu beachten, wofür für die Berechnung des Temperaturabfalles über der Höhe eine gleichbleibende Umgebungslufttemperatur von + 15°C zugrundegelegt wird. Damit können maximale Bauhöhen angegeben werden, die die üblichen Einbaubedingungen bei einem feuchteunempfindlichen Schornstein, der überwiegend im Gebäude angeordnet wird und dessen maximale Bauhöhe in nicht beheizten Räumen und im Freien 5 m nicht über

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 25

steigt, abdecken. Damit kann ferner sichergestellt werden, daß in allen Schornsteinabschnitten über der Schornsteinhöhe Unterdruck sichergestellt werden kann.

5. Leistungsbeschreibung

Aufbauend auf dem beschriebenen Berechnungsverfahren sind die nachfolgenden Berechnungen durchgeführt worden.

5.1 Abmessungen von feuchteunempfindlichen Schornsteinen

Aufbauend auf der in Abschnitt 3.1 beschriebenen Druckbedingung wurden Berechnungen für eine Abgastemperatur am Eintritt in den Schornstein von 40°C durchgeführt. Für die Berechnung der Abmessungen wurde die Kondensationswärme nicht berücksichtigt.

Die Berechnungen wurden gemäß DIN 4705 Teil 1, Manuskript Mai 90, unter Beachtung der in DIN 4705 Teil 2 genannten Ausführungsarten I, II und III mit den Wärmedurchlaßwiderständen von $[1/k]_b = 0,12, 0,22$ und $0,65 \text{ m}^2\text{K/W}$ mit einer runden lichten Querschnittsform und einer mittleren Rauigkeit der Innenwand von $r = 0,002 \text{ m}$ durchgeführt. Die Berechnung der Rohrreibungszahl erfolgte nach der Formel von Colebrook, siehe DIN 4705, Teil 1, Manuskript Mai 90, Bild 17. Die baulichen und betrieblichen Voraussetzungen der Berechnungen sowie Werte für die Anwendungsgrenzen des Rechenverfahrens sind in der Anlage D zusammengestellt.

5.2 Maximale Bauhöhen von feuchteunempfindlichen Schornsteinen

Aufbauend auf der in Abschnitt 3.2 beschriebenen Temperaturbedingung wurden maximale Bauhöhen für feuchteunempfindliche Schornsteine mit Berücksichtigung von Kondensationswärme berechnet. Der Abgasmassenstrom wurde für diese Berechnungen so gewählt, daß die mittlere Abgasgeschwindigkeit im Schornstein 1 m/s beträgt. Die baulichen und betrieblichen Voraussetzungen der Berechnungen sind in der Anlage I, Blatt 1 zusammengestellt.

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 26

6. Ergebnisse

6.1 Schornsteinquerschnitt

Die Ergebnisse der Berechnung der Abmessungen von feuchteunempfindlichen Schornsteinen wurden in den Anlagen E bis G in Diagrammen dargestellt, wobei für die Anlagen E ein Wärmedurchlaßwiderstand von $[1/k]_b = 0,12 \text{ m}^2\text{K/W}$, für die Anlagen F ein solcher von $0,22 \text{ m}^2\text{K/W}$ und für die Anlagen G ein Wert von $0,65 \text{ m}^2\text{K/W}$ zugrundegelegt wurde.

Für den notwendigen Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein wurden Werte von 3 Pa, 4 Pa, 6 Pa, 8 Pa und 10 Pa angesetzt.

Die lichte Weite der Schornsteine wurde als Parameter in Abhängigkeit von Abgasmassenstrom und wirksamer Schornsteinhöhe dargestellt.

6.2 Maximale Bauhöhen

In den Anlagen H, Blatt 1 bis 3 wurden einige typische Berechnungen mit und ohne Berücksichtigung von Kondensationswärme für eine Abgastemperatur am Schornsteineintritt von 40°C und in den Anlagen H, Blatt 4 bis 6 für eine Abgastemperatur am Schornsteineintritt von 60°C zusammengestellt.

In den Anlagen I, Blatt 2 und 3 wurden für feuchteunempfindliche Schornsteine in Abhängigkeit vom Wärmedurchlaßwiderstand und der lichten Weite des Schornsteins maximale Bauhöhen mit Berücksichtigung von Kondensationswärme dargestellt.

6.3 Einsatzbereich eines Schornsteins

Der Einsatzbereich eines Schornsteins wird durch die Druckbedingung, die Temperaturbedingung und die Grenzen für die Anwendbarkeit des Rechenverfahrens begrenzt.

Institut für Bautechnik
1000 Berlin 30

G3-WUW-hoe-nm
A-Nr.: 137 9151

München, 08.10.90
Blatt 27

In der Anlage J wurde schematisch dargestellt, wie eine solche Eingrenzung des Einsatzbereiches aussehen kann. Je nach Schornstein und Randbedingungen können sich die Grenzen verschieben.

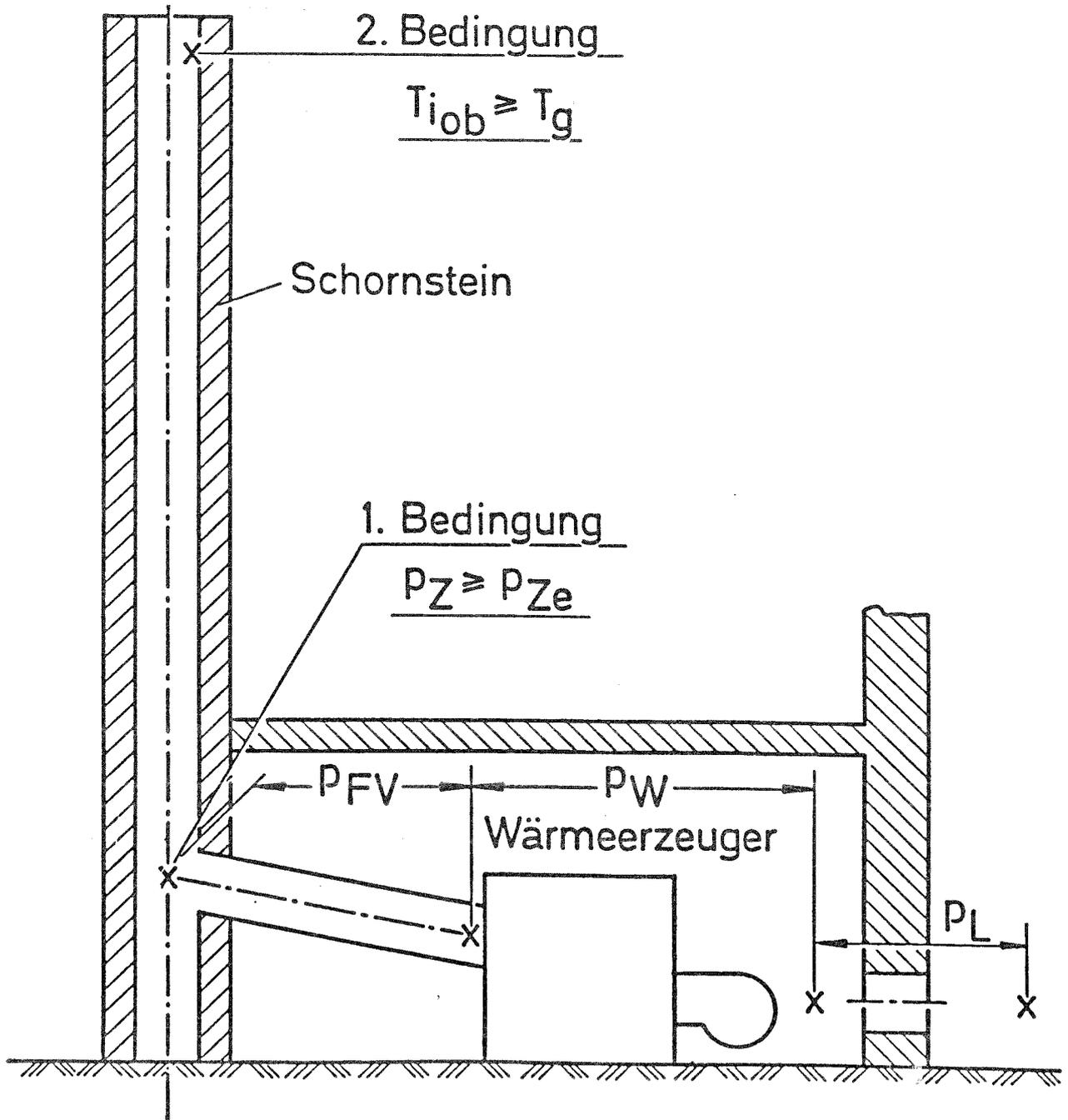
Zentralabteilung
Wärme- und Raumluftechnik

A. Hoff

Uteiglechner J.

Anlagen A, B, C, D,
E, F, G, H, I, J

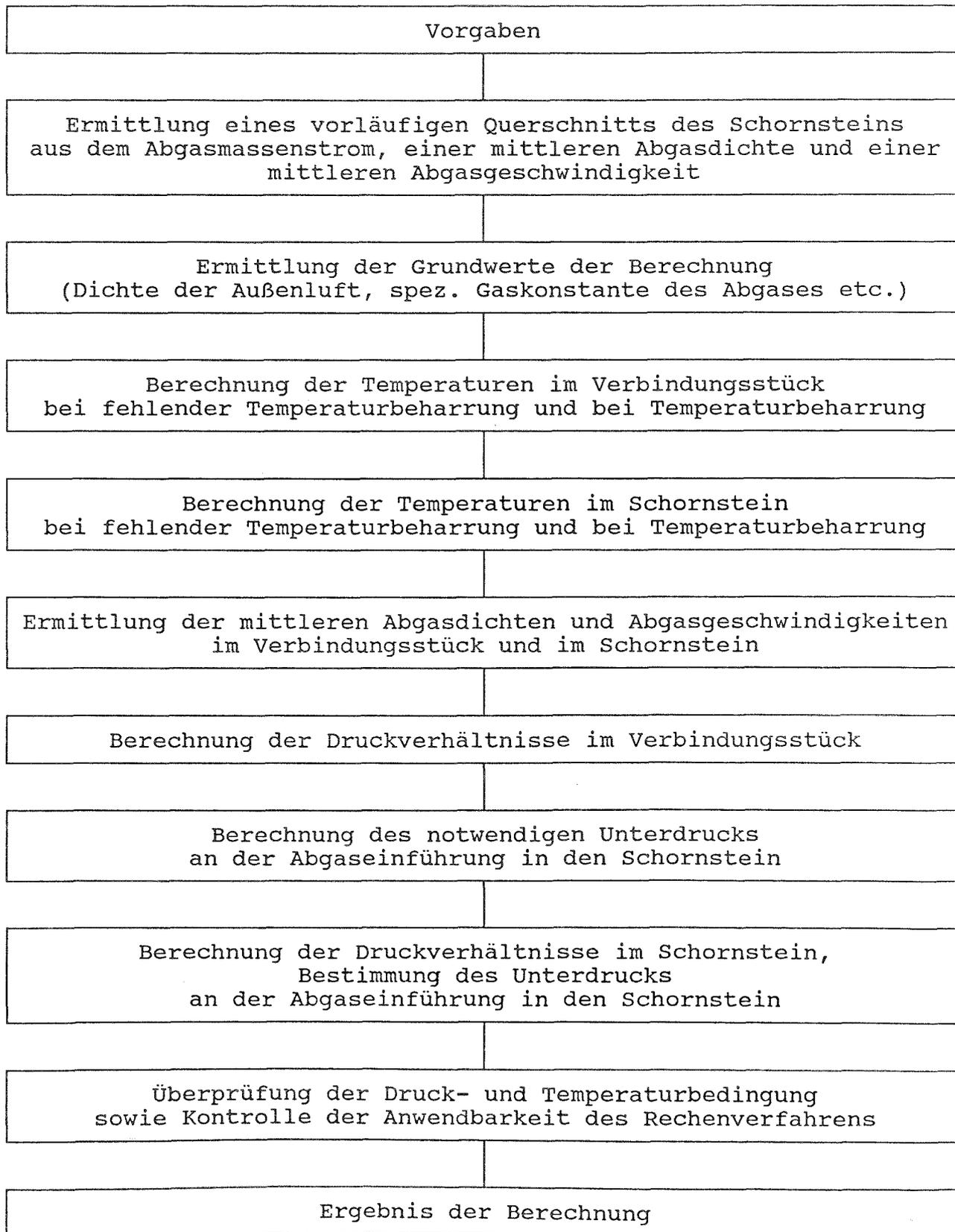
Funktionstechnische Anforderungen an einen Schornstein - DIN 4705 -



$$\underline{P_Z = P_H - P_R} \quad \underline{P_{Ze} = P_L + P_W + P_{FV}}$$

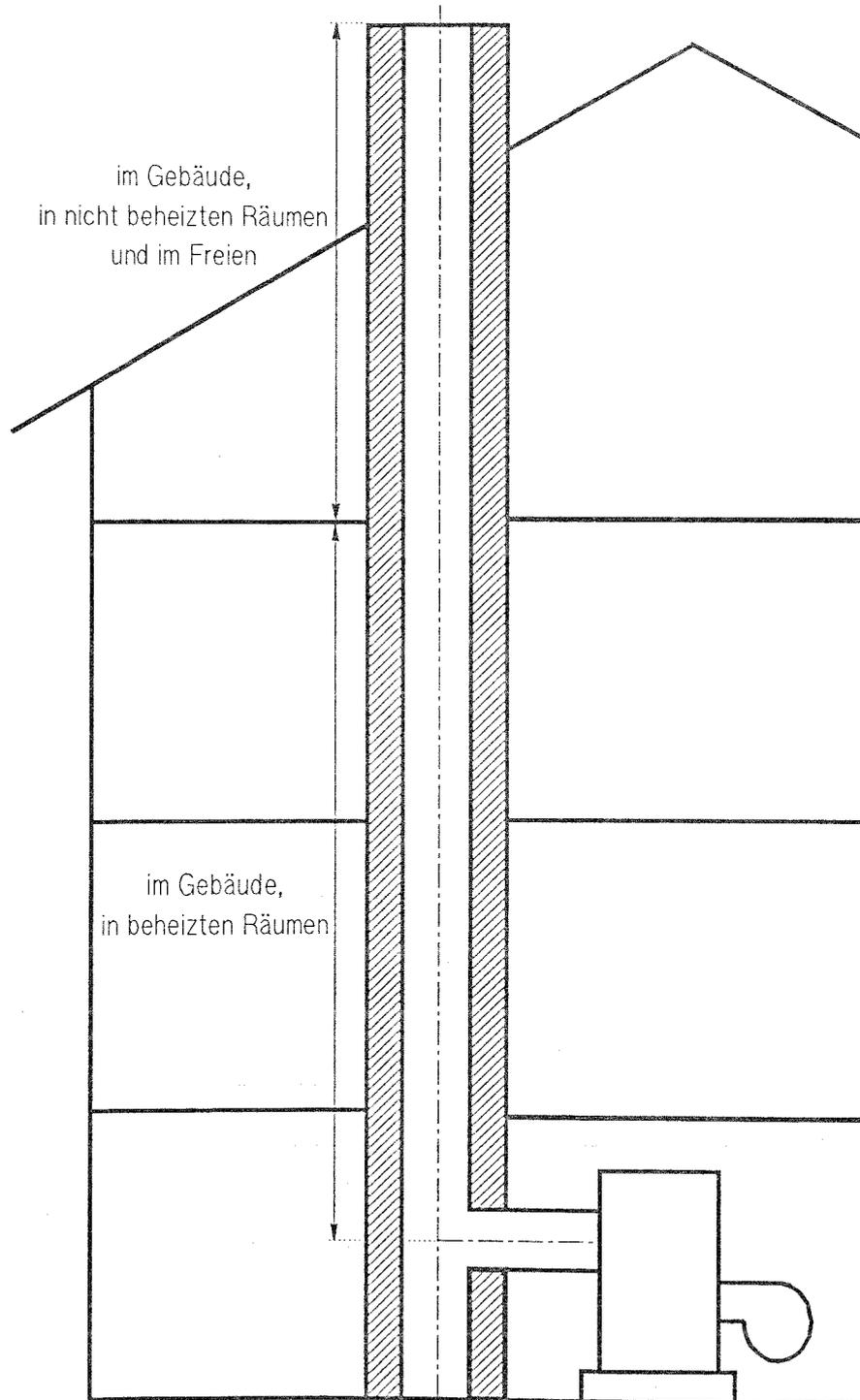
Anlage A, Blatt 2
zum Bericht vom 08.10.90

Ablaufschema der feuerungstechnischen Berechnung von Schornsteinabmessungen nach DIN 4705



Anlage A, Blatt 3
zum Bericht vom 08.10.90

Schornsteinanordnung



Außenluft- und Umgebungstemperaturen für den Druck- und Temperaturnachweis

Anordnung des Schornsteins			Druck ¹⁾	Bedingungen	Temperatur ²⁾
					$T_{\text{ioB}} \geq T_{\text{g}}$
Schornstein im Gebäude	t_L	°C	+ 15		$T_{\text{g}} = T_{\text{p}}$
	t_u	°C	+ 15		-
	t_{uo}	°C	-		+ 15 ³⁾) / + 20 ⁴⁾) bis ± 0 ⁴⁾
					± 0
Schornstein im Gebäude mit Nebenluftvorrichtung	t_L	°C	+ 15 / 0 ⁵⁾		$T_{\text{g}} = T_{\text{p}}$
	t_u	°C	-		-
	t_{uo}	°C	-		+ 15 ³⁾) / + 20 ⁴⁾) bis ± 0 ⁴⁾
					± 0
Schornstein freistehend	t_L	°C	+ 15		$T_{\text{g}} = T_{\text{p}}$
	t_u	°C	+ 15		- 15
	t_{uo}	°C	-		- 15
FU-Schornstein im Gebäude	t_L	°C	+ 15 / - 15 ⁵⁾		$T_{\text{g}} = \pm 0$
	t_u	°C	+ 15		-
	t_{uo}	°C	-		+ 15 ³⁾) / + 20 ⁴⁾) bis - 15 ⁴⁾
					- 15
Abgasanlage für Abgase mit niedrigen Temperaturen					$T_{\text{g}} = \pm 0$
	1) Gleichstrom	t_L	°C	+ 15	-
		t_u	°C	+ 15	- 6)
	t_{uo}	°C	-	- 6)	
2) Gegenstrom	t_L	°C	+ 15	-	
	t_u	°C	+ 15	± 0 ⁷⁾	
	t_{uo}	°C	-	- 15	
3) außen angebracht	t_L	°C	+ 15	-	
	t_u	°C	+ 15	- 15	
	t_{uo}	°C	-	- 15	

t_L = Außenlufttemperaturen
 t_u = Umgebungstemperatur
 t_{uo} = Umgebungstemperatur an der Mündung

- 1) Korrekturfaktor für fehlende Temperaturbeherrung SH = 0,5
- 2) Korrekturfaktor für fehlende Temperaturbeherrung SH = 1,0
- 3) Maximal 1/4 der wirksamen Schornsteinhöhe oder der entsprechenden Schornsteinaußenflächen im Freien oder in nicht beheizten Räumen, Berücksichtigung zusätzlicher Wärmedämmung im Kopfbereich
- 4) Mehr als 1/4 der wirksamen Schornsteinhöhe oder der entsprechenden Schornsteinaußenflächen im Freien oder in nicht beheizten Räumen, Umgebungstemperatur entsprechend den Flächenanteilen mitteln oder den Schornstein abschnittsweise rechnen. Berücksichtigung zusätzlicher Wärmedämmung im Kopfbereich
- 5) Für die Berechnung des Nebenluftstromes
- 6) Die Überprüfung der Temperaturbedingung kann entfallen, wenn die Höhe des Schachtes im Freien und in nicht beheizten Räumen insgesamt 5 m nicht übersteigt
- 7) Für eine Höhe des Schachtes im Freien und in nicht beheizten Räumen von nicht mehr als 5 m

Formeln zur Berechnung der Abgas- und Innenwandtemperaturen nach DIN 4705 Teil 1 - ohne Berücksichtigung von Kondensationswärme -

mittlere Temperatur des Abgases

$$T_m = T_u + ((T_e - T_u)/K) * (1 - e^{-K})$$

Abgastemperatur an der Schornsteinmündung

$$T_o = T_u + (T_e - T_u) * e^{-K}$$

Innenwandtemperatur an der Schornsteinmündung

$$T_{io} = T_o - (k_o/\alpha_i) * (T_o - T_{uo})$$

Hierin bedeuten:

T_u	Umgebungstemperatur	in K
T_e	Abgastemperatur am Eintritt in den Schornstein	in K
K	Abkühlzahl	in -
k_o	Wärmedurchgangskoeffizient an der Schornsteinmündung	in W/m^2K
α_i	innerer Wärmeübergangskoeffizient	in W/m^2K
T_{uo}	Umgebungstemperatur an der Schornsteinmündung	in K

Abkühlzahl

$$K = (U * k * L) / (m * c_p)$$

Hierin bedeuten:

U	innerer Schornsteinumfang	in m
k	Wärmedurchgangskoeffizient	in W/m^2K
L	gestreckte Länge des Schornsteins	in m
m	Abgasmassenstrom	in kg/s
c_p	spezifische Wärmekapazität des Abgases	in J/kgK

Wärmedurchgangskoeffizient

$$k = (1/\alpha_i + S_H * ((1/\lambda)_b + (D_{hi}/(D_{ha} * \alpha_a))_b))^{-1}$$

Hierin bedeuten:

α_i	innerer Wärmeübergangskoeffizient	in W/m ² K
S_H	Korrekturfaktor für fehlende Temperaturbeharrung	in -
$(1/\lambda)_b$	Wärmedurchlaßwiderstand bei Temperaturbeharrung	in m ² K/W
$(D_{hi}/(D_{ha} * \alpha_a))_b$	äußerer Wärmeübergangswiderstand bei Temperaturbeharrung	in m ² K/W

innerer Wärmeübergangskoeffizient

$$\alpha_i = (\lambda_A * Nu) / D_h$$

Hierin bedeuten:

λ_A	Wärmeleitfähigkeit des Abgases	in W/mK
Nu	Nusseltzahl	in -
D_h	hydraulischer Durchmesser	in m

Nusseltzahl

$$Nu = (\psi_{\text{rauh}}/\psi_{\text{glatt}})^{0,67} * 0,020 * (Re^{0,80} - 100)$$

Hierin bedeuten:

ψ_{rauh}	Reibungszahl für hydraulisch raue Strömung	in -
ψ_{glatt}	Reibungszahl für hydraulisch glatte Strömung	in -
Re	Reynoldszahl	in -

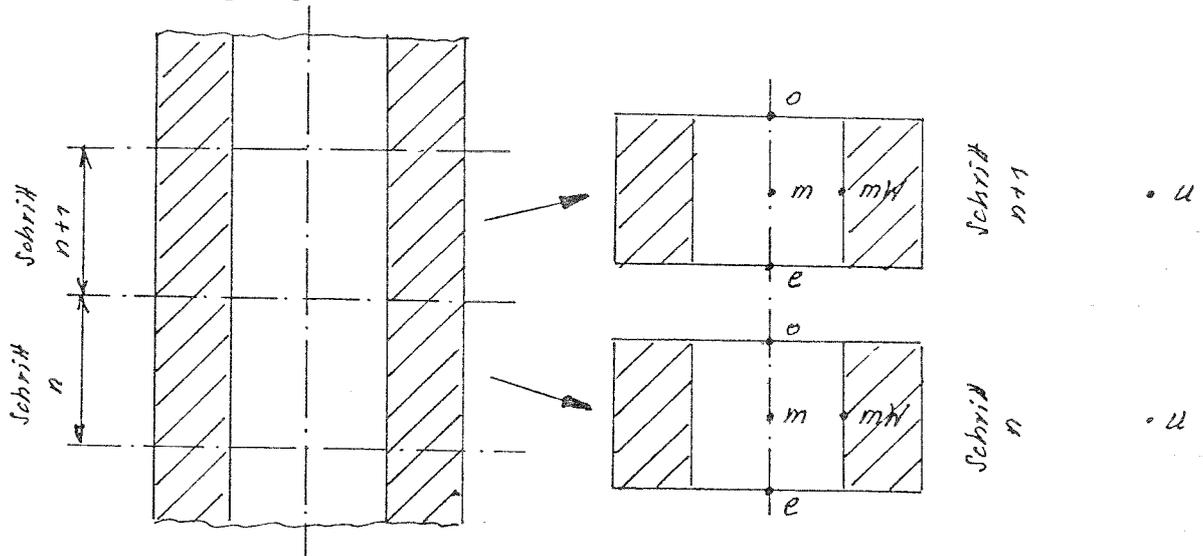
Reynoldszahl

$$Re = (w_m * D_h) / \nu_A$$

Hierin bedeuten:

w_m	mittlere Abgasgeschwindigkeit	in m/s
D_h	hydraulischer Durchmesser	in m
ν_A	kinematische Viskosität des Abgases	in m ² /s

Formeln zur Berechnung der Abgas- und Innenwandtemperaturen - mit Berücksichtigung von Kondensationswärme -



Wärmebilanz an einem Höhenelement

$$\phi_A + \phi_K - \phi_V = 0$$

Abgaswärme $\phi_A = m * c_p * (T_e - T_o)$ in W

Kondensationswärme $\phi_K = m_{tr} * r * f_r * \Delta W$ in W

$$\phi_K = \alpha_{iK} * A_i * (T_m - T_{mW})$$
 in W

Verlustwärme $\phi_V = k^* * A_i * (T_{mW} - T_U)$ in W

$$\phi_V = \alpha_{i\text{gesamt}} * A_i * (T_m - T_{mW})$$
 in W

Hierin bedeuten:

m	Abgasmassenstrom	in kg/s
c_p	spezifische Wärmekapazität des Abgases	in J/kgK
m_{tr}	trockener Abgasmassenstrom	in kg/s
r	Verdampfungswärme ($r = 2\,500\,000$ J/kgK)	in J/kgK
f_r	anrechenbarer Teil der Verdampfungswärme	in -
ΔW	Kondensatmenge = $W_n - W_{n+1}$	in kg/kg _{tr}
α_{iK}	innerer Wärmeübergangskoeffizient durch Kondensationswärme	in W/m ² K
A_i	innere Oberfläche	in m ²
k^*	Wärmedurchgangskoeffizient Schornsteininnenwand - Umgebung	in W/m ² K
$\alpha_{i\text{gesamt}}$	innerer Wärmeübergangskoeffizient mit Berücksichtigung der Kondensationswärme	in W/m ² K
T	Temperatur	in K

innerer Wärmeübergangskoeffizient

$$\alpha_{\text{gesamt}} = \alpha_i + \alpha_{iK}$$

Hierin bedeuten:

α_{gesamt}	innerer Wärmeübergangskoeffizient mit Berücksichtigung der Kondensationswärme	in $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
α_i	innerer Wärmeübergangskoeffizient ohne Berücksichtigung der Kondensationswärme	in $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
α_{iK}	innerer Wärmeübergangskoeffizient durch Kondensationswärme	in $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

Wasserdampf-Partialdruck des Abgases (= Sättigungsdruck)

$$p_D = \exp(56,88 - 6891,3/T - 5,32 * \ln(T)) \quad \text{in mbar}$$

Hierin bedeuten:

T	Temperatur	in K
---	------------	------

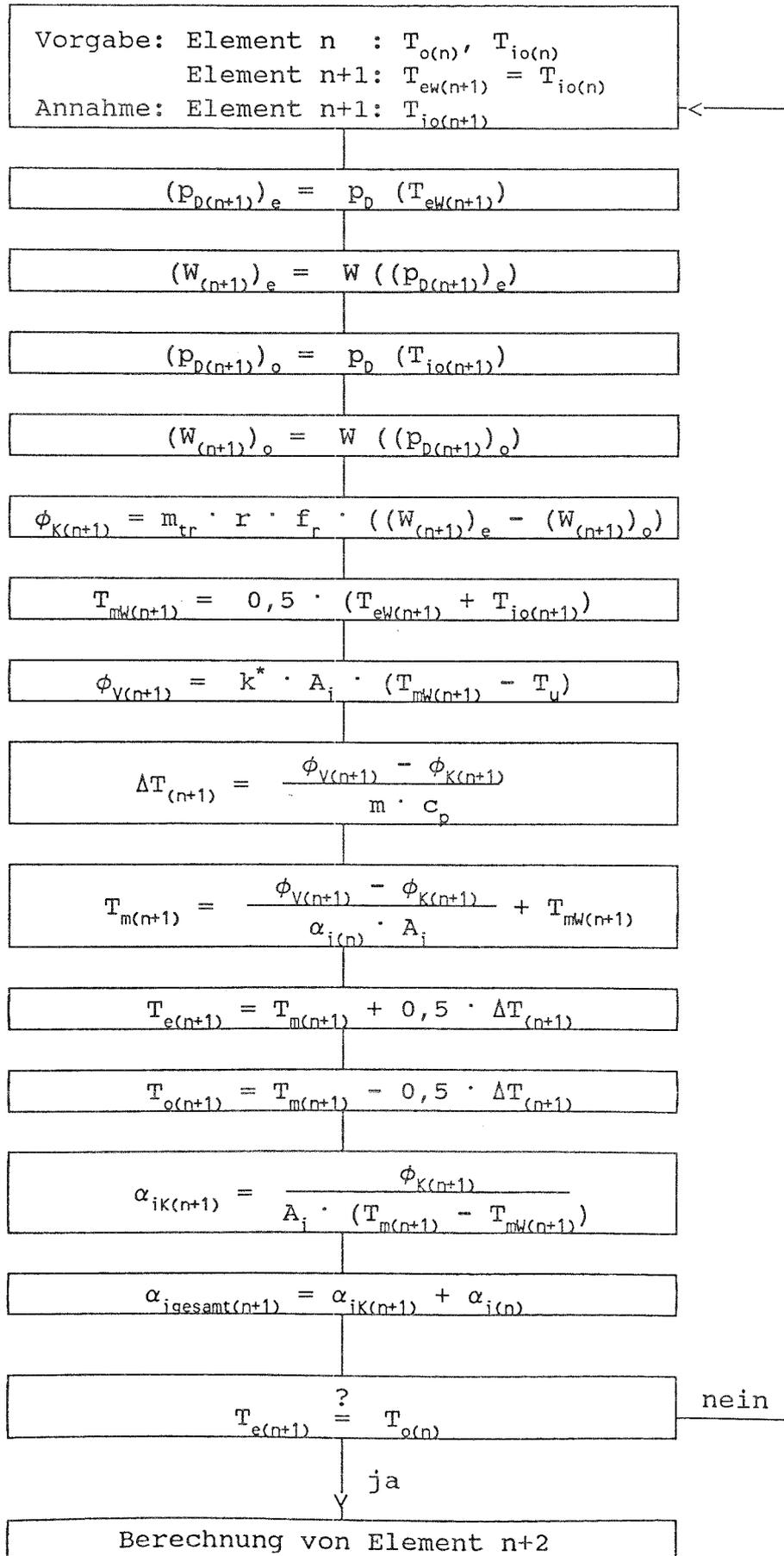
Wassergehalt des Abgases bezogen auf den trockenen Abgasmassenstrom

$$W = R_A/R_D * p_D / (p_L/100 - p_D) \quad \text{in kg/kg}_{\text{tr}}$$

Hierin bedeuten:

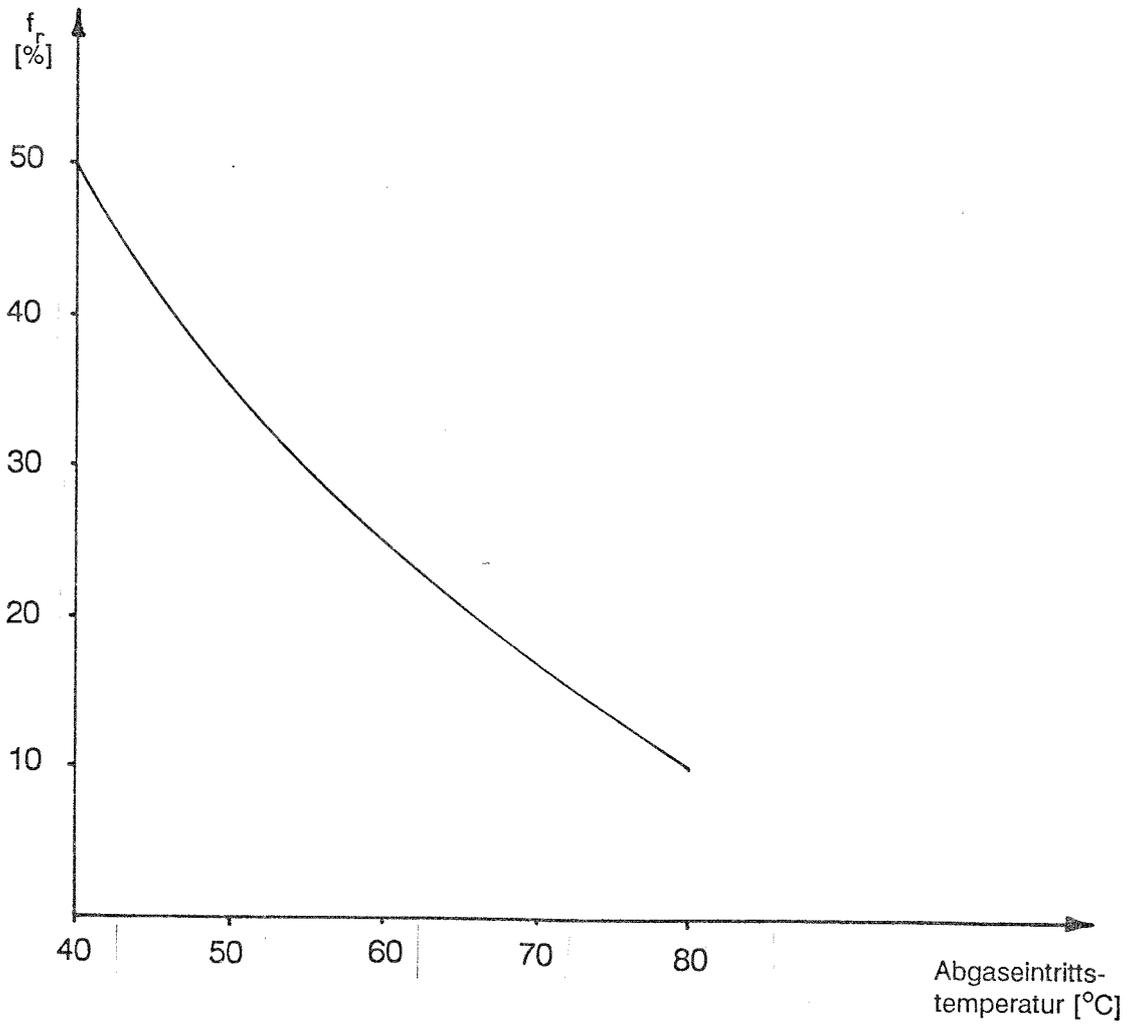
R_A	Gaskonstante Abgas	in J/kgK
R_D	Gaskonstante Wasserdampf ($R_D = 462 \text{ J}/\text{kgK}$)	in J/kgK
p_D	Wasserdampf-Partialdruck	in mbar
p_L	Außenluftdruck	in Pa

Ablaufschema



Anlage C, Blatt 4
zum Bericht vom
08.10.90

Faktor f_r
- anrechenbarer Teil der Kondensationswärme -



Anlage D, Blatt 1
zum Bericht vom
08.10.90

Bauliche und betriebliche Voraussetzungen für die Ermittlung der Schornstein-Querschnittsabmessungen (Druckbedingung)

Abgaswertetripel

Abgastemperatur am Eintritt	(°C)	40
Abgasmassenstrom	(kg/s)	variabel
notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein	(Pa)	3, 4, 6, 8, 10

Schornstein

wirksame Höhe (= Höhenunterschied zwischen Abgaseinführung und Schornsteinmündung)	(m)	variabel
gestreckte Länge	(m)	= wirksame Höhe (keine Schleifung)
Querschnittsform	(-)	rund
lichte Weite	(m)	0,12; 0,14; 0,16; 0,18; 0,20; 0,225; 0,25; 0,275; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50
mittlere Rauigkeit der Innenwand	(m)	0,002
Wärmedurchlaßwiderstand	(m ² K/W)	0,12 (Ausführungsart I) 0,22 (Ausführungsart II) 0,65 (Ausführungsart III)
Summe der Einzelwiderstandszahlen	(-)	0,0 (keine Umlenkungen, kein Schornsteinaufsatz)

Grundwerte für die Berechnung

Außenluftdruck	(N/m ²)	93200
Außenlufttemperatur	(°C)	15
Umgebungstemperatur	(°C)	15
spezif. Gaskonstante Luft	(J/kgK)	288
spezif. Gaskonstante Abgas	(J/kgK)	290
Wärmeübergangskoeff. außen	(W/m ² K)	8,0
Korrekturfaktor für fehlende Temperaturbeharrung	(-)	0,5
strömungstechnische Sicherheitszahl	(-)	1,5

Anlage D, Blatt 2
zum Bericht vom
08.10.90

Nachweis der funktionsgerechten Bemessung

Anwendungsgrenze 1: Minimaler Unterdruck

$$p_{zmin} = K * H * (T_e - T_L)$$

Hierin bedeuten:

p_{zmin}	minimal zulässiger Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein	in Pa
K	Faktor $K = 1/175$	in Pa/mK
H	wirksame Schornsteinhöhe	in m
T_e	Abgastemperatur an der Abgaseinführung in den Schornstein	in K
T_L	Umgebungstemperatur	in K

Anwendungsgrenze 2: Minimale Abgasgeschwindigkeit

$$w_{min} = 0,5 * (A / A_{min})^{0,25}$$

Hierin bedeuten:

w_{min}	minimale mittlere Geschwindigkeit des Abgases	in m/s
A	lichte Querschnittsfläche des Schornsteins	in cm^2
A_{min}	Querschnitts-Bezugsfläche des Schornsteins ($A_{min} = 100 cm^2$)	in cm^2

Anwendungsgrenze 3: Maximale Schlankheit

$$(H/D_h)_{max} = 212,5 - 12500 * r$$

Hierin bedeuten:

H	wirksame Schornsteinhöhe	in m
D_h	innerer hydraulischer Durchmesser	in m
r	mittlere Rauigkeit der Innenwand	in m

Anlage D, Blatt 3
zum Bericht vom
08.10.90

Zusammenstellung von Werten für den minimalen Unterdruck, die minimale Abgasgeschwindigkeit und die maximale Höhe

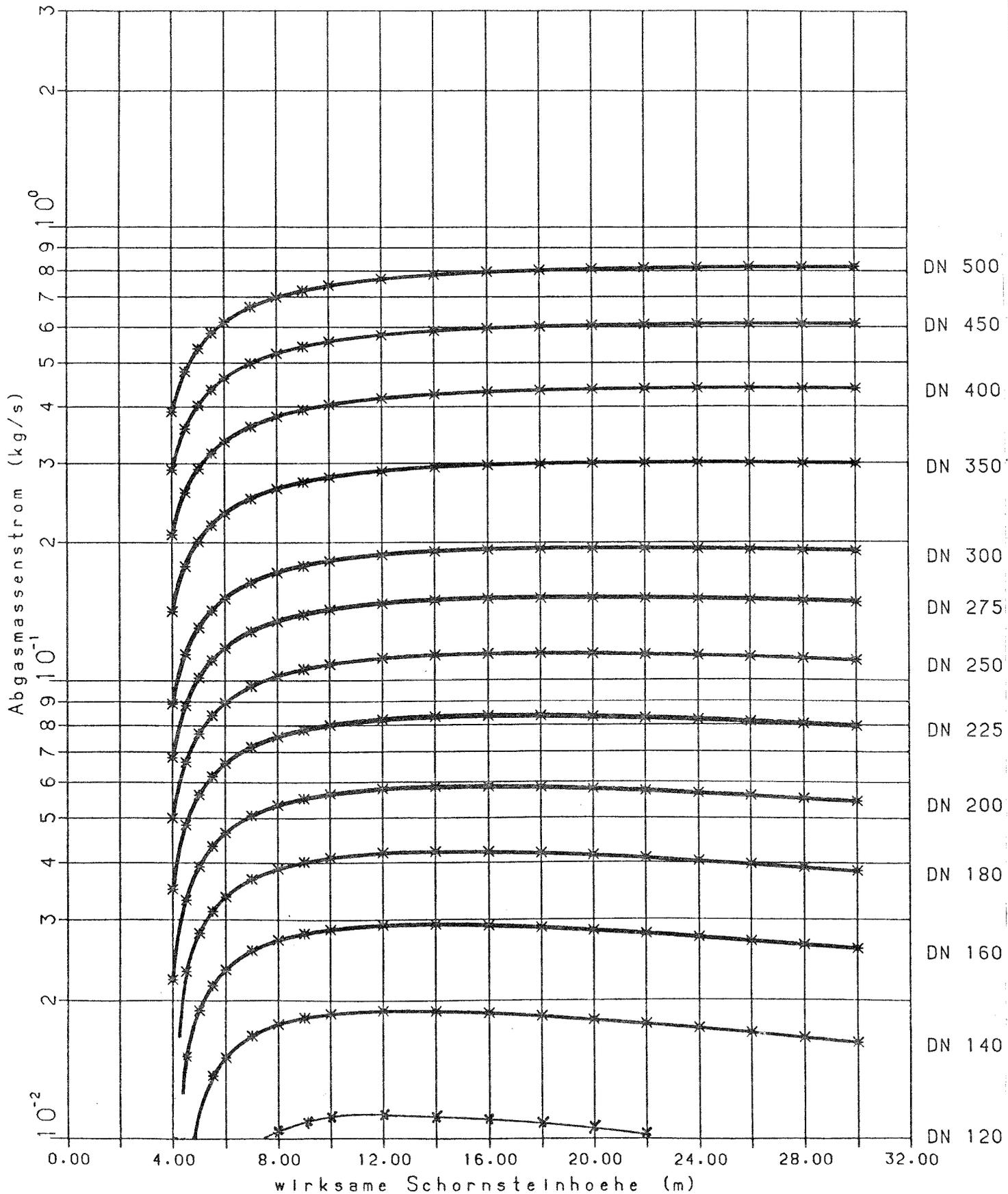
Schornsteinhöhe in m	Anwendungsgrenze 1	
	minimaler Unterdruck ($T_e = 40 \text{ °C}$, $T_L = 15 \text{ °C}$) in Pa	minimaler Unterdruck ($T_e = 60 \text{ °C}$, $T_L = 15 \text{ °C}$) in Pa
4	0,6	1,0
6	0,9	1,5
8	1,1	2,1
10	1,4	2,6
12	1,7	3,1
14	2,0	3,6
16	2,3	4,1
18	2,6	4,6
20	2,9	5,1
25	3,6	6,4
30	4,3	7,7
35	5,0	9,0
40	5,7	10,3
45	6,4	11,6
50	7,1	12,9

lichte Weite des Schornsteins in m	Anwendungsgrenze 2		Anwendungsgrenze 3
	minimale Abgas- geschwindig- keit in m/s	minimaler Abgasmassen- strom* in g/s	maximale Schornsteinhöhe ($r = 0,002 \text{ m}$) in m
0,12	0,52	6,0	22,5
0,14	0,56	8,8	26,3
0,16	0,60	12,3	30,0
0,18	0,62	16,5	33,8
0,20	0,67	21,5	37,5
0,225	0,71	28,8	42,2
0,25	0,74	37,5	46,9
0,275	0,78	47,6	51,6
0,30	0,82	59,2	56,3
0,35	0,88	87,0	65,6
0,40	0,94	121,5	75,0
0,45	1,00	163,1	84,4
0,50	1,05	212,2	93,8

* Die Werte für den minimalen Abgasmassenstrom beziehen sich auf die minimale Abgasgeschwindigkeit und eine Abgastemperatur von 40 °C .

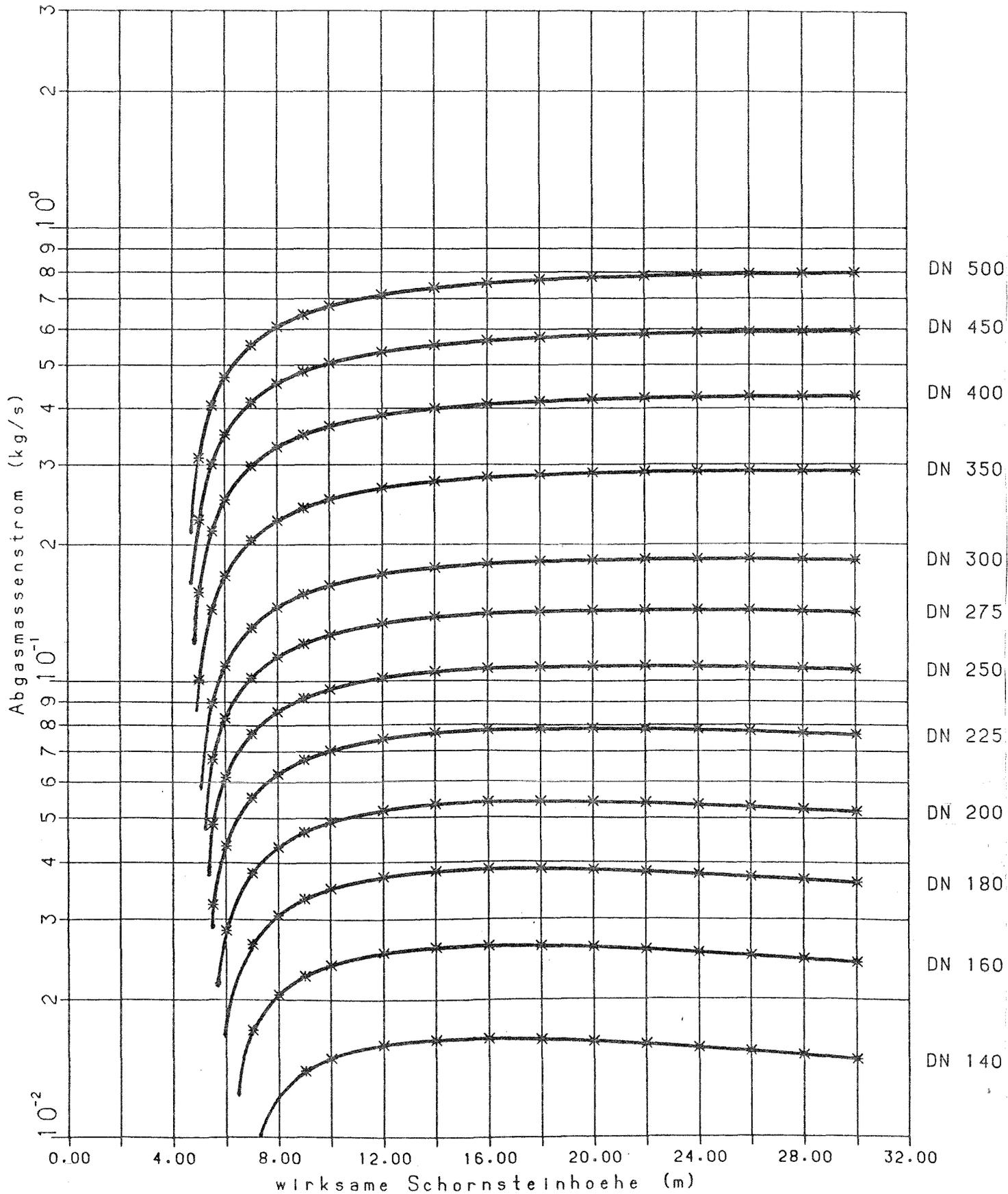
Bemessung des lichten Querschnitts - Druckbedingung

Abgaseintrittstemperatur $T_e = 40\text{ °C}$, notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung $p_{ze} = 3\text{ Pa}$
Wärmedurchlaßwiderstand $WDW = 0,12\text{ m}^2\text{K/W}$



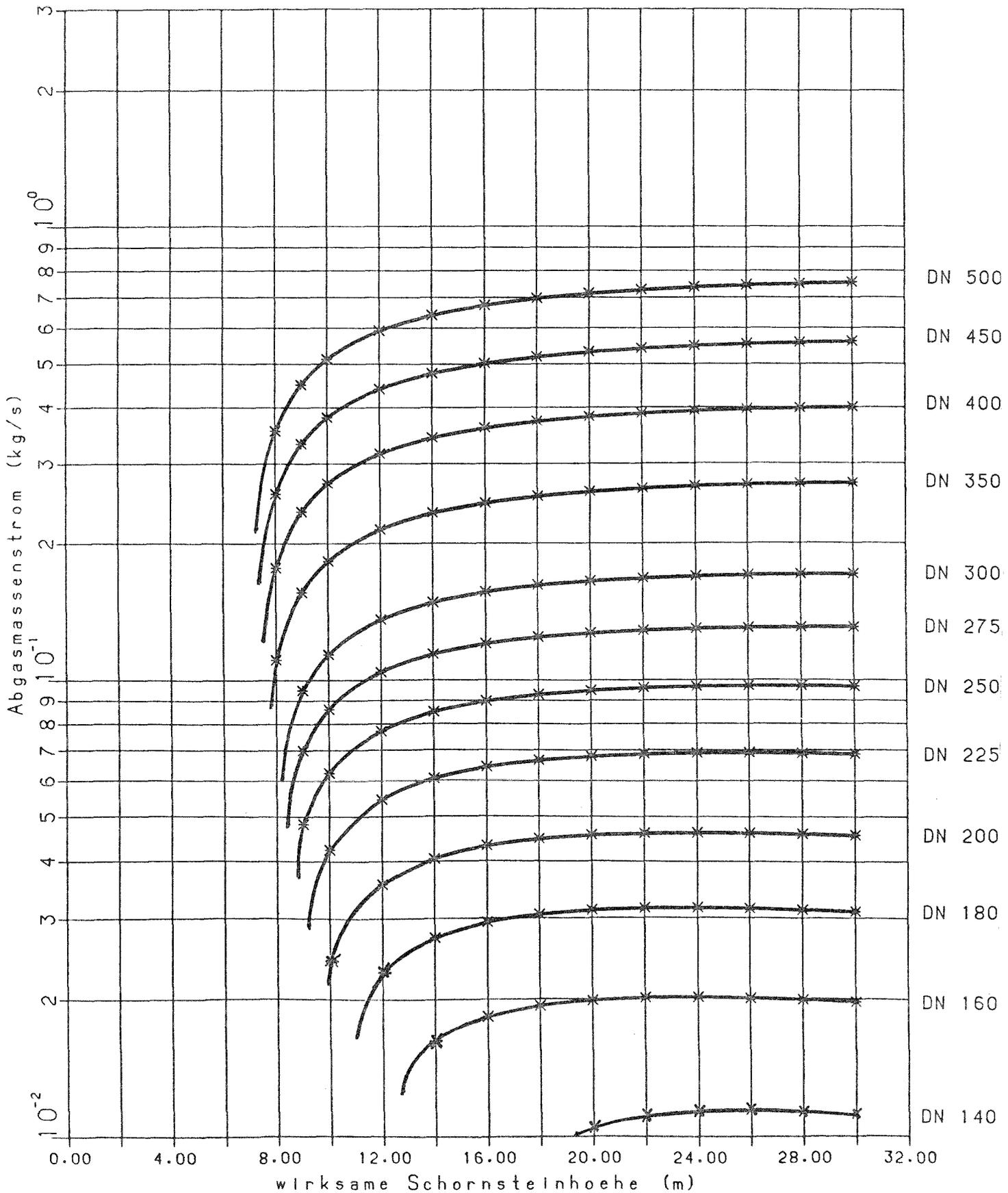
Bemessung des lichten Querschnitts - Druckbedingung

Abgaseintrittstemperatur $T_e = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung $p_{ze} = 4 \text{ Pa}$
Wärmedurchlaßwiderstand $WDW = 0,12 \text{ m}^2\text{K/W}$



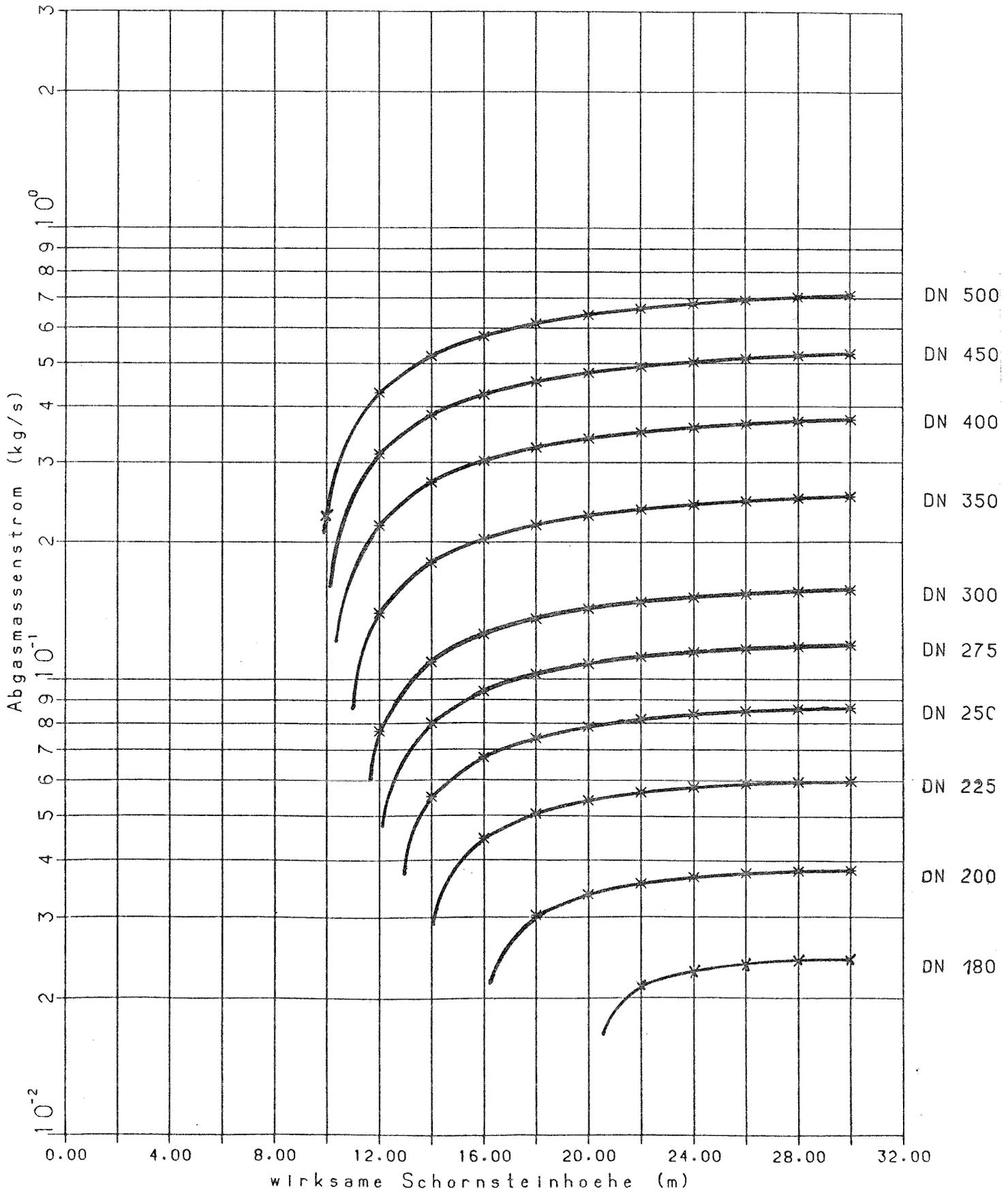
Bemessung des lichten Querschnitts - Druckbedingung

Abgaseintrittstemperatur $T_e = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung $p_{ze} = 6 \text{ Pa}$
Wärmedurchlaßwiderstand $WDW = 0,12 \text{ m}^2\text{K/W}$



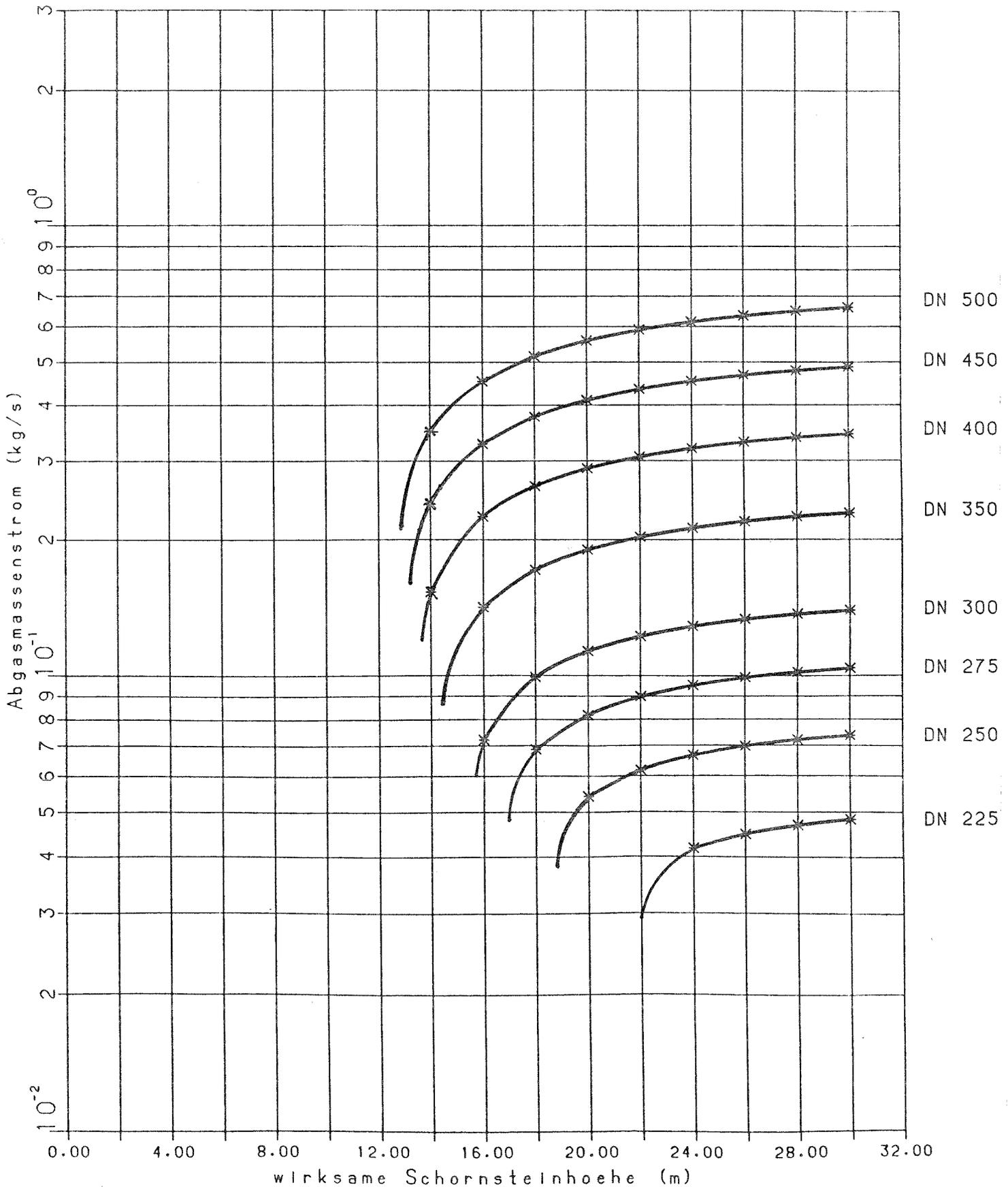
Bemessung des lichten Querschnitts - Druckbedingung

Abgaseintrittstemperatur $T_e = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung $p_{ze} = 8 \text{ Pa}$
Wärmedurchlaßwiderstand $WDW = 0,12 \text{ m}^2\text{K/W}$



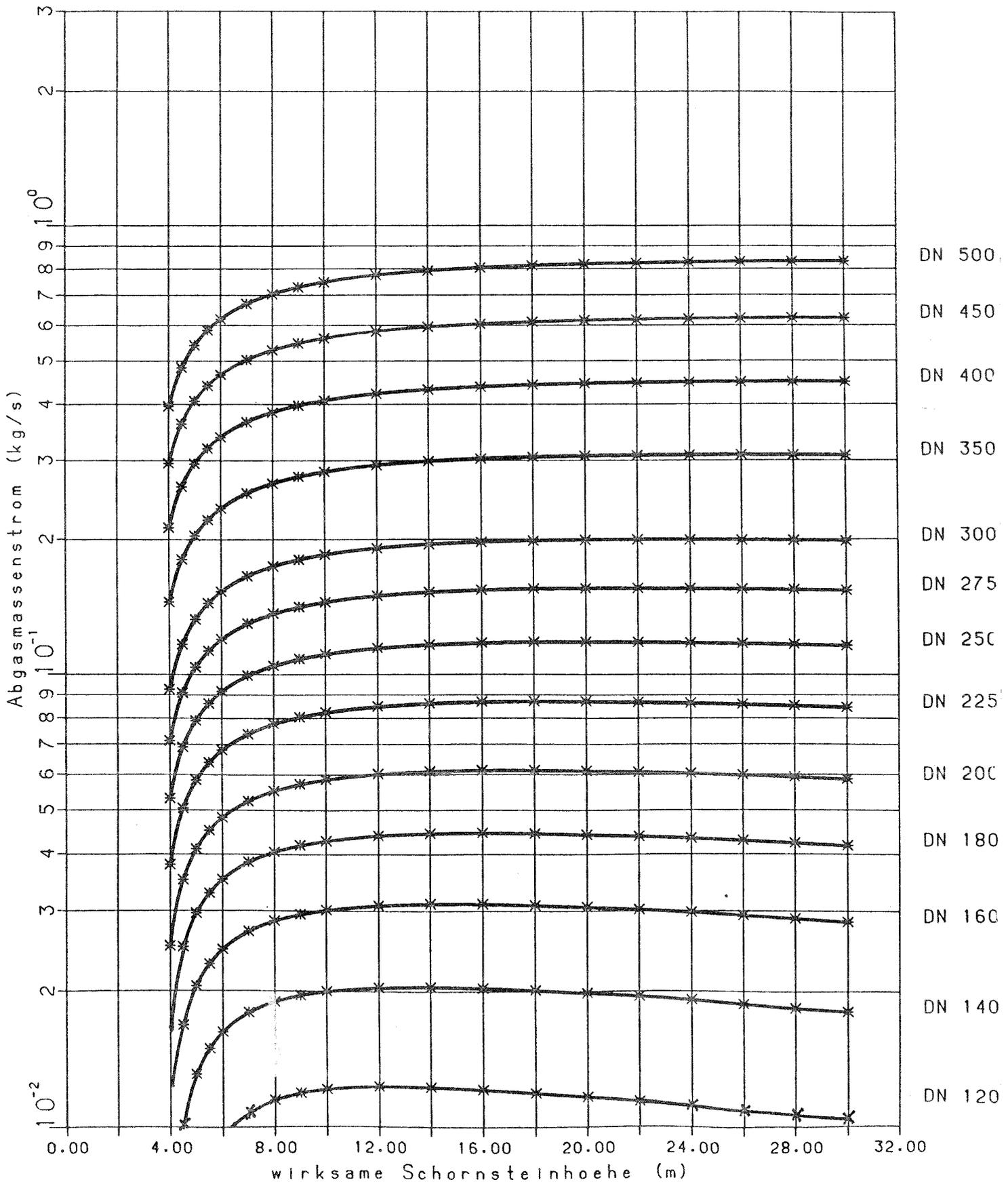
Bemessung des lichten Querschnitts - Druckbedingung

Abgaseintrittstemperatur $T_e = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung $p_{ze} = 10 \text{ Pa}$
Wärmedurchlaßwiderstand $WDW = 0,12 \text{ m}^2\text{K/W}$



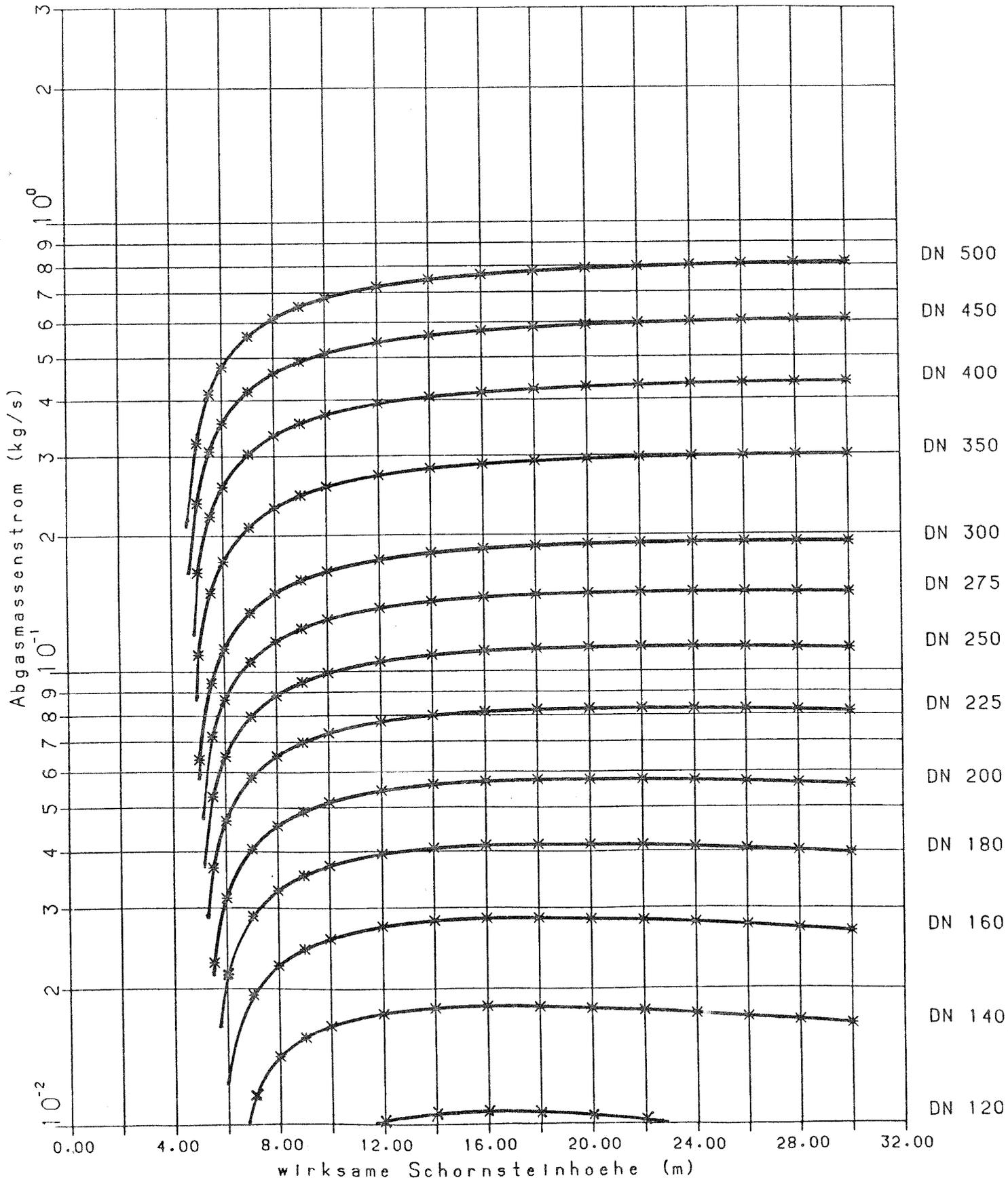
Bemessung des lichten Querschnitts - Druckbedingung

Abgaseintrittstemperatur $T_e = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung $p_{ze} = 3 \text{ Pa}$
Wärmedurchlaßwiderstand $WDW = 0,22 \text{ m}^2\text{K/W}$



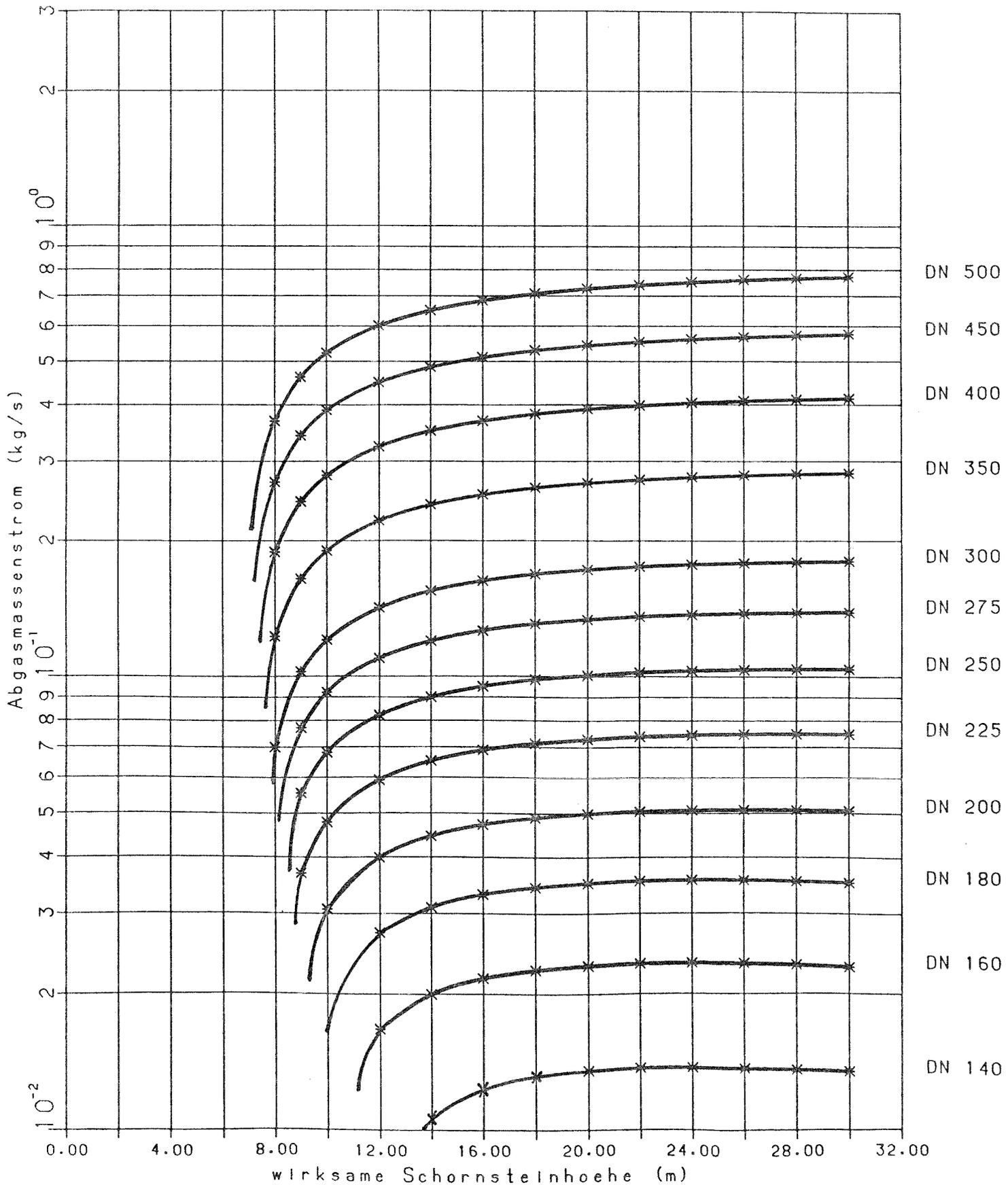
Bemessung des lichten Querschnitts - Druckbedingung

Abgaseintrittstemperatur $T_e = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung $p_{ze} = 4 \text{ Pa}$
Wärmedurchlaßwiderstand $WDW = 0,22 \text{ m}^2\text{K/W}$



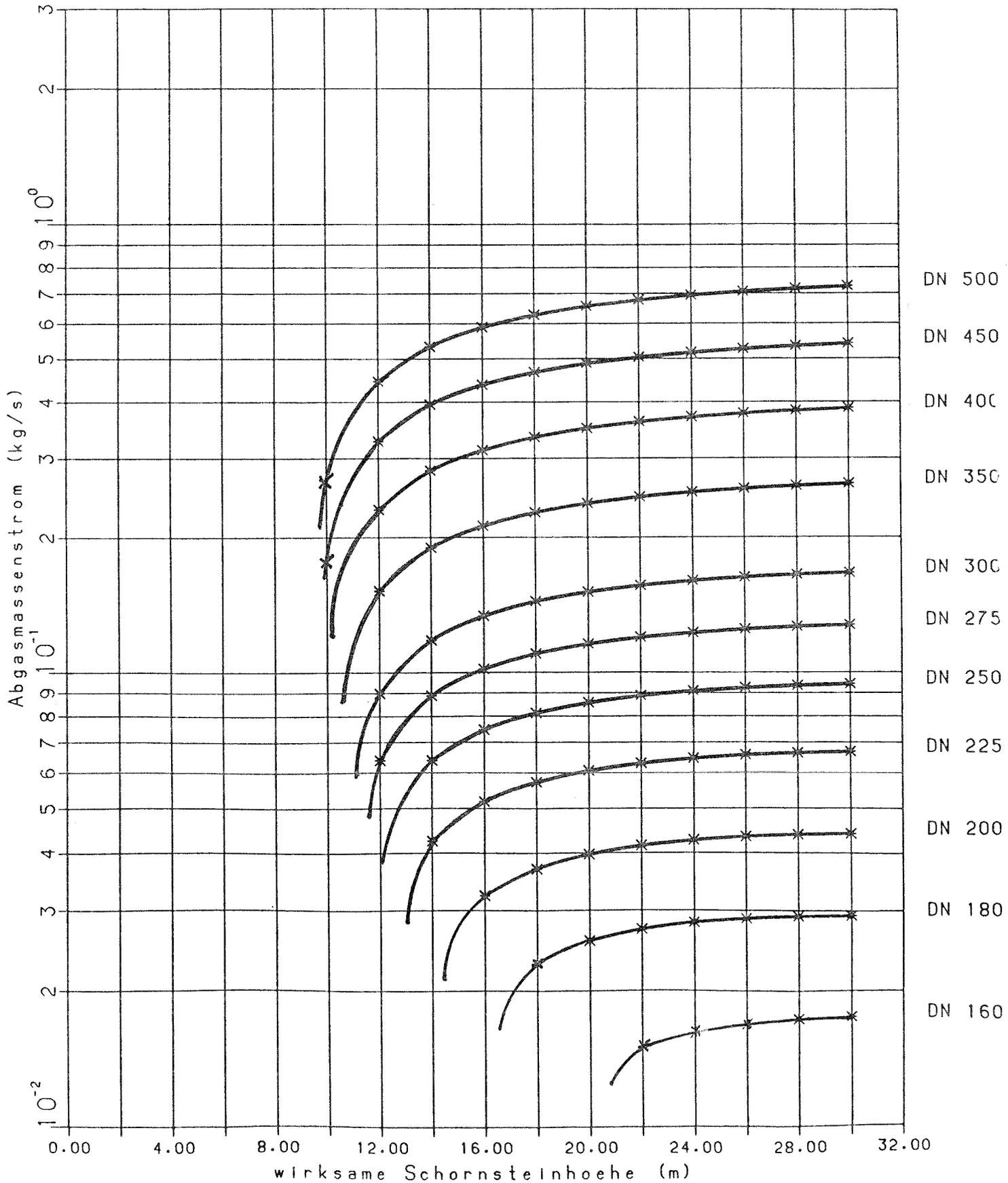
Bemessung des lichten Querschnitts - Druckbedingung

Abgaseintrittstemperatur $T_e = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung $p_{ze} = 6 \text{ Pa}$
Wärmedurchlaßwiderstand $WDW = 0,22 \text{ m}^2\text{K/W}$



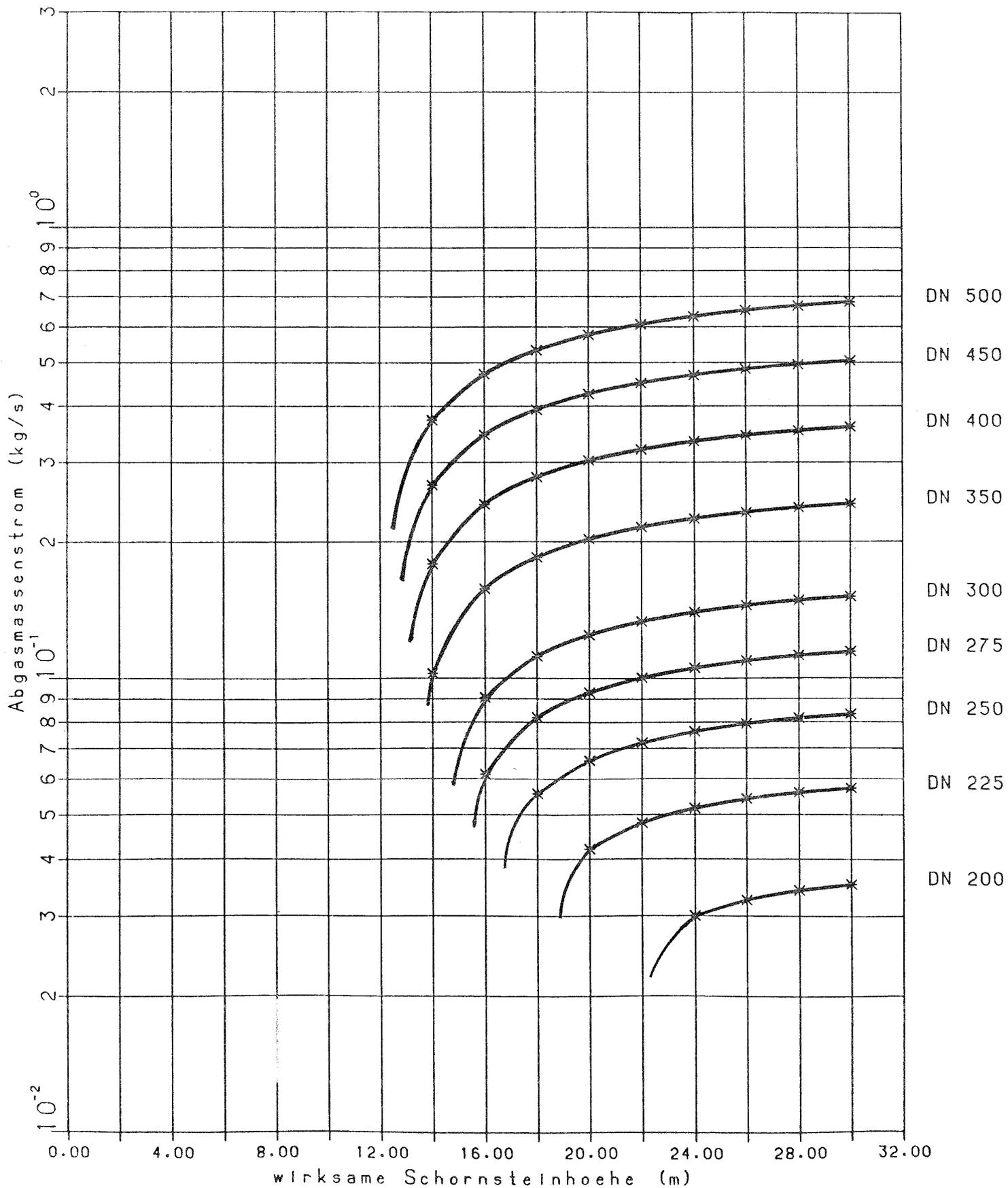
Bemessung des lichten Querschnitts - Druckbedingung

Abgaseintrittstemperatur $T_e = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung $p_{ze} = 8 \text{ Pa}$
Wärmedurchlaßwiderstand $WDW = 0,22 \text{ m}^2\text{K/W}$



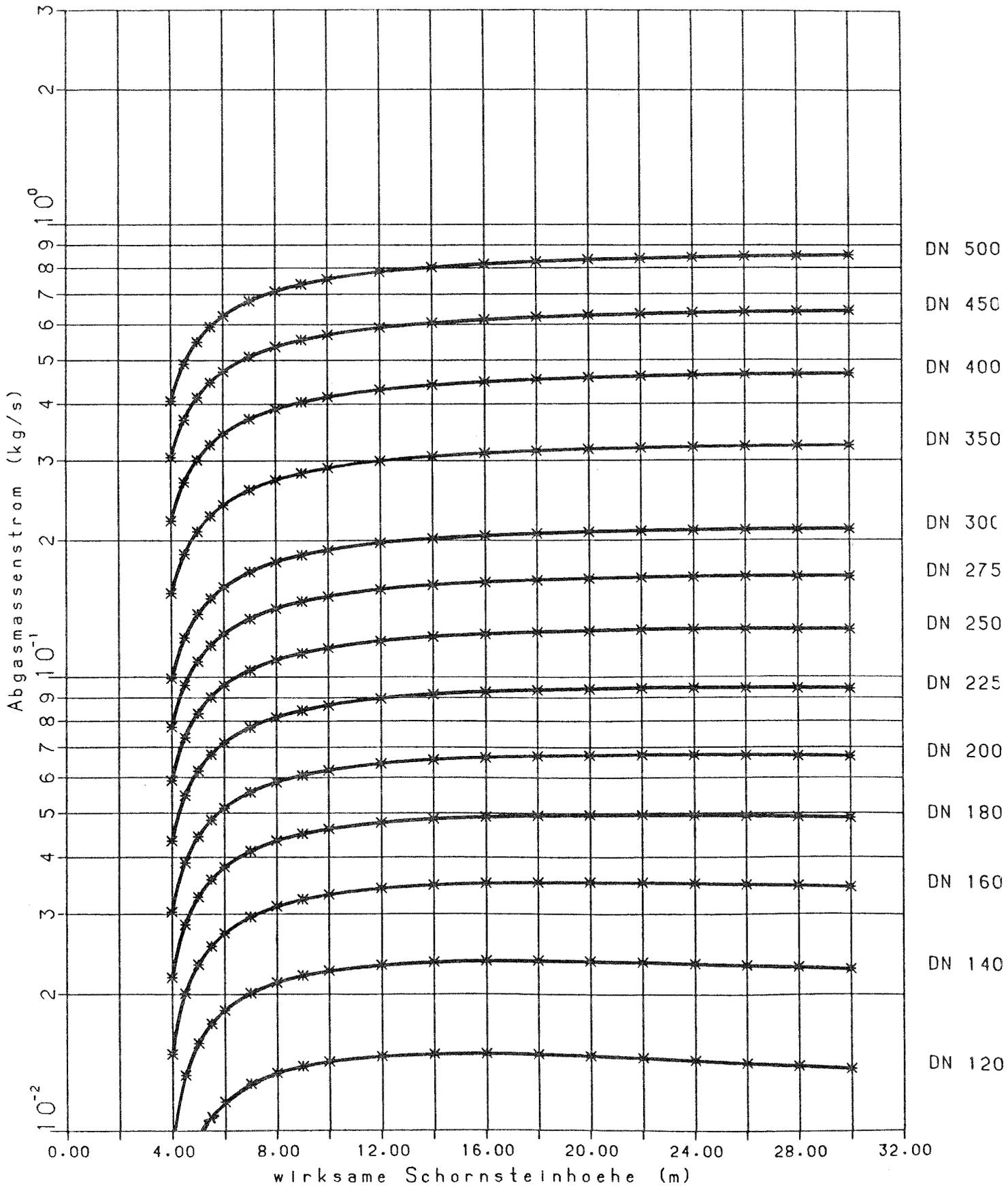
Bemessung des lichten Querschnitts - Druckbedingung

Abgaseintrittstemperatur $T_e = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung $p_{ze} = 10 \text{ Pa}$
Wärmedurchlaßwiderstand $WDW = 0,22 \text{ m}^2\text{K/W}$



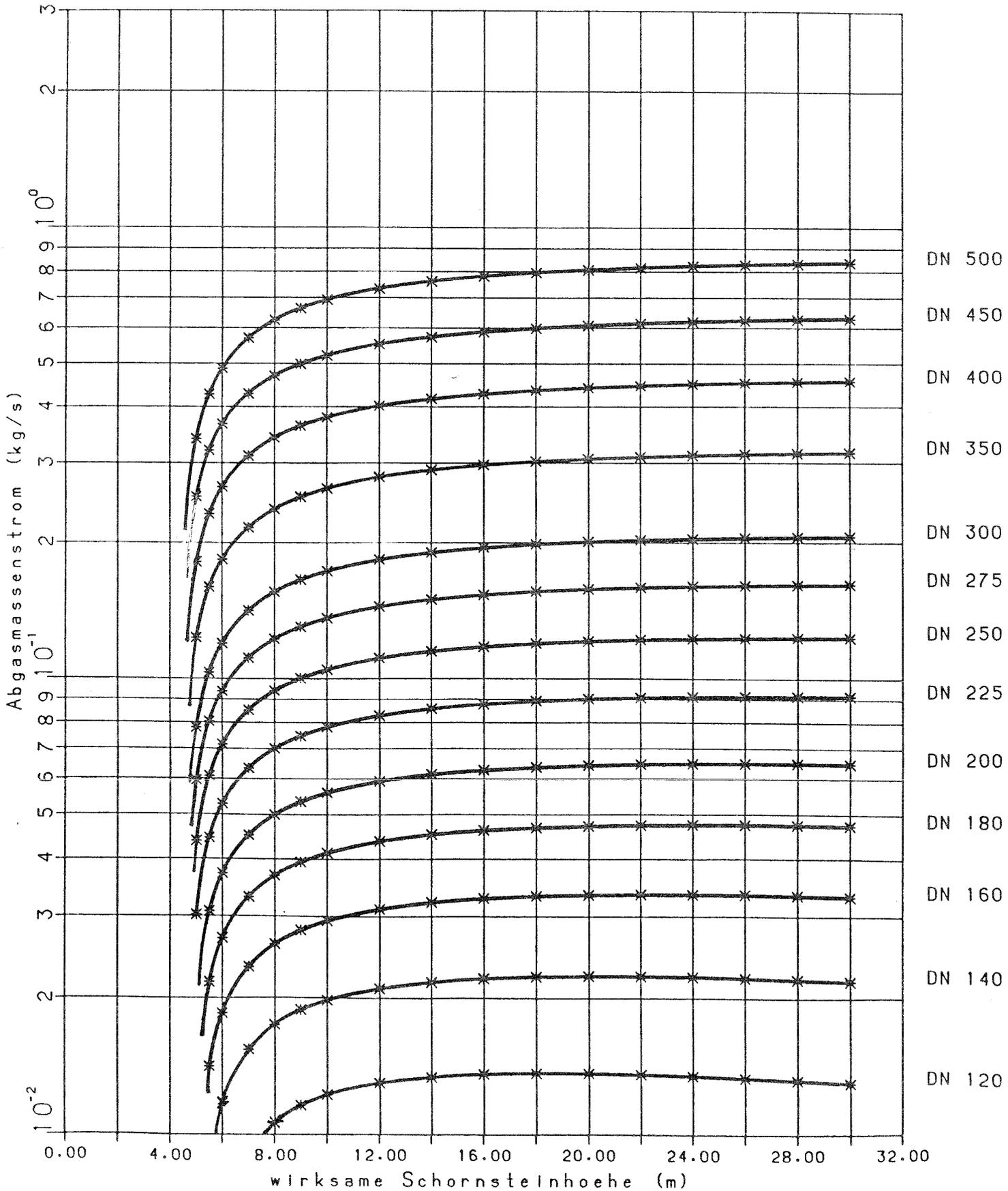
Bemessung des lichten Querschnitts - Druckbedingung

Abgaseintrittstemperatur $T_e = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung $p_{ze} = 3 \text{ Pa}$
Wärmedurchlaßwiderstand $WDW = 0,65 \text{ m}^2\text{K/W}$



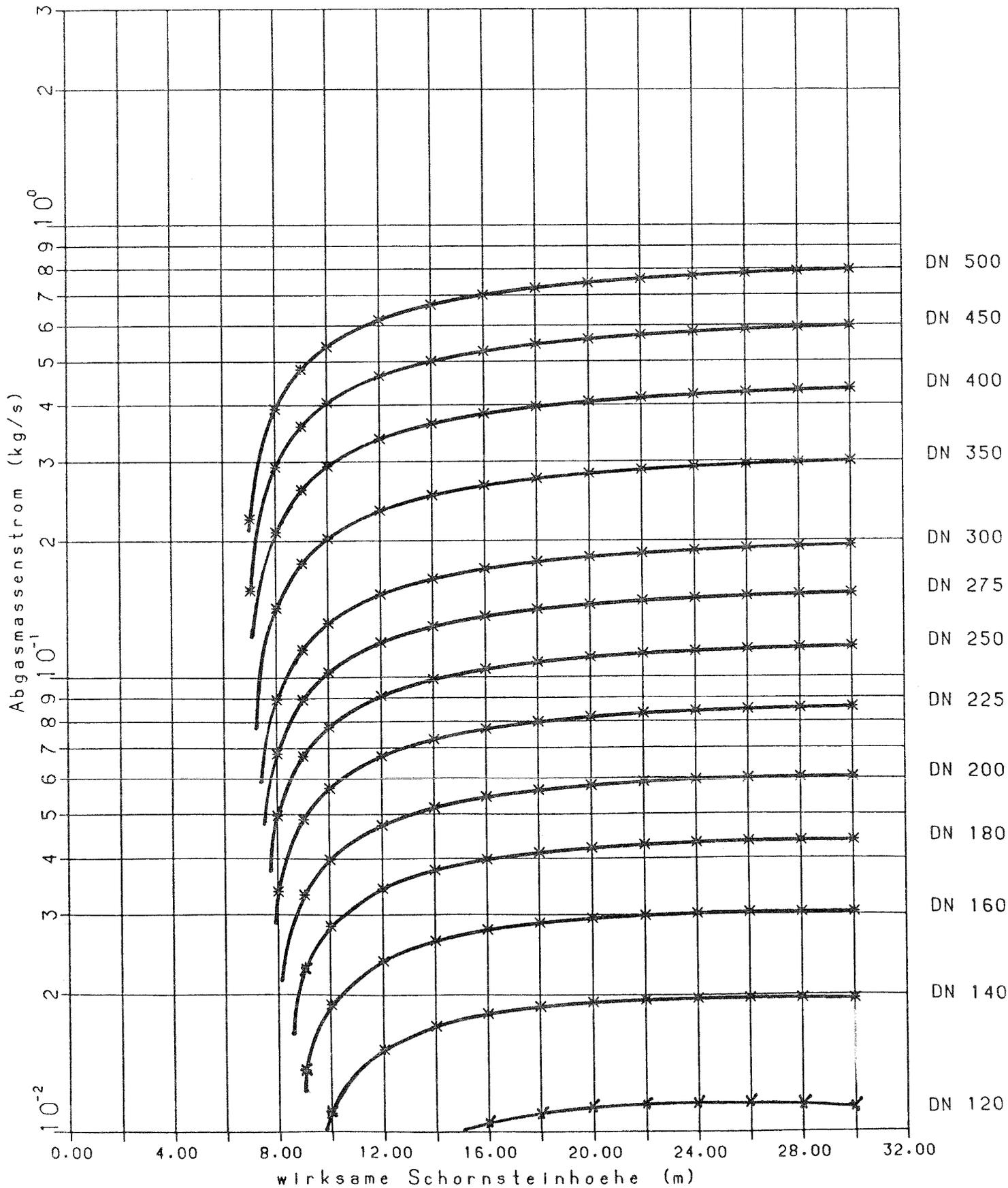
Bemessung des lichten Querschnitts - Druckbedingung

Abgaseintrittstemperatur $T_e = 40\text{ °C}$, notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung $p_{ze} = 4\text{ Pa}$
Wärmedurchlaßwiderstand $WDW = 0,65\text{ m}^2\text{K/W}$



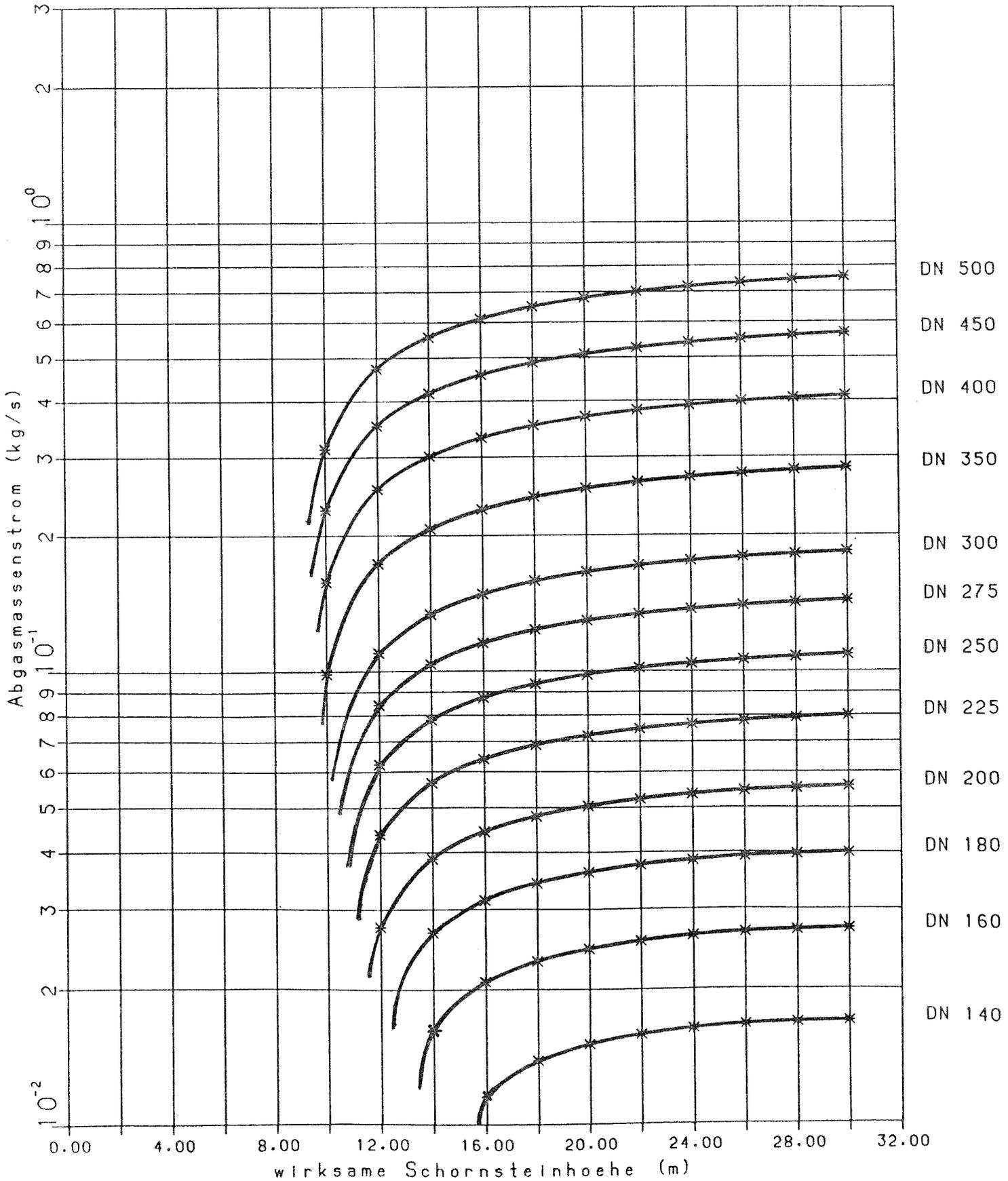
Bemessung des lichten Querschnitts - Druckbedingung

Abgaseintrittstemperatur $T_e = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung $p_{ze} = 6 \text{ Pa}$
Wärmedurchlaßwiderstand $WDW = 0,65 \text{ m}^2\text{K/W}$



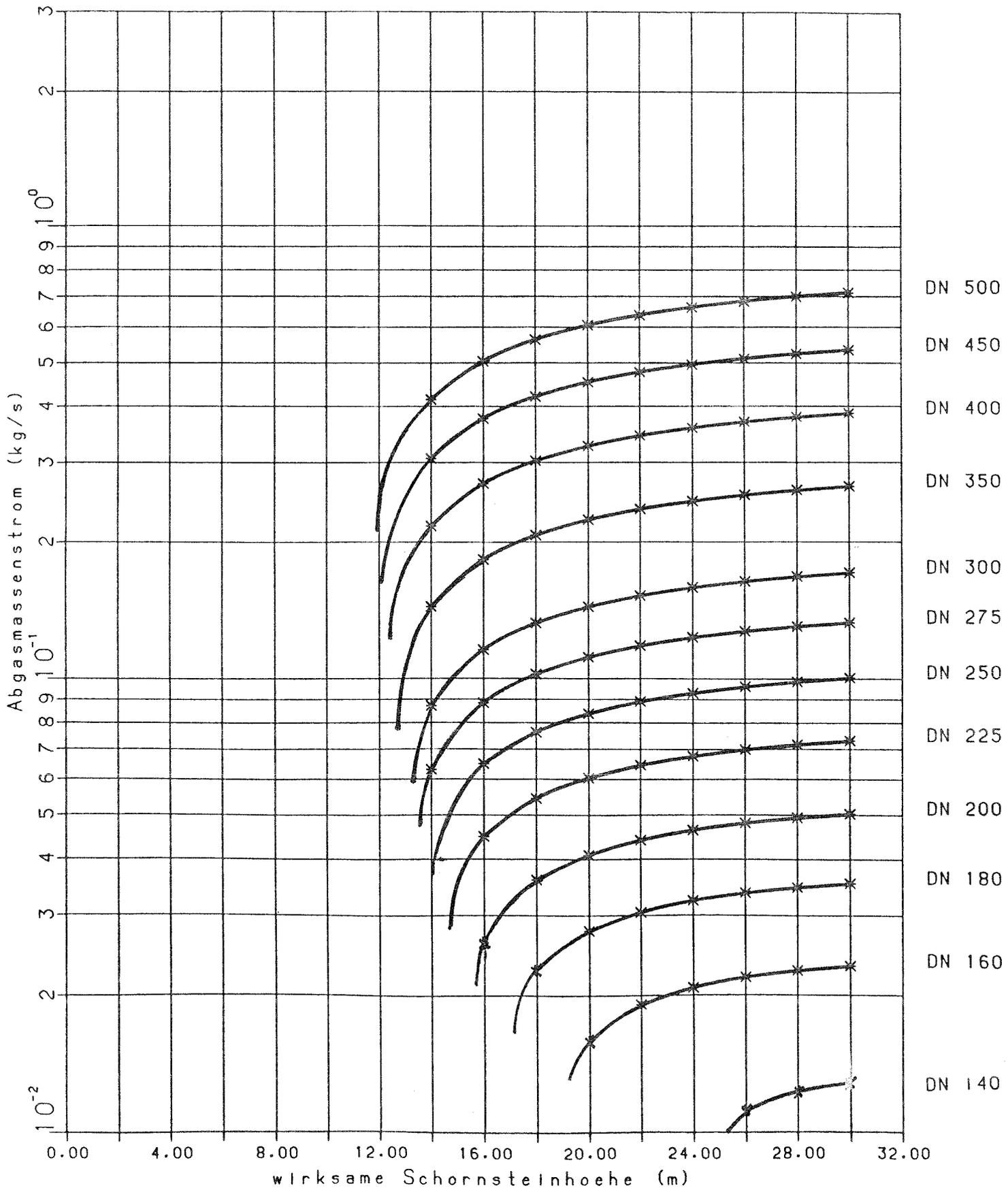
Bemessung des lichten Querschnitts - Druckbedingung

Abgaseintrittstemperatur $T_e = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung $p_{ze} = 8 \text{ Pa}$
Wärmedurchlaßwiderstand $WDW = 0,65 \text{ m}^2\text{K/W}$



Bemessung des lichten Querschnitts - Druckbedingung

Abgaseintrittstemperatur $T_e = 40 \text{ }^\circ\text{C}$, notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung $p_{ze} = 10 \text{ Pa}$
Wärmedurchlaßwiderstand $WDW = 0,65 \text{ m}^2\text{K/W}$



Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H1 , Seite 1
zum Bericht vom 08.10.90

DRUCK- UND TEMPERATURVERHAELTNISSE IN SCHORNSTEINEN UND VERBINDUNGSTUECKEN

Nach den Regeln der DIN 4705, Teil 1, "Feuerungstechnische Berechnung von Schornsteinabmessungen - Begriffe, ausfuehrliches Berechnungsverfahren", Manuskript Juli 90, werden die Druck- und Temperaturverhaeltnisse in Schornsteinen und Verbindungstuecken berechnet, um zu ueberpruefen, ob die Druckbedingung $P_z - P_{ze} \geq 0$ und die Temperaturbedingung $T_{iob} \geq T_g$ erfuellt sind.

Die Randbedingungen fuer die Berechnung sind entsprechend den Angaben der DIN 4705, Teil 1 gewaehlt.

Allgemeine Eingabedaten

Waermeerzeuger

Brennstoff	--	Erdgas
Nennwaermeleistung	KW	30.00
Wirkungsgrad	%	100.00
CO2-Gehalt	%	7.77
Abgasmassenstrom	kg/s	.01600 *)
Abgastemperatur am Abgasstuetzen	Grd C	40.00
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.00
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.00

Grundwerte der Berechnung

Aussenluftdruck	Pa	93200.00
Gaskonstante Luft	J/kg*K	288.00
Gaskonstante Abgas	J/kg*K	290.00
Taupunkttemperatur	Grd C	36.00
spez. Waerme Abgas (fehl. Temp.beh.)	J/kg*K	1077.21 *)
spez. Waerme Abgas (Temp.beharrung)	J/kg*K	1077.49 *)
Waermeleitzahl Abgas (fehl. Temp.beh.)	W/m*K	.02574 *)
Waermeleitzahl Abgas (Temp.beharrung)	W/m*K	.02586 *)
kin. Viskositaet Abgas (fehl. Temp.beh.)	m**2/s	1.52364E-05 *)
kin. Viskositaet Abgas (Temp.beharrung)	m**2/s	1.53923E-05 *)
Verh. Verbrennungsluft-/Abgasmenge	--	.90
Korrekturfaktor fuer		
fehlende Temperaturbeharrung	--	.50
stroemungst. Sicherheitszahl		
fuer 20.0 % Abgasmehrbelastung	--	1.50

*) der Wert wurde berechnet (Schornstein)

Eingabedaten fuer Schornstein
Abschn. 1

wirksame Hoehe	m	8.00
gestreckte Laenge	m	8.00
lichter Querschnitt	m**2	.01539
innerer Umfang	m	.43982
Rauhigkeit Innenwand	mm	2.00
Waermedurchlasswiderst.	m**2*K/W	.12000
Summe der Einzelwider.	--	.00
Waermeueb. Koeff. aussen	W/m**2*K	8.00
Durchmesser aussen	m	.335

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H1 , Seite 2
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER DRUCKBEDINGUNG

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei fehlender Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ER G E B N I S S E

Verbindungsstueck

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	.0	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	.0000	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	.0	.0	.0	.0				
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger Pa	.0							
notw. Foerderdruck Zuluft Pa	3.0							
notwendiger Unterdruck Pze								
A) ohne Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) mit Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

ER G E B N I S S E

Schornstein

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	15.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	6.3	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	40.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas Grd C	25.8	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	18.8	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur Grd C	31.9	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur Grd C	21.0	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	1.0534	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	1.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	1.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck Pa	5.5	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung Pa	1.4	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	-.0	.0	.0	.0				
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz								
A) ohne Sicherheit Pa	4.1	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 4.1
B) mit Sicherheit Pa	3.4	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 3.4

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Druck-Bedingung Pz - Pze >= 0 erfuellt:	ja	(mit Sicherheit: Pz - Pze = .4 Pa)
Minimaler Unterdruck erfuellt:	ja	(minimaler Unterdruck = 1.1 Pa)
Minimale Geschwindigkeit erfuellt:	ja	(minimale Geschwindigkeit = .5 m/s)
Maximale Schlankheit erfuellt:	ja	(maximale Schlankheit = 187.4 --)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H1, Seite 3
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER TEMPERATURBEDINGUNG

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ER G E B N I S S E

Verbindungsstueck

Abchnitt 1 Abchnitt 2 Abchnitt 3 Abchnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert)	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Waermeueber. Koeffizient. innen	W/m**2*K	.0		.0		.0		.0	
Eintrittstemperatur Abgas	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Austrittstemperatur Abgas	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Innenwandtemperatur Austritt	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Mittl. Abgastemperatur	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Mittl. Wandtemperatur	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Mittl. Dichte Abgas	kg/m**3	.0000		.0000		.0000		.0000	
Mittl. Abgasgeschwindigkeit	m/s	.0		.0		.0		.0	
Abgasgeschwindigkeit am Austritt	m/s	.0		.0		.0		.0	
Ruhedruck	Pa	.0		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Reibung	Pa	.0		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Formwiderstand	Pa	.0		.0		.0		.0	
Druckaend. d. Geschw. Aenderung	Pa	.0		.0		.0		.0	
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.0							
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.0							
notwendiger Unterdruck Pze									
A) ohne Sicherheit	Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) mit Sicherheit	Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

ER G E B N I S S E

Schornstein

Abchnitt 1 Abchnitt 2 Abchnitt 3 Abchnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert)	Grd C	15.0		.0		.0		.0	
Waermeueber. Koeffizient. innen	W/m**2*K	6.3		.0		.0		.0	
Eintrittstemperatur Abgas	Grd C	40.0		.0		.0		.0	
Austrittstemperatur Abgas	Grd C	28.5		.0		.0		.0	
Innenwandtemperatur Austritt	Grd C	22.0		.0		.0		.0	
Mittl. Abgastemperatur	Grd C	33.6		.0		.0		.0	
Mittl. Wandtemperatur	Grd C	24.7		.0		.0		.0	
Mittl. Dichte Abgas	kg/m**3	1.0475		.0000		.0000		.0000	
Mittl. Abgasgeschwindigkeit	m/s	1.0		.0		.0		.0	
Abgasgeschwindigkeit am Austritt	m/s	1.0		.0		.0		.0	
Ruhedruck	Pa	5.9		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Reibung	Pa	1.4		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Formwiderstand	Pa	.0		.0		.0		.0	
Druckaend. d. Geschw. Aenderung	Pa	-.0		.0		.0		.0	
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz									
A) ohne Sicherheit	Pa	4.5	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 4.5
B) mit Sicherheit	Pa	3.8	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 3.8

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Temperatur-Bedingung Tiob >= Tg erfuehlt: ja (Grenztemperatur = .0 Grd C)
Innenwandtemp. Austritt = 22.0 Grd C)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H1 , Seite 4
zum Bericht vom 08.10.90

DRUCK- UND TEMPERATURVERHAELTNISSE IN SCHORNSTEINEN UND VERBINDUNGSTUECKEN
UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER KONDENSATION

Allgemeine Eingabedaten

Waermeerzeuger

Brennstoff	--	Erdgas
Nennwaermeleistung	KW	30.00
Wirkungsgrad	%	100.00
CO2-Gehalt	%	7.77
Abgasmassenstrom	kg/s	.01600 *)
Abgastemperatur am Abgasstutzen	Grd C	40.00
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.00
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.00

Grundwerte der Berechnung

Aussenluftdruck	Pa	93200.00
Gaskonstante Luft	J/kg*K	288.00
Gaskonstante Abgas	J/kg*K	290.00
Taupunkttemperatur	Grd C	36.00
Bewertungsfaktor Kondensationswaerme	--	.50
spez. Waerme Abgas (fehl. Temp.beh.)	J/kg*K	1077.28 *)
spez. Waerme Abgas (Temp.beharrung)	J/kg*K	1077.59 *)
Waermeleitzahl Abgas (fehl. Temp.beh.)	W/m*K	.02577 *)
Waermeleitzahl Abgas (Temp.beharrung)	W/m*K	.02590 *)
kin. Viskositaet Abgas (fehl. Temp.beh.)	m**2/s	1.52775E-05 *)
kin. Viskositaet Abgas (Temp.beharrung)	m**2/s	1.54517E-05 *)
Verh. Verbrennungsluft-/Abgasmenge	--	.90
Korrekturfaktor fuer fehlende Temperaturbeharrung	--	.50
stroemungst. Sicherheitszahl fuer 20.0 % Abgasmehrbelastung	--	1.50

*) der Wert wurde berechnet (Schornstein)

Eingabedaten fuer Schornstein
Abschn. 1

wirksame Hoehe	m	8.00
gestreckte Laenge	m	8.00
lichter Querschnitt	m**2	.01539
innerer Umfang	m	.43982
Rauhigkeit Innenwand	mm	2.00
Waermedurchlasswiderst.	m**2*K/W	.12000
Summe der Einzelwider.	--	.00
Waermeueb. Koeff. aussen	W/m**2*K	8.00
Durchmesser aussen	m	.335

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H1 , Seite 5
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER DRUCKBEDINGUNG UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER KONDENSATION

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei fehlender Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ER G E B N I S S E

Verbindungsstueck

Abchnitt 1 Abchnitt 2 Abchnitt 3 Abchnitt 4

		Abchnitt 1	Abchnitt 2	Abchnitt 3	Abchnitt 4				
Umgebungstemperatur (Eingabewert)	Grd C	.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen	W/m**2*K	.0	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas	Grd C	.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas	Grd C	.0	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt	Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur	Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur	Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas	kg/m**3	.0000	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit	m/s	.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt	m/s	.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck	Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung	Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand	Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung	Pa	.0	.0	.0	.0				
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.0							
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.0							
notwendiger Unterdruck Pze									
A) o h n e Sicherheit	Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) m i t Sicherheit	Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

ER G E B N I S S E

Schornstein

Abchnitt 1 Abchnitt 2 Abchnitt 3 Abchnitt 4

		Abchnitt 1	Abchnitt 2	Abchnitt 3	Abchnitt 4				
Umgebungstemperatur (Eingabewert)	Grd C	15.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen	W/m**2*K	8.7	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas	Grd C	40.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas	Grd C	26.9	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt	Grd C	20.4	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur	Grd C	32.5	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur	Grd C	22.4	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas	kg/m**3	1.0514	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit	m/s	1.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt	m/s	1.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck	Pa	5.6	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung	Pa	1.4	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand	Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung	Pa	-.0	.0	.0	.0				
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz									
A) o h n e Sicherheit	Pa	4.2	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 4.2
B) m i t Sicherheit	Pa	3.6	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 3.6

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Druck-Bedingung Pz - Pze >= 0 erfuellt:	ja	(mit Sicherheit: Pz - Pze = .5 Pa)
Minimaler Unterdruck erfuellt:	ja	(minimaler Unterdruck = 1.1 Pa)
Minimale Geschwindigkeit erfuellt:	ja	(minimale Geschwindigkeit = .5 m/s)
Maximale Schlankeit erfuellt:	ja	(maximale Schlankeit = 187.4 --)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H1 , Seite 6
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER TEMPERATURBEDINGUNG UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER KONDENSATION

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ER G E B N I S S E

Verbindungsstueck

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	.0	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	.0000	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	.0	.0	.0	.0				
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger Pa	.0							
notw. Foerderdruck Zuluft Pa	3.0							
notwendiger Unterdruck Pze								
A) o h n e Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) m i t Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

ER G E B N I S S E

Schornstein

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	15.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	9.7	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	40.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas Grd C	30.3	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	25.3	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur Grd C	34.5	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur Grd C	27.0	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	1.0447	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	1.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	1.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck Pa	6.1	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung Pa	1.4	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	-.0	.0	.0	.0				
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz								
A) o h n e Sicherheit Pa	4.8	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 4.8
B) m i t Sicherheit Pa	4.1	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 4.1

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Temperatur-Bedingung Tiob >= Tg erfuellt: ja (Grenztemperatur = .0 Grd C)
Innenwandtemp. Austritt = 25.3 Grd C)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H2 , Seite 1
zum Bericht vom 08.10.90

DRUCK- UND TEMPERATURVERHAELTNISSE IN SCHORNSTEINEN UND VERBINDUNGSSTUECKEN

Nach den Regeln der DIN 4705, Teil 1, "Feuerungstechnische Berechnung von Schornsteinabmessungen - Begriffe, ausfuhrliches Berechnungsverfahren", Manuskript Juli 90, werden die Druck- und Temperaturverhaeltnisse in Schornsteinen und Verbindungsstuecken berechnet, um zu ueberpruefen, ob die Druckbedingung $P_z - P_{ze} \geq 0$ und die Temperaturbedingung $T_{iob} \geq T_g$ erfuehlt sind.

Die Randbedingungen fuer die Berechnung sind entsprechend den Angaben der DIN 4705, Teil 1 gewaehlt.

Allgemeine Eingabedaten

Waermeerzeuger

Brennstoff	--	Erdgas
Nennwaermeleistung	KW	30.00
Wirkungsgrad	%	100.00
CO2-Gehalt	%	7.77
Abgasmassenstrom	kg/s	.01600 *)
Abgastemperatur am Abgasstutzen	Grd C	40.00
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.00
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.00

Grundwerte der Berechnung

Aussenluftdruck	Pa	93200.00
Gaskonstante Luft	J/kg*K	288.00
Gaskonstante Abgas	J/kg*K	290.00
Taupunkttemperatur	Grd C	36.00
spez. Waerme Abgas (fehl. Temp.beh.)	J/kg*K	1076.89 *)
spez. Waerme Abgas (Temp.beharrung)	J/kg*K	1077.28 *)
Waermeleitzahl Abgas (fehl. Temp.beh.)	W/m*K	.02560 *)
Waermeleitzahl Abgas (Temp.beharrung)	W/m*K	.02577 *)
kin. Viskositaet Abgas (fehl. Temp.beh.)	m**2/s	1.50586E-05 *)
kin. Viskositaet Abgas (Temp.beharrung)	m**2/s	1.52807E-05 *)
Verh. Verbrennungsluft-/Abgasmenge	--	.90
Korrekturfaktor fuer fehlende Temperaturbeharrung	--	.50
stroemungst. Sicherheitszahl fuer 20.0 % Abgasmehrbelastung	--	1.50

*) der Wert wurde berechnet (Schornstein)

Eingabedaten fuer

Schornstein
Abschn. 1

wirksame Hoehe	m	13.00
gestreckte Laenge	m	13.00
lichter Querschnitt	m**2	.01539
innerer Umfang	m	.43982
Rauhigkeit Innenwand	mm	2.00
Waermedurchlasswiderst.	m**2*K/W	.22000
Summe der Einzelwider.	--	.00
Waermeueb. Koeff. aussen	W/m**2*K	8.00
Durchmesser aussen	m	.335

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H2 , Seite 2
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER DRUCKBEDINGUNG

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei fehlender Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ER G E B N I S S E

Verbindungsstueck

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert)	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Waermeueber. Koeffizient. innen	W/m**2*K	.0		.0		.0		.0	
Eintrittstemperatur Abgas	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Austrittstemperatur Abgas	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Innenwandtemperatur Austritt	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Mittl. Abgastemperatur	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Mittl. Wandtemperatur	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Mittl. Dichte Abgas	kg/m**3	.0000		.0000		.0000		.0000	
Mittl. Abgasgeschwindigkeit	m/s	.0		.0		.0		.0	
Abgasgeschwindigkeit am Austritt	m/s	.0		.0		.0		.0	
Ruhedruck	Pa	.0		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Reibung	Pa	.0		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Formwiderstand	Pa	.0		.0		.0		.0	
Druckaend. d. Geschw. Aenderung	Pa	.0		.0		.0		.0	
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.0							
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.0							
notwendiger Unterdruck Pze									
A) ohne Sicherheit	Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) mit Sicherheit	Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

ER G E B N I S S E

Schornstein

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert)	Grd C	15.0		.0		.0		.0	
Waermeueber. Koeffizient. innen	W/m**2*K	6.3		.0		.0		.0	
Eintrittstemperatur Abgas	Grd C	40.0		.0		.0		.0	
Austrittstemperatur Abgas	Grd C	23.1		.0		.0		.0	
Innenwandtemperatur Austritt	Grd C	18.7		.0		.0		.0	
Mittl. Abgastemperatur	Grd C	30.0		.0		.0		.0	
Mittl. Wandtemperatur	Grd C	21.9		.0		.0		.0	
Mittl. Dichte Abgas	kg/m**3	1.0602		.0000		.0000		.0000	
Mittl. Abgasgeschwindigkeit	m/s	1.0		.0		.0		.0	
Abgasgeschwindigkeit am Austritt	m/s	1.0		.0		.0		.0	
Ruhedruck	Pa	8.0		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Reibung	Pa	2.3		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Formwiderstand	Pa	.0		.0		.0		.0	
Druckaend. d. Geschw. Aenderung	Pa	-.0		.0		.0		.0	
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz									
A) ohne Sicherheit	Pa	5.8	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 5.8
B) mit Sicherheit	Pa	4.7	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 4.7

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Druck-Bedingung Pz - Pze >= 0 erfuellt:	ja	(mit Sicherheit: Pz - Pze = 1.6 Pa)
Minimaler Unterdruck erfuellt:	ja	(minimaler Unterdruck = 1.8 Pa)
Minimale Geschwindigkeit erfuellt:	ja	(minimale Geschwindigkeit = .5 m/s)
Maximale Schlankheit erfuellt:	ja	(maximale Schlankheit = 187.4 --)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H2 , Seite 3
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER TEMPERATURBEDINGUNG

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ERGEBNISSE

Verbindungsstueck

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert)	Grd C	.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen	W/m**2*K	.0	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas	Grd C	.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas	Grd C	.0	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt	Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur	Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur	Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas	kg/m**3	.0000	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit	m/s	.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt	m/s	.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck	Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung	Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand	Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung	Pa	.0	.0	.0	.0				
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.0							
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.0							
notwendiger Unterdruck Pze									
A) ohne Sicherheit	Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) mit Sicherheit	Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

ERGEBNISSE

Schornstein

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert)	Grd C	15.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen	W/m**2*K	6.3	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas	Grd C	40.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas	Grd C	26.6	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt	Grd C	22.3	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur	Grd C	32.4	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur	Grd C	26.0	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas	kg/m**3	1.0517	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit	m/s	1.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt	m/s	1.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck	Pa	9.1	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung	Pa	2.3	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand	Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung	Pa	-.0	.0	.0	.0				
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz									
A) ohne Sicherheit	Pa	6.8	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 6.8
B) mit Sicherheit	Pa	5.7	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 5.7

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Temperatur-Bedingung Tiob >= Tg erfuehlt: ja (Grenztemperatur = .0 Grd C)
Innenwandtemp. Austritt = 22.3 Grd C)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H2 , Seite 4
zum Bericht vom 08.10.90

DRUCK- UND TEMPERATURVERHAELTNISSE IN SCHORNSTEINEN UND VERBINDUNGSTUECKEN
UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER KONDENSATION

Allgemeine Eingabedaten

Waermeerzeuger

Brennstoff	--	Erdgas
Nennwaermeleistung	KW	30.00
Wirkungsgrad	%	100.00
CO2-Gehalt	%	7.77
Abgasmassenstrom	kg/s	.01600 *)
Abgastemperatur am Abgasstutzen	Grd C	40.00
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.00
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.00

Grundwerte der Berechnung

Aussenluftdruck	Pa	93200.00
Gaskonstante Luft	J/kg*K	288.00
Gaskonstante Abgas	J/kg*K	290.00
Taupunkttemperatur	Grd C	36.00
Bewertungsfaktor Kondensationswaerme	--	.50
spez. Waerme Abgas (fehl. Temp.beh.)	J/kg*K	1077.05 *)
spez. Waerme Abgas (Temp.beharrung)	J/kg*K	1077.50 *)
Waermeleitzahl Abgas (fehl. Temp.beh.)	W/m*K	.02567 *)
Waermeleitzahl Abgas (Temp.beharrung)	W/m*K	.02586 *)
kin. Viskositaet Abgas (fehl. Temp.beh.)	m**2/s	1.51512E-05 *)
kin. Viskositaet Abgas (Temp.beharrung)	m**2/s	1.54006E-05 *)
Verh. Verbrennungsluft-/Abgasmenge	--	.90
Korrekturfaktor fuer fehlende Temperaturbeharrung	--	.50
stroemungst. Sicherheitszahl fuer 20.0 % Abgasmehrbelastung	--	1.50

*) der Wert wurde berechnet (Schornstein)

Eingabedaten fuer Schornstein
Abschn. 1

wirksame Hoehe	m	13.00
gestreckte Laenge	m	13.00
lichter Querschnitt	m**2	.01539
innerer Umfang	m	.43982
Rauhigkeit Innenwand	mm	2.00
Waermedurchlasswiderst.	m**2*K/W	.22000
Summe der Einzelwider.	--	.00
Waermeueb. Koeff. aussen	W/m**2*K	8.00
Durchmesser aussen	m	.335

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H2 , Seite 5
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER DRUCKBEDINGUNG UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER KONDENSATION

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei fehlender Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ERGEBNISSE

Verbindungsstueck

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	.0	.0	.0	.0					
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	.0	.0	.0	.0					
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0					
Austrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0					
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	.0	.0	.0	.0					
Mittl. Abgastemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0					
Mittl. Wandtemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0					
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	.0000	.0000	.0000	.0000					
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	.0	.0	.0	.0					
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	.0	.0	.0	.0					
Ruhedruck Pa	.0	.0	.0	.0					
Widerst. Druck d. Reibung Pa	.0	.0	.0	.0					
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0					
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	.0	.0	.0	.0					
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger Pa	.0								
notw. Foerderdruck Zuluft Pa	3.0								
notwendiger Unterdruck Pze									
A) ohne Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze =	3.0
B) mit Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze =	3.0

ERGEBNISSE

Schornstein

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	15.0	.0	.0	.0					
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	10.2	.0	.0	.0					
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	40.0	.0	.0	.0					
Austrittstemperatur Abgas Grd C	25.3	.0	.0	.0					
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	21.3	.0	.0	.0					
Mittl. Abgastemperatur Grd C	31.2	.0	.0	.0					
Mittl. Wandtemperatur Grd C	24.2	.0	.0	.0					
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	1.0559	.0000	.0000	.0000					
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	1.0	.0	.0	.0					
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	1.0	.0	.0	.0					
Ruhedruck Pa	8.6	.0	.0	.0					
Widerst. Druck d. Reibung Pa	2.2	.0	.0	.0					
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0					
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	-.0	.0	.0	.0					
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz									
A) ohne Sicherheit Pa	6.3	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz =	6.3
B) mit Sicherheit Pa	5.2	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz =	5.2

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Druck-Bedingung Pz - Pze >= 0 erfuehlt:	ja	(mit Sicherheit: Pz - Pze =	2.2 Pa)
Minimaler Unterdruck erfuehlt:	ja	(minimaler Unterdruck =	1.8 Pa)
Minimale Geschwindigkeit erfuehlt:	ja	(minimale Geschwindigkeit =	.5 m/s)
Maximale Schlantheit erfuehlt:	ja	(maximale Schlantheit =	187.4 --)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H2 , Seite 6
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER TEMPERATURBEDINGUNG UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER KONDENSATION

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ER G E B N I S S E

Verbindungsstueck

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert)	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Waermeueber. Koeffizient. innen	W/m**2*K	.0		.0		.0		.0	
Eintrittstemperatur Abgas	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Austrittstemperatur Abgas	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Innenwandtemperatur Austritt	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Mittl. Abgastemperatur	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Mittl. Wandtemperatur	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Mittl. Dichte Abgas	kg/m**3	.0000		.0000		.0000		.0000	
Mittl. Abgasgeschwindigkeit	m/s	.0		.0		.0		.0	
Abgasgeschwindigkeit am Austritt	m/s	.0		.0		.0		.0	
Ruhedruck	Pa	.0		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Reibung	Pa	.0		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Formwiderstand	Pa	.0		.0		.0		.0	
Druckaend. d. Geschw. Aenderung	Pa	.0		.0		.0		.0	
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.0							
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.0							
notwendiger Unterdruck Pze									
A) o h n e Sicherheit	Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) m i t Sicherheit	Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

ER G E B N I S S E

Schornstein

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert)	Grd C	15.0		.0		.0		.0	
Waermeueber. Koeffizient. innen	W/m**2*K	11.9		.0		.0		.0	
Eintrittstemperatur Abgas	Grd C	40.0		.0		.0		.0	
Austrittstemperatur Abgas	Grd C	30.0		.0		.0		.0	
Innenwandtemperatur Austritt	Grd C	27.0		.0		.0		.0	
Mittl. Abgastemperatur	Grd C	34.0		.0		.0		.0	
Mittl. Wandtemperatur	Grd C	29.3		.0		.0		.0	
Mittl. Dichte Abgas	kg/m**3	1.0462		.0000		.0000		.0000	
Mittl. Abgasgeschwindigkeit	m/s	1.0		.0		.0		.0	
Abgasgeschwindigkeit am Austritt	m/s	1.0		.0		.0		.0	
Ruhedruck	Pa	9.8		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Reibung	Pa	2.3		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Formwiderstand	Pa	.0		.0		.0		.0	
Druckaend. d. Geschw. Aenderung	Pa	-.0		.0		.0		.0	
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz									
A) o h n e Sicherheit	Pa	7.5	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 7.5
B) m i t Sicherheit	Pa	6.4	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 6.4

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Temperatur-Bedingung Tiob >= Tg erfuellt: ja (Grenztemperatur = .0 Grd C)
Innenwandtemp. Austritt = 27.0 Grd C)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H3 , Seite 1
zum Bericht vom 08.10.90

DRUCK- UND TEMPERATURVERHAELTNISSE IN SCHORNSTEINEN UND VERBINDUNGSSTUECKEN

Nach den Regeln der DIN 4705, Teil 1, "Feuerungstechnische Berechnung von Schornsteinabmessungen - Begriffe, ausfuehrliches Berechnungsverfahren", Manuskript Juli 90, werden die Druck- und Temperaturverhaeltnisse in Schornsteinen und Verbindungsstuecken berechnet, um zu ueberpruefen, ob die Druckbedingung $P_z - P_{ze} \geq 0$ und die Temperaturbedingung $T_{iob} \geq T_g$ erfuellt sind.

Die Randbedingungen fuer die Berechnung sind entsprechend den Angaben der DIN 4705, Teil 1 gewaehlt.

Allgemeine Eingabedaten

Waermeerzeuger

Brennstoff	--	Erdgas
Nennwaermeleistung	KW	30.00
Wirkungsgrad	%	100.00
CO2-Gehalt	%	7.77
Abgasmassenstrom	kg/s	.01600 *)
Abgastemperatur am Abgasstutzen	Grd C	40.00
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.00
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.00

Grundwerte der Berechnung

Aussenluftdruck	Pa	93200.00
Gaskonstante Luft	J/kg*K	288.00
Gaskonstante Abgas	J/kg*K	290.00
Taupunkttemperatur	Grd C	36.00
spez. Waerme Abgas (fehl. Temp.beh.)	J/kg*K	1076.72 *)
spez. Waerme Abgas (Temp.beharrung)	J/kg*K	1077.28 *)
Waermeleitzahl Abgas (fehl. Temp.beh.)	W/m*K	.02553 *)
Waermeleitzahl Abgas (Temp.beharrung)	W/m*K	.02577 *)
kin. Viskositaet Abgas (fehl. Temp.beh.)	m**2/s	1.49659E-05 *)
kin. Viskositaet Abgas (Temp.beharrung)	m**2/s	1.52805E-05 *)
Verh. Verbrennungsluft-/Abgasmenge	--	.90
Korrekturfaktor fuer fehlende Temperaturbeharrung	--	.50
stroemungst. Sicherheitszahl fuer 20.0 % Abgasmehrbelastung	--	1.50

*) der Wert wurde berechnet (Schornstein)

Eingabedaten fuer Schornstein
Abschn. 1

wirksame Hoehe	m	26.00
gestreckte Laenge	m	26.00
lichter Querschnitt	m**2	.01539
innerer Umfang	m	.43982
Rauhigkeit Innenwand	mm	2.00
Waermedurchlasswiderst.	m**2*K/W	.65000
Summe der Einzelwider.	--	.00
Waermeuebl. Koeff. aussen	W/m**2*K	8.00
Durchmesser aussen	m	.335

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H3 , Seite 2
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER DRUCKBEDINGUNG

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei fehlender Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ERGEBNISSE

Verbindungsstueck

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert)	Grd C	.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen	W/m**2*K	.0	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas	Grd C	.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas	Grd C	.0	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt	Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur	Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur	Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas	kg/m**3	.0000	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit	m/s	.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt	m/s	.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck	Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung	Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand	Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung	Pa	.0	.0	.0	.0				
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.0							
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.0							
notwendiger Unterdruck Pze									
A) ohne Sicherheit	Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) mit Sicherheit	Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

ERGEBNISSE

Schornstein

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert)	Grd C	15.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen	W/m**2*K	6.3	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas	Grd C	40.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas	Grd C	21.8	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt	Grd C	19.7	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur	Grd C	29.0	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur	Grd C	24.6	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas	kg/m**3	1.0637	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit	m/s	1.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt	m/s	1.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck	Pa	15.1	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung	Pa	4.5	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand	Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung	Pa	.0	.0	.0	.0				
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz									
A) ohne Sicherheit	Pa	10.7	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 10.7
B) mit Sicherheit	Pa	8.4	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 8.4

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Druck-Bedingung Pz - Pze >= 0 erfuellt:	ja	(mit Sicherheit: Pz - Pze = 5.4 Pa)
Minimaler Unterdruck erfuellt:	ja	(minimaler Unterdruck = 3.7 Pa)
Minimale Geschwindigkeit erfuellt:	ja	(minimale Geschwindigkeit = .5 m/s)
Maximale Schlankheit erfuellt:	ja	(maximale Schlankheit = 187.4 --)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H3 , Seite 3
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER TEMPERATURBEDINGUNG

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ER G E B N I S S E

Verbindungsstueck

		Abschnitt 1	Abschnitt 2	Abschnitt 3	Abschnitt 4				
Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C		.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K		.0	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas Grd C		.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas Grd C		.0	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt Grd C		.0	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur Grd C		.0	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur Grd C		.0	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3		.0000	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s		.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s		.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck Pa		.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung Pa		.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa		.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa		.0	.0	.0	.0				
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger Pa		.0							
notw. Foerderdruck Zuluft Pa		3.0							
notwendiger Unterdruck Pze									
A) o h n e Sicherheit Pa		3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) m i t Sicherheit Pa		3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

ER G E B N I S S E

Schornstein

		Abschnitt 1	Abschnitt 2	Abschnitt 3	Abschnitt 4				
Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C		15.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K		6.3	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas Grd C		40.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas Grd C		26.6	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt Grd C		24.4	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur Grd C		32.4	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur Grd C		29.2	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3		1.0517	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s		1.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s		1.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck Pa		18.2	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung Pa		4.5	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa		.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa		-.0	.0	.0	.0				
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz									
A) o h n e Sicherheit Pa		13.7	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 13.7
B) m i t Sicherheit Pa		11.4	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 11.4

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Temperatur-Bedingung Tiob >= Tg erfuellt: ja (Grenztemperatur = .0 Grd C)
Innenwandtemp. Austritt = 24.4 Grd C)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H3 , Seite 4
zum Bericht vom 08.10.90

DRUCK- UND TEMPERATURVERHAELTNISSE IN SCHORNSTEINEN UND VERBINDUNGSTUECKEN
UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER KONDENSATION

Allgemeine Eingabedaten

Waermeerzeuger

Brennstoff	--	Erdgas
Nennwaermeleistung	KW	30.00
Wirkungsgrad	%	100.00
CO2-Gehalt	%	7.77
Abgasmassenstrom	kg/s	.01600 *)
Abgastemperatur am Abgasstutzen	Grd C	40.00
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.00
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.00

Grundwerte der Berechnung

Aussenluftdruck	Pa	93200.00
Gaskonstante Luft	J/kg*K	288.00
Gaskonstante Abgas	J/kg*K	290.00
Taupunkttemperatur	Grd C	36.00
Bewertungsfaktor Kondensationswaerme	--	.50
spez. Waerme Abgas (fehl. Temp.beh.)	J/kg*K	1077.18 *)
spez. Waerme Abgas (Temp.beharrung)	J/kg*K	1077.73 *)
Waermeleitzahl Abgas (fehl. Temp.beh.)	W/m*K	.02572 *)
Waermeleitzahl Abgas (Temp.beharrung)	W/m*K	.02596 *)
kin. Viskositaet Abgas (fehl. Temp.beh.)	m**2/s	1.52212E-05 *)
kin. Viskositaet Abgas (Temp.beharrung)	m**2/s	1.55272E-05 *)
Verh. Verbrennungsluft-/Abgasmenge	--	.90
Korrekturfaktor fuer fehlende Temperaturbeharrung	--	.50
stroemungst. Sicherheitszahl fuer 20.0 % Abgasmehrbelastung	--	1.50

*) der Wert wurde berechnet (Schornstein)

Eingabedaten fuer Schornstein
Abschn. 1

wirksame Hoehe	m	26.00
gestreckte Laenge	m	26.00
lichter Querschnitt	m**2	.01539
innerer Umfang	m	.43982
Rauhigkeit Innenwand	mm	2.00
Waermedurchlasswiderst.	m**2*K/W	.65000
Summe der Einzelwider.	--	.00
Waermeueb. Koeff. aussen	W/m**2*K	8.00
Durchmesser aussen	m	.335

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H3 , Seite 5
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER DRUCKBEDINGUNG UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER KONDENSATION

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei fehlender Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ERGEBNISSE

Verbindungsstueck

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	.0	.0	.0	.0					
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	.0	.0	.0	.0					
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0					
Austrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0					
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	.0	.0	.0	.0					
Mittl. Abgastemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0					
Mittl. Wandtemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0					
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	.0000	.0000	.0000	.0000					
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	.0	.0	.0	.0					
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	.0	.0	.0	.0					
Ruhedruck Pa	.0	.0	.0	.0					
Widerst. Druck d. Reibung Pa	.0	.0	.0	.0					
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0					
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	.0	.0	.0	.0					
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger Pa	.0								
notw. Foerderdruck Zuluft Pa	3.0								
notwendiger Unterdruck Pze									
A) ohne Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze =	3.0
B) mit Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze =	3.0

ERGEBNISSE

Schornstein

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	15.0	.0	.0	.0					
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	14.1	.0	.0	.0					
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	40.0	.0	.0	.0					
Austrittstemperatur Abgas Grd C	27.0	.0	.0	.0					
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	25.1	.0	.0	.0					
Mittl. Abgastemperatur Grd C	32.1	.0	.0	.0					
Mittl. Wandtemperatur Grd C	29.0	.0	.0	.0					
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	1.0529	.0000	.0000	.0000					
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	1.0	.0	.0	.0					
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	1.0	.0	.0	.0					
Ruhedruck Pa	17.9	.0	.0	.0					
Widerst. Druck d. Reibung Pa	4.5	.0	.0	.0					
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0					
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	-.0	.0	.0	.0					
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz									
A) ohne Sicherheit Pa	13.4	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz =	13.4
B) mit Sicherheit Pa	11.2	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz =	11.2

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Druck-Bedingung Pz - Pze >= 0 erfuellt:	ja	(mit Sicherheit: Pz - Pze =	8.1 Pa)
Minimaler Unterdruck erfuellt:	ja	(minimaler Unterdruck =	3.7 Pa)
Minimale Geschwindigkeit erfuellt:	ja	(minimale Geschwindigkeit =	.5 m/s)
Maximale Schlankheit erfuellt:	ja	(maximale Schlankheit =	187.4 --)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H3 , Seite 6
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER TEMPERATURBEDINGUNG UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER KONDENSATION

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

E R G E B N I S S E	Verbindungsstueck							
	Abschnitt 1	Abschnitt 2	Abschnitt 3	Abschnitt 4				
Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	.0	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	.0000	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	.0	.0	.0	.0				
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger Pa	.0							
notw. Foerderdruck Zuluft Pa	3.0							
notwendiger Unterdruck Pze								
A) ohne Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) mit Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

E R G E B N I S S E	Schornstein							
	Abschnitt 1	Abschnitt 2	Abschnitt 3	Abschnitt 4				
Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	15.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	16.6	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	40.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas Grd C	32.5	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	31.3	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur Grd C	35.4	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur Grd C	33.6	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	1.0416	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	1.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	1.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck Pa	20.8	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung Pa	4.6	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	-.0	.0	.0	.0				
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz								
A) ohne Sicherheit Pa	16.2	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 16.2
B) mit Sicherheit Pa	14.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 14.0

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Temperatur-Bedingung Tiob >= Tg eruehlt: ja (Grenztemperatur = .0 Grd C)
Innenwandtemp. Austritt = 31.3 Grd C)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H4 , Seite 1
zum Bericht vom 08.10.90

DRUCK- UND TEMPERATURVERHAELTNISSE IN SCHORNSTEINEN UND VERBINDUNGSTUECKEN

Nach den Regeln der DIN 4705, Teil 1, "Feuerungstechnische Berechnung von Schornsteinabmessungen - Begriffe, ausfuehrliches Berechnungsverfahren", Manuskript Juli 90, werden die Druck- und Temperaturverhaeltnisse in Schornsteinen und Verbindungsstuecken berechnet, um zu ueberpruefen, ob die Druckbedingung $P_z - P_{ze} \geq 0$ und die Temperaturbedingung $T_{iob} \geq T_g$ erfuellt sind.

Die Randbedingungen fuer die Berechnung sind entsprechend den Angaben der DIN 4705, Teil 1 gewaehlt.

Allgemeine Eingabedaten

Waermeerzeuger

Brennstoff	--	Erdgas
Nennwaermeleistung	KW	30.00
Wirkungsgrad	%	100.00
CO2-Gehalt	%	7.77
Abgasmassenstrom	kg/s	.01600 *)
Abgastemperatur am Abgasstutzen	Grd C	60.00
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.00
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.00

Grundwerte der Berechnung

Aussenluftdruck	Pa	93200.00
Gaskonstante Luft	J/kg*K	288.00
Gaskonstante Abgas	J/kg*K	290.00
Taupunkttemperatur	Grd C	52.00
spez. Waerme Abgas (fehl. Temp.beh.)	J/kg*K	1077.75 *)
spez. Waerme Abgas (Temp.beharrung)	J/kg*K	1078.42 *)
Waermeleitzaehl Abgas (fehl. Temp.beh.)	W/m*K	.02597 *)
Waermeleitzaehl Abgas (Temp.beharrung)	W/m*K	.02625 *)
kin. Viskositaet Abgas (fehl. Temp.beh.)	m**2/s	1.55412E-05 *)
kin. Viskositaet Abgas (Temp.beharrung)	m**2/s	1.59124E-05 *)
Verh. Verbrennungsluft-/Abgasmenge	--	.90
Korrekturfaktor fuer fehlende Temperaturbeharrung	--	.50
stroemungst. Sicherheitszahl fuer 20.0 % Abgasmehrbelastung	--	1.50

*) der Wert wurde berechnet (Schornstein)

Eingabedaten fuer

Schornstein
Abschn. 1

wirksame Hoehe	m	18.00
gestreckte Laenge	m	18.00
lichter Querschnitt	m**2	.01539
innerer Umfang	m	.43982
Rauhigkeit Innenwand	mm	2.00
Waermedurchlasswiderst.	m**2*K/W	.12000
Summe der Einzelwider.	--	.00
Waermeueb. Koeff. aussen	W/m**2*K	8.00
Durchmesser aussen	m	.335

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H4 , Seite 2
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER DRUCKBEDINGUNG

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei fehlender Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ERGEBNISSE

Verbindungsstueck

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	.0	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	.0000	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	.0	.0	.0	.0				
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger Pa	.0							
notw. Foerderdruck Zuluft Pa	3.0							
notwendiger Unterdruck Pze								
A) ohne Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) mit Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

ERGEBNISSE

Schornstein

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	15.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	6.3	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	60.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas Grd C	21.9	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	17.4	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur Grd C	35.3	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur Grd C	22.2	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	1.0420	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	1.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	1.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck Pa	14.3	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung Pa	3.2	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	-.1	.0	.0	.0				
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz								
A) ohne Sicherheit Pa	11.2	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 11.2
B) mit Sicherheit Pa	9.6	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 9.6

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Druck-Bedingung Pz - Pze >= 0 erfuellt:	ja	(mit Sicherheit: Pz - Pze = 6.6 Pa)
Minimaler Unterdruck erfuellt:	ja	(minimaler Unterdruck = 4.6 Pa)
Minimale Geschwindigkeit erfuellt:	ja	(minimale Geschwindigkeit = .5 m/s)
Maximale Schlankheit erfuellt:	ja	(maximale Schlankheit = 187.4 --)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H4 , Seite 3
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER TEMPERATURBEDINGUNG

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ER G E B N I S S E

Verbindungsstueck

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	.0	.0	.0	.0					
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	.0	.0	.0	.0					
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0					
Austrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0					
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	.0	.0	.0	.0					
Mittl. Abgastemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0					
Mittl. Wandtemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0					
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	.0000	.0000	.0000	.0000					
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	.0	.0	.0	.0					
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	.0	.0	.0	.0					
Ruhedruck Pa	.0	.0	.0	.0					
Widerst. Druck d. Reibung Pa	.0	.0	.0	.0					
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0					
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	.0	.0	.0	.0					
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger Pa	.0								
notw. Foerderdruck Zuluft Pa	3.0								
notwendiger Unterdruck Pze									
A) o h n e Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze =	3.0
B) m i t Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze =	3.0

ER G E B N I S S E

Schornstein

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	15.0	.0	.0	.0					
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	6.3	.0	.0	.0					
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	60.0	.0	.0	.0					
Austrittstemperatur Abgas Grd C	26.2	.0	.0	.0					
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	20.8	.0	.0	.0					
Mittl. Abgastemperatur Grd C	39.3	.0	.0	.0					
Mittl. Wandtemperatur Grd C	27.7	.0	.0	.0					
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	1.0286	.0000	.0000	.0000					
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	1.0	.0	.0	.0					
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	1.0	.0	.0	.0					
Ruhedruck Pa	16.7	.0	.0	.0					
Widerst. Druck d. Reibung Pa	3.2	.0	.0	.0					
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0					
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	-.1	.0	.0	.0					
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz									
A) o h n e Sicherheit Pa	13.5	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz =	13.5
B) m i t Sicherheit Pa	11.9	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz =	11.9

B E W E R T U N G D E R E R G E B N I S S E

Temperatur-Bedingung Tiob >= Tg erfuehlt: ja (Grenztemperatur = .0 Grd C)
Innenwandtemp. Austritt = 20.8 Grd C)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H4 , Seite 4
zum Bericht vom 08.10.90

DRUCK- UND TEMPERATURVERHAELTNISSE IN SCHORNSTEINEN UND VERBINDUNGSTUECKEN
UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER KONDENSATION

Allgemeine Eingabedaten

Waermeerzeuger

Brennstoff	--	Erdgas
Nennwaermeleistung	KW	30.00
Wirkungsgrad	%	100.00
CO2-Gehalt	%	7.77
Abgasmassenstrom	kg/s	.01600 *)
Abgastemperatur am Abgasstutzen	Grd C	60.00
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.00
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.00

Grundwerte der Berechnung

Aussenluftdruck	Pa	93200.00
Gaskonstante Luft	J/kg*K	288.00
Gaskonstante Abgas	J/kg*K	290.00
Taupunkttemperatur	Grd C	52.00
Bewertungsfaktor Kondensationswaerme	--	.25
spez. Waerme Abgas (fehl. Temp.beh.)	J/kg*K	1077.94 *)
spez. Waerme Abgas (Temp.beharrung)	J/kg*K	1078.85 *)
Waermeleitzahl Abgas (fehl. Temp.beh.)	W/m*K	.02604 *)
Waermeleitzahl Abgas (Temp.beharrung)	W/m*K	.02642 *)
kin. Viskositaet Abgas (fehl. Temp.beh.)	m**2/s	1.56395E-05 *)
kin. Viskositaet Abgas (Temp.beharrung)	m**2/s	1.61446E-05 *)
Verh. Verbrennungsluft-/Abgasmenge	--	.90
Korrekturfaktor fuer fehlende Temperaturbeharrung	--	.50
stroemungst. Sicherheitszahl fuer 20.0 % Abgasmehrbelastung	--	1.50

*) der Wert wurde berechnet (Schornstein)

Eingabedaten fuer Schornstein
Abschn. 1

wirksame Hoehe	m	18.00
gestreckte Laenge	m	18.00
lichter Querschnitt	m**2	.01539
innerer Umfang	m	.43982
Rauhigkeit Innenwand	mm	2.00
Waermedurchlasswiderst.	m**2*K/W	.12000
Summe der Einzelwider.	--	.00
Waermeueb. Koeff. aussen	W/m**2*K	8.00
Durchmesser aussen	m	.335

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H4 , Seite 5
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER DRUCKBEDINGUNG UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER KONDENSATION

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei fehlender Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ER G E B N I S S E

Verbindungsstueck

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Austrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Mittl. Abgastemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Mittl. Wandtemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Ruhedruck Pa	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Widerst. Druck d. Reibung Pa	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger Pa	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
notw. Foerderdruck Zuluft Pa	3.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
notwendiger Unterdruck Pze										
A) o h n e Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) m i t Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

ER G E B N I S S E

Schornstein

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	15.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	8.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	60.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Austrittstemperatur Abgas Grd C	23.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	18.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Mittl. Abgastemperatur Grd C	36.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Mittl. Wandtemperatur Grd C	23.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	1.0381	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	.9	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Ruhedruck Pa	15.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Widerst. Druck d. Reibung Pa	3.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	-.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz										
A) o h n e Sicherheit Pa	11.9	+	.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 11.9
B) m i t Sicherheit Pa	10.3	+	.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 10.3

BEWERTUNG DER ER G E B N I S S E

Druck-Bedingung Pz - Pze >= 0 erfuellt:	ja	(mit Sicherheit: Pz - Pze = 7.3 Pa)
Minimaler Unterdruck erfuellt:	ja	(minimaler Unterdruck = 4.6 Pa)
Minimale Geschwindigkeit erfuellt:	ja	(minimale Geschwindigkeit = .5 m/s)
Maximale Schlankheit erfuellt:	ja	(maximale Schlankheit = 187.4 --)

Musterschnstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H4 , Seite 6
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER TEMPERATURBEDINGUNG UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER KONDENSATION

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ERGEBNISSE

Verbindungsstueck

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	.0	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	.0000	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	.0	.0	.0	.0				
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger Pa	.0							
notw. Foerderdruck Zuluft Pa	3.0							
notwendiger Unterdruck Pze								
A) ohne Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) mit Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

ERGEBNISSE

Schnornstein

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	15.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	10.0	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	60.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas Grd C	30.3	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	24.5	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur Grd C	42.1	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur Grd C	32.0	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	1.0193	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	1.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	1.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck Pa	18.3	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung Pa	3.2	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	-.0	.0	.0	.0				
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz								
A) ohne Sicherheit Pa	15.2	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 15.2
B) mit Sicherheit Pa	13.6	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 13.6

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Temperatur-Bedingung Tiob >= Tg erfuehlt: ja (Grenztemperatur = .0 Grd C)
Innenwandtemp. Austritt = 24.5 Grd C)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H5 , Seite 1
zum Bericht vom 08.10.90

DRUCK- UND TEMPERATURVERHAELTNISSE IN SCHORNSTEINEN UND VERBINDUNGSTUECKEN

Nach den Regeln der DIN 4705, Teil 1, "Feuerungstechnische Berechnung von Schornsteinabmessungen - Begriffe, ausfuehrliches Berechnungsverfahren", Manuskript Juli 90, werden die Druck- und Temperaturverhaeltnisse in Schornsteinen und Verbindungstuecken berechnet, um zu ueberpruefen, ob die Druckbedingung $P_z - P_{ze} \geq 0$ und die Temperaturbedingung $T_{iob} \geq T_g$ erfuellt sind.

Die Randbedingungen fuer die Berechnung sind entsprechend den Angaben der DIN 4705, Teil 1 gewaehlt.

Allgemeine Eingabedaten

Waermeerzeuger

Brennstoff	--	Erdgas
Nennwaermeleistung	KW	30.00
Wirkungsgrad	%	100.00
CO2-Gehalt	%	7.77
Abgasmassenstrom	kg/s	.01600 *)
Abgastemperatur am Abgasstutzen	Grd C	60.00
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.00
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.00

Grundwerte der Berechnung

Aussenluftdruck	Pa	93200.00
Gaskonstante Luft	J/kg*K	288.00
Gaskonstante Abgas	J/kg*K	290.00
Taupunkttemperatur	Grd C	52.00
spez. Waerme Abgas (fehl. Temp.beh.)	J/kg*K	1077.36 *)
spez. Waerme Abgas (Temp.beharrung)	J/kg*K	1078.20 *)
Waermeleitzahl Abgas (fehl. Temp.beh.)	W/m*K	.02580 *)
Waermeleitzahl Abgas (Temp.beharrung)	W/m*K	.02616 *)
kin. Viskositaet Abgas (fehl. Temp.beh.)	m**2/s	1.53202E-05 *)
kin. Viskositaet Abgas (Temp.beharrung)	m**2/s	1.57868E-05 *)
Verh. Verbrennungsluft-/Abgasmenge	--	.90
Korrekturfaktor fuer fehlende Temperaturbeharrung	--	.50
stroemungst. Sicherheitszahl fuer 20.0 % Abgasmehrbelastung	--	1.50

*) der Wert wurde berechnet (Schornstein)

Eingabedaten fuer Schornstein
Abschn. 1

wirksame Hoehe	m	26.00
gestreckte Laenge	m	26.00
lichter Querschnitt	m**2	.01539
innerer Umfang	m	.43982
Rauhigkeit Innenwand	mm	2.00
Waermedurchlasswiderst.	m**2*K/W	.22000
Summe der Einzelwider.	--	.00
Waermeueb. Koeff. aussen	W/m**2*K	8.00
Durchmesser aussen	m	.335

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H5, Seite 2
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER DRUCKBEDINGUNG

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei fehlender Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ER G E B N I S S E

Verbindungsstueck

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	.0	.0	.0	.0					
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	.0	.0	.0	.0					
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0					
Austrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0					
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	.0	.0	.0	.0					
Mittl. Abgastemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0					
Mittl. Wandtemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0					
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	.0000	.0000	.0000	.0000					
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	.0	.0	.0	.0					
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	.0	.0	.0	.0					
Ruhedruck Pa	.0	.0	.0	.0					
Widerst. Druck d. Reibung Pa	.0	.0	.0	.0					
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0					
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	.0	.0	.0	.0					
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger Pa	.0								
notw. Foerderdruck Zuluft Pa	3.0								
notwendiger Unterdruck Pze									
A) ohne Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze =	3.0
B) mit Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze =	3.0

ER G E B N I S S E

Schornstein

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	15.0	.0	.0	.0					
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	6.3	.0	.0	.0					
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	60.0	.0	.0	.0					
Austrittstemperatur Abgas Grd C	19.7	.0	.0	.0					
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	17.2	.0	.0	.0					
Mittl. Abgastemperatur Grd C	32.9	.0	.0	.0					
Mittl. Wandtemperatur Grd C	23.3	.0	.0	.0					
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	1.0502	.0000	.0000	.0000					
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	1.0	.0	.0	.0					
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	.9	.0	.0	.0					
Ruhedruck Pa	18.6	.0	.0	.0					
Widerst. Druck d. Reibung Pa	4.6	.0	.0	.0					
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0					
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	-.1	.0	.0	.0					
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz									
A) ohne Sicherheit Pa	14.1	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz =	14.1
B) mit Sicherheit Pa	11.8	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz =	11.8

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Druck-Bedingung Pz - Pze >= 0 erfuellt:	ja	(mit Sicherheit: Pz - Pze =	8.8 Pa)
Minimaler Unterdruck erfuellt:	ja	(minimaler Unterdruck =	6.6 Pa)
Minimale Geschwindigkeit erfuellt:	ja	(minimale Geschwindigkeit =	.5 m/s)
Maximale Schlankheit erfuellt:	ja	(maximale Schlankheit =	187.4 --)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H5 , Seite 3
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER TEMPERATURBEDINGUNG

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ERGEBNISSE

Verbindungsstueck

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	.0	.0	.0	.0	.0			
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	.0	.0	.0	.0	.0			
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0	.0			
Austrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0	.0			
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	.0	.0	.0	.0	.0			
Mittl. Abgastemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0	.0			
Mittl. Wandtemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0	.0			
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000			
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	.0	.0	.0	.0	.0			
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	.0	.0	.0	.0	.0			
Ruhedruck Pa	.0	.0	.0	.0	.0			
Widerst. Druck d. Reibung Pa	.0	.0	.0	.0	.0			
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0	.0			
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	.0	.0	.0	.0	.0			
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger Pa	.0							
notw. Foerderdruck Zuluft Pa	3.0							
notwendiger Unterdruck Pze								
A) ohne Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) mit Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

ERGEBNISSE

Schornstein

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	15.0	.0	.0	.0	.0			
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	6.3	.0	.0	.0	.0			
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	60.0	.0	.0	.0	.0			
Austrittstemperatur Abgas Grd C	24.6	.0	.0	.0	.0			
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	21.1	.0	.0	.0	.0			
Mittl. Abgastemperatur Grd C	37.9	.0	.0	.0	.0			
Mittl. Wandtemperatur Grd C	29.5	.0	.0	.0	.0			
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	1.0331	.0000	.0000	.0000	.0000			
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	1.0	.0	.0	.0	.0			
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	1.0	.0	.0	.0	.0			
Ruhedruck Pa	22.9	.0	.0	.0	.0			
Widerst. Druck d. Reibung Pa	4.6	.0	.0	.0	.0			
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0	.0			
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	-.1	.0	.0	.0	.0			
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz								
A) ohne Sicherheit Pa	18.4	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 18.4
B) mit Sicherheit Pa	16.1	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 16.1

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Temperatur-Bedingung Tiob >= Tg erfuellt: ja (Grenztemperatur = .0 Grd C)
Innenwandtemp. Austritt = 21.1 Grd C)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H5 , Seite 4
zum Bericht vom 08.10.90

DRUCK- UND TEMPERATURVERHAELTNISSE IN SCHORNSTEINEN UND VERBINDUNGSTUECKEN
UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER KONDENSATION

Allgemeine Eingabedaten

Waermeerzeuger

Brennstoff	--	Erdgas
Nennwaermeleistung	KW	30.00
Wirkungsgrad	%	100.00
CO2-Gehalt	%	7.77
Abgasmassenstrom	kg/s	.01600 *)
Abgastemperatur am Abgasstutzen	Grd C	60.00
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.00
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.00

Grundwerte der Berechnung

Aussenluftdruck	Pa	93200.00
Gaskonstante Luft	J/kg*K	288.00
Gaskonstante Abgas	J/kg*K	290.00
Taupunkttemperatur	Grd C	52.00
Bewertungsfaktor Kondensationswaerme	--	.25
spez. Waerme Abgas (fehl. Temp.beh.)	J/kg*K	1077.71 *)
spez. Waerme Abgas (Temp.beharrung)	J/kg*K	1078.93 *)
Waermeleitzahl Abgas (fehl. Temp.beh.)	W/m*K	.02594 *)
Waermeleitzahl Abgas (Temp.beharrung)	W/m*K	.02646 *)
kin. Viskositaet Abgas (fehl. Temp.beh.)	m**2/s	1.55122E-05 *)
kin. Viskositaet Abgas (Temp.beharrung)	m**2/s	1.61874E-05 *)
Verh. Verbrennungsluft-/Abgasmenge	--	.90
Korrekturfaktor fuer fehlende Temperaturbeharrung	--	.50
stroemungst. Sicherheitszahl fuer 20.0 % Abgasmehrbelastung	--	1.50

*) der Wert wurde berechnet (Schornstein)

Eingabedaten fuer Schornstein
Abschn. 1

wirksame Hoehe	m	26.00
gestreckte Laenge	m	26.00
lichter Querschnitt	m**2	.01539
innerer Umfang	m	.43982
Rauhigkeit Innenwand	mm	2.00
Waermedurchlasswiderst.	m**2*K/W	.22000
Summe der Einzelwider.	--	.00
Waermeueb. Koeff. aussen	W/m**2*K	8.00
Durchmesser aussen	m	.335

Musterschnstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H5 , Seite 5
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER DRUCKBEDINGUNG UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER KONDENSATION

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei fehlender Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ERGEBNISSE

Verbindungsstueck

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert)	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Waermeueber. Koeffizient. innen	W/m**2*K	.0		.0		.0		.0	
Eintrittstemperatur Abgas	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Austrittstemperatur Abgas	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Innenwandtemperatur Austritt	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Mittl. Abgastemperatur	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Mittl. Wandtemperatur	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Mittl. Dichte Abgas	kg/m**3	.0000		.0000		.0000		.0000	
Mittl. Abgasgeschwindigkeit	m/s	.0		.0		.0		.0	
Abgasgeschwindigkeit am Austritt	m/s	.0		.0		.0		.0	
Ruhedruck	Pa	.0		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Reibung	Pa	.0		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Formwiderstand	Pa	.0		.0		.0		.0	
Druckaend. d. Geschw. Aenderung	Pa	.0		.0		.0		.0	
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.0							
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.0							
notwendiger Unterdruck Pze									
A) ohne Sicherheit	Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) mit Sicherheit	Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

ERGEBNISSE

Schnstein

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert)	Grd C	15.0		.0		.0		.0	
Waermeueber. Koeffizient. innen	W/m**2*K	8.8		.0		.0		.0	
Eintrittstemperatur Abgas	Grd C	60.0		.0		.0		.0	
Austrittstemperatur Abgas	Grd C	21.6		.0		.0		.0	
Innenwandtemperatur Austritt	Grd C	18.4		.0		.0		.0	
Mittl. Abgastemperatur	Grd C	35.1		.0		.0		.0	
Mittl. Wandtemperatur	Grd C	26.0		.0		.0		.0	
Mittl. Dichte Abgas	kg/m**3	1.0426		.0000		.0000		.0000	
Mittl. Abgasgeschwindigkeit	m/s	1.0		.0		.0		.0	
Abgasgeschwindigkeit am Austritt	m/s	.9		.0		.0		.0	
Ruhedruck	Pa	20.5		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Reibung	Pa	4.5		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Formwiderstand	Pa	.0		.0		.0		.0	
Druckaend. d. Geschw. Aenderung	Pa	-.1		.0		.0		.0	
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz									
A) ohne Sicherheit	Pa	16.1	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 16.1
B) mit Sicherheit	Pa	13.9	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 13.9

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Druck-Bedingung Pz - Pze >= 0 erfuehlt:	ja	(mit Sicherheit: Pz - Pze = 10.8 Pa)
Minimaler Unterdruck erfuehlt:	ja	(minimaler Unterdruck = 6.6 Pa)
Minimale Geschwindigkeit erfuehlt:	ja	(minimale Geschwindigkeit = .5 m/s)
Maximale Schlankheit erfuehlt:	ja	(maximale Schlankheit = 187.4 --)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H5 , Seite 6
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER TEMPERATURBEDINGUNG UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER KONDENSATION

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

E R G E B N I S S E	Verbindungsstueck							
	Abschnitt 1	Abschnitt 2	Abschnitt 3	Abschnitt 4				
Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	.0	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	.0000	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	.0	.0	.0	.0				
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger Pa	.0							
notw. Foerderdruck Zuluft Pa	3.0							
notwendiger Unterdruck Pze								
A) o h n e Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) m i t Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

E R G E B N I S S E	Schornstein							
	Abschnitt 1	Abschnitt 2	Abschnitt 3	Abschnitt 4				
Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	15.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	11.8	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	60.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas Grd C	31.2	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	27.0	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur Grd C	42.7	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur Grd C	35.9	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	1.0175	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	1.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	1.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck Pa	26.9	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung Pa	4.5	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	-.0	.0	.0	.0				
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz								
A) o h n e Sicherheit Pa	22.4	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 22.4
B) m i t Sicherheit Pa	20.2	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 20.2

B E W E R T U N G D E R E R G E B N I S S E

Temperatur-Bedingung Tiob >= Tg erfuellt: ja (Grenztemperatur = .0 Grd C)
Innenwandtemp. Austritt = 27.0 Grd C)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H6 , Seite 2
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER DRUCKBEDINGUNG

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei fehlender Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ERGEBNISSE

Verbindungsstueck

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert)	Grd C	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Waermeueber. Koeffizient. innen	W/m**2*K	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Eintrittstemperatur Abgas	Grd C	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Austrittstemperatur Abgas	Grd C	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Innenwandtemperatur Austritt	Grd C	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Mittl. Abgastemperatur	Grd C	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Mittl. Wandtemperatur	Grd C	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Mittl. Dichte Abgas	kg/m**3	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
Mittl. Abgasgeschwindigkeit	m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Abgasgeschwindigkeit am Austritt	m/s	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Ruhedruck	Pa	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Widerst. Druck d. Reibung	Pa	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Widerst. Druck d. Formwiderstand	Pa	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Druckaend. d. Geschw. Aenderung	Pa	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
notwendiger Unterdruck Pze									
A) ohne Sicherheit	Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) mit Sicherheit	Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

ERGEBNISSE

Schornstein

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert)	Grd C	15.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Waermeueber. Koeffizient. innen	W/m**2*K	6.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Eintrittstemperatur Abgas	Grd C	60.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Austrittstemperatur Abgas	Grd C	27.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Innenwandtemperatur Austritt	Grd C	23.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Mittl. Abgastemperatur	Grd C	40.2	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Mittl. Wandtemperatur	Grd C	32.4	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Mittl. Dichte Abgas	kg/m**3	1.0258	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
Mittl. Abgasgeschwindigkeit	m/s	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Abgasgeschwindigkeit am Austritt	m/s	1.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Ruhedruck	Pa	24.8	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Widerst. Druck d. Reibung	Pa	4.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Widerst. Druck d. Formwiderstand	Pa	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Druckaend. d. Geschw. Aenderung	Pa	-.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz									
A) ohne Sicherheit	Pa	20.2	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 20.2
B) mit Sicherheit	Pa	17.9	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 17.9

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Druck-Bedingung Pz - Pze >= 0 erfuellt:	ja	(mit Sicherheit: Pz - Pze = 14.8 Pa)
Minimaler Unterdruck erfuellt:	ja	(minimaler Unterdruck = 6.6 Pa)
Minimale Geschwindigkeit erfuellt:	ja	(minimale Geschwindigkeit = .5 m/s)
Maximale Schlankheit erfuellt:	ja	(maximale Schlankheit = 187.4 --)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H6 , Seite 3
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER TEMPERATURBEDINGUNG

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ERGEBNISSE

Verbindungsstueck

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	.0	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	.0000	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	.0	.0	.0	.0				
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger Pa	.0							
notw. Foerderdruck Zuluft Pa	3.0							
notwendiger Unterdruck Pze								
A) ohne Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) mit Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

ERGEBNISSE

Schornstein

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	15.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	6.4	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	60.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas Grd C	35.8	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	32.0	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur Grd C	46.4	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur Grd C	40.6	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	1.0058	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	1.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	1.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck Pa	29.9	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung Pa	4.8	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	-.0	.0	.0	.0				
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz								
A) ohne Sicherheit Pa	25.2	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 25.2
B) mit Sicherheit Pa	22.8	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 22.8

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Temperatur-Bedingung Tiob >= Tg erfuellt: ja (Grenztemperatur = .0 Grd C)
Innenwandtemp. Austritt = 32.0 Grd C)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H6 , Seite 4
zum Bericht vom 08.10.90

DRUCK- UND TEMPERATURVERHAELTNISSE IN SCHORNSTEINEN UND VERBINDUNGSTUECKEN
UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER KONDENSATION

Allgemeine Eingabedaten

Waermeerzeuger

Brennstoff	--	Erdgas
Nennwaermeleistung	KW	30.00
Wirkungsgrad	%	100.00
CO2-Gehalt	%	7.77
Abgasmassenstrom	kg/s	.01600 *)
Abgastemperatur am Abgasstutzen	Grd C	60.00
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.00
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.00

Grundwerte der Berechnung

Aussenluftdruck	Pa	93200.00
Gaskonstante Luft	J/kg*K	288.00
Gaskonstante Abgas	J/kg*K	290.00
Taupunkttemperatur	Grd C	52.00
Bewertungsfaktor Kondensationswaerme	--	.25
spez. Waerme Abgas (fehl. Temp.beh.)	J/kg*K	1079.40 *)
spez. Waerme Abgas (Temp.beharrung)	J/kg*K	1080.48 *)
Waermeleitzahl Abgas (fehl. Temp.beh.)	W/m*K	.02665 *)
Waermeleitzahl Abgas (Temp.beharrung)	W/m*K	.02710 *)
kin. Viskositaet Abgas (fehl. Temp.beh.)	m**2/s	1.64483E-05 *)
kin. Viskositaet Abgas (Temp.beharrung)	m**2/s	1.70400E-05 *)
Verh. Verbrennungsluft-/Abgasmenge	--	.90
Korrekturfaktor fuer		
fehlende Temperaturbeharrung	--	.50
stroemungst. Sicherheitszahl		
fuer 20.0 % Abgasmehrbelastung	--	1.50

*) der Wert wurde berechnet (Schornstein)

Eingabedaten fuer Schornstein
Abschn. 1

wirksame Hoehe	m	26.00
gestreckte Laenge	m	26.00
lichter Querschnitt	m**2	.01539
innerer Umfang	m	.43982
Rauhigkeit Innenwand	mm	2.00
Waermedurchlasswiderst.	m**2*K/W	.65000
Summe der Einzelwider.	--	.00
Waermeueb. Koeff. aussen	W/m**2*K	8.00
Durchmesser aussen	m	.335

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H6 , Seite 5
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER DRUCKBEDINGUNG UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER KONDENSATION

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei fehlender Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

E R G E B N I S S E	Verbindungsstueck							
	Abschnitt 1	Abschnitt 2	Abschnitt 3	Abschnitt 4				
Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	.0	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas Grd C	.0	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur Grd C	.0	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	.0000	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung Pa	.0	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	.0	.0	.0	.0				
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger Pa	.0							
notw. Foerderdruck Zuluft Pa	3.0							
notwendiger Unterdruck Pze								
A) o h n e Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) m i t Sicherheit Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

E R G E B N I S S E	Schornstein							
	Abschnitt 1	Abschnitt 2	Abschnitt 3	Abschnitt 4				
Umgebungstemperatur (Eingabewert) Grd C	15.0	.0	.0	.0				
Waermeueber. Koeffizient. innen W/m**2*K	13.3	.0	.0	.0				
Eintrittstemperatur Abgas Grd C	60.0	.0	.0	.0				
Austrittstemperatur Abgas Grd C	35.9	.0	.0	.0				
Innenwandtemperatur Austritt Grd C	32.0	.0	.0	.0				
Mittl. Abgastemperatur Grd C	45.6	.0	.0	.0				
Mittl. Wandtemperatur Grd C	39.9	.0	.0	.0				
Mittl. Dichte Abgas kg/m**3	1.0083	.0000	.0000	.0000				
Mittl. Abgasgeschwindigkeit m/s	1.0	.0	.0	.0				
Abgasgeschwindigkeit am Austritt m/s	1.0	.0	.0	.0				
Ruhedruck Pa	29.3	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Reibung Pa	4.6	.0	.0	.0				
Widerst. Druck d. Formwiderstand Pa	.0	.0	.0	.0				
Druckaend. d. Geschw. Aenderung Pa	-.0	.0	.0	.0				
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz								
A) o h n e Sicherheit Pa	24.7	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 24.7
B) m i t Sicherheit Pa	22.4	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 22.4

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Druck-Bedingung Pz - Pze >= 0 erfuehlt:	ja	(mit Sicherheit: Pz - Pze = 19.4 Pa)
Minimaler Unterdruck erfuehlt:	ja	(minimaler Unterdruck = 6.6 Pa)
Minimale Geschwindigkeit erfuehlt:	ja	(minimale Geschwindigkeit = .5 m/s)
Maximale Schlankheit erfuehlt:	ja	(maximale Schlankheit = 187.4 --)

Musterschornstein
Auftr.-Nr. 0000000

Anlage H6 , Seite 6
zum Bericht vom 08.10.90

UEBERPRUEFUNG DER TEMPERATURBEDINGUNG UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER KONDENSATION

Druck- und Temperaturverhaeltnisse bei Temperaturbeharrung

Aussenlufttemperatur: 15.0 Grd C, Dichte der Aussenluft: 1.1231 kg/m**3

ER G E B N I S S E

Verbindungsstueck

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert)	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Waermeueber. Koeffizient. innen	W/m**2*K	.0		.0		.0		.0	
Eintrittstemperatur Abgas	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Austrittstemperatur Abgas	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Innenwandtemperatur Austritt	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Mittl. Abgastemperatur	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Mittl. Wandtemperatur	Grd C	.0		.0		.0		.0	
Mittl. Dichte Abgas	kg/m**3	.0000		.0000		.0000		.0000	
Mittl. Abgasgeschwindigkeit	m/s	.0		.0		.0		.0	
Abgasgeschwindigkeit am Austritt	m/s	.0		.0		.0		.0	
Ruhedruck	Pa	.0		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Reibung	Pa	.0		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Formwiderstand	Pa	.0		.0		.0		.0	
Druckaend. d. Geschw. Aenderung	Pa	.0		.0		.0		.0	
notw. Foerderdruck Waermeerzeuger	Pa	.0							
notw. Foerderdruck Zuluft	Pa	3.0							
notwendiger Unterdruck Pze									
A) o h n e Sicherheit	Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0
B) m i t Sicherheit	Pa	3.0	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pze = 3.0

ER G E B N I S S E

Schornstein

Abschnitt 1 Abschnitt 2 Abschnitt 3 Abschnitt 4

Umgebungstemperatur (Eingabewert)	Grd C	15.0		.0		.0		.0	
Waermeueber. Koeffizient. innen	W/m**2*K	17.4		.0		.0		.0	
Eintrittstemperatur Abgas	Grd C	60.0		.0		.0		.0	
Austrittstemperatur Abgas	Grd C	46.8		.0		.0		.0	
Innenwandtemperatur Austritt	Grd C	44.6		.0		.0		.0	
Mittl. Abgastemperatur	Grd C	51.9		.0		.0		.0	
Mittl. Wandtemperatur	Grd C	48.8		.0		.0		.0	
Mittl. Dichte Abgas	kg/m**3	.9887		.0000		.0000		.0000	
Mittl. Abgasgeschwindigkeit	m/s	1.0		.0		.0		.0	
Abgasgeschwindigkeit am Austritt	m/s	1.0		.0		.0		.0	
Ruhedruck	Pa	34.3		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Reibung	Pa	4.7		.0		.0		.0	
Widerst. Druck d. Formwiderstand	Pa	.0		.0		.0		.0	
Druckaend. d. Geschw. Aenderung	Pa	-.0		.0		.0		.0	
Unterdruck an der Abgaseinf. Pz									
A) o h n e Sicherheit	Pa	29.6	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 29.6
B) m i t Sicherheit	Pa	27.2	+	.0	+	.0	+	.0	Σ Pz = 27.2

BEWERTUNG DER ERGEBNISSE

Temperatur-Bedingung Tiob >= Tg erfuellt: ja (Grenztemperatur = .0 Grd C)
Innenwandtemp. Austritt = 44.6 Grd C)

Anlage I, Blatt 1
zum Bericht vom
08.10.90

Ermittlung der maximalen Schornstein-Bauhöhe (Temperaturbedingung)

Bauliche und betriebliche Voraussetzungen für die Berechnung der maximalen Schornstein-Bauhöhen:

Wärmeerzeuger

Abgastemperatur	(°C)	40 bzw. 60
Abgasgeschwindigkeit	(m/s)	1

Schornstein

wirksame Höhe	(m)	variabel
gestreckte Länge	(m)	= wirksame Höhe
Querschnittsform	(-)	rund
lichte Weite	(m)	0,12; 0,14; 0,20; 0,30; 0,50
Wärmedurchlaßwiderstand	(m ² K/W)	0,12 (Ausführungsart I) 0,22 (Ausführungsart II) 0,65 (Ausführungsart III)

Grundwerte für die Berechnung

Außenluftdruck	(N/m ²)	93200
Umgebungstemperatur	(°C)	15
Umgebungstemperatur Mündung	(°C)	15
Wasserdampfataupunkttemperatur	(°C)	36 bzw. 52
spezif. Gaskonstante Luft	(J/kgK)	288
spezif. Gaskonstante Abgas	(J/kgK)	290
Wärmeübergangskoeff. außen	(W/m ² K)	8,0

Die Berechnungen erfolgten für den Fall der Temperaturbeharrung mit Berücksichtigung von 50 % bzw. 25 % der theoretisch entstehenden Kondensationswärme. Als Temperaturbedingung wurde angesetzt, daß die Abgastemperatur an der Schornsteinmündung mindestens 30 °C betragen muß.

Die sich aufgrund der Berechnungen ergebenden maximalen Bauhöhen für Schornsteine für Unterdruckbetrieb sind in den nachstehenden beiden Diagrammen abhängig vom Wärmedurchlaßwiderstand für ausgewählte Querschnitte dargestellt.

Anlage I, Blatt 1
zum Bericht vom
08.10.90

Bauliche und betriebliche Voraussetzungen für die Ermittlung der maximalen Schornstein-Bauhöhe (Temperaturbedingung)

Abgaswertetripel

Abgastemperatur am Eintritt	(°C)	40 bzw. 60
Abgasgeschwindigkeit	(m/s)	1
notwendiger Unterdruck an der Ab- einführung in den Schornstein	(Pa)	beliebig

Schornstein

wirksame Höhe	(m)	variabel
gestreckte Länge	(m)	= wirksame Höhe
Querschnittsform	(-)	rund
lichte Weite	(m)	variabel
mittlere Rauigkeit der Innenwand	(m)	beliebig
Wärmedurchlaßwiderstand	(m ² K/W)	0,12 (Ausführungsart I) 0,22 (Ausführungsart II) 0,65 (Ausführungsart III)
Summe der Einzelwiderstands- zahlen	(-)	beliebig

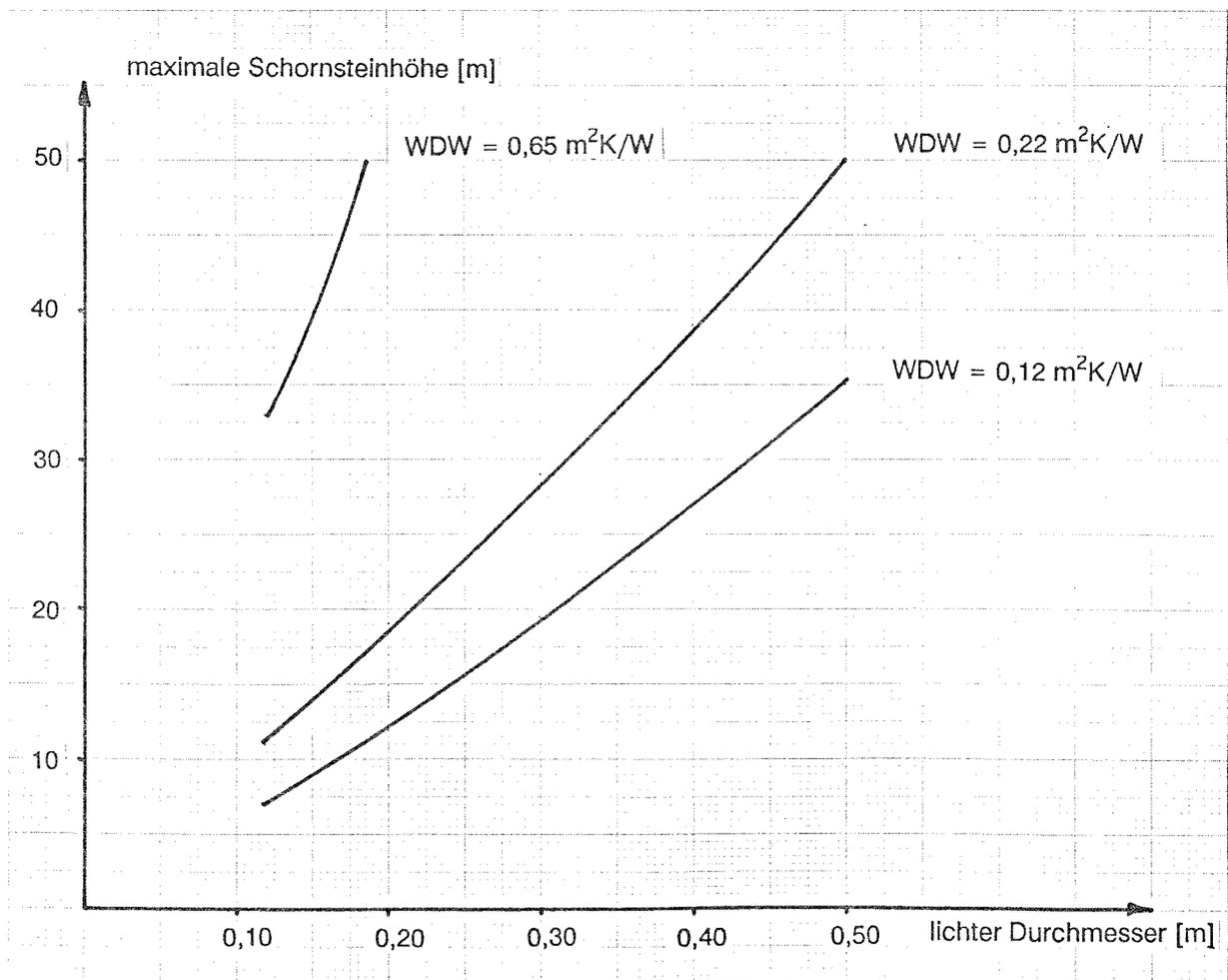
Grundwerte für die Berechnung

Außenluftdruck	(N/m ²)	93200
Umgebungstemperatur	(°C)	15
Umgebungstemperatur Mündung	(°C)	15
Wasserdampftaupunkttemperatur	(°C)	36 bzw. 52
spezif. Gaskonstante Luft	(J/kgK)	288
spezif. Gaskonstante Abgas	(J/kgK)	290
Wärmeübergangskoeffizient außen	(W/m ² K)	8,0

Die Berechnungen erfolgten für den Fall der Temperaturbeharrung mit Berücksichtigung von 50 % bzw. 25 % der theoretisch entstehenden Kondensationswärme. Als Temperaturbedingung wurde angesetzt, daß die Abgastemperatur am Austritt aus dem Schornstein mindestens 30 °C betragen muß.

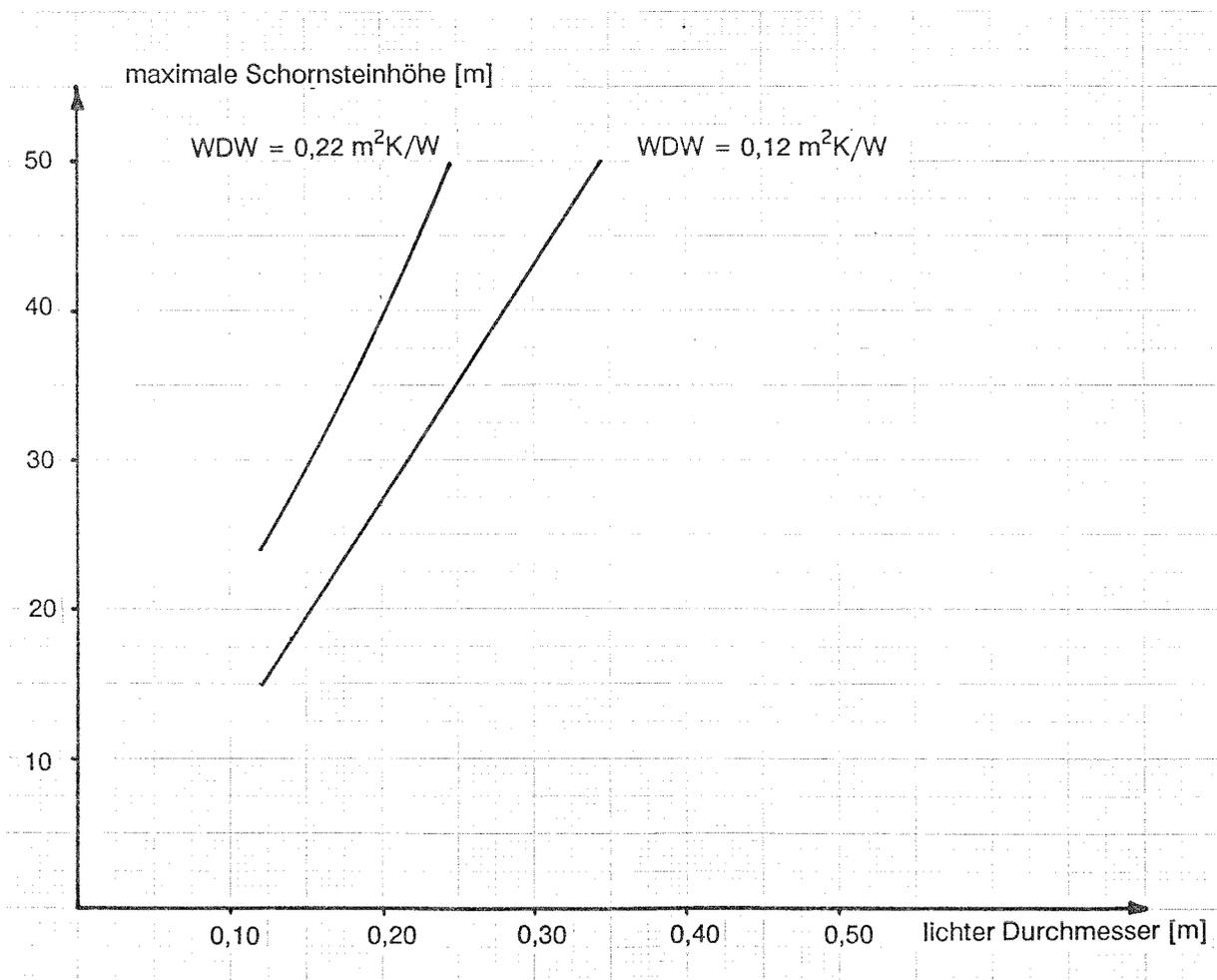
Anlage I, Blatt 2
zum Bericht vom
08.10.90

Maximalen Schornstein-Bauhöhe für eine Abgastemperatur am Eintritt in den Schornstein von 40 °C (Wasserdampftaupunkttemperatur 36 °C)



Anlage I, Blatt 3
zum Bericht vom
08.10.90

Maximalen Schornstein-Bauhöhe für eine Abgastemperatur am Eintritt in
den Schornstein von 60 °C (Wasserdampftaupunkttemperatur 52 °C)



Anlage J
zum Bericht vom
08.10.90

Schematische Darstellung des Einsatzbereiches eines Schornsteins

- Vorgaben:
- Wärmeerzeuger und Verbindungsstück
 - Schornstein
- Abgastemperatur am Eintritt in den Schornstein,
notwendiger Förderdruck
Querschnittsform und lichte Weite, Wärmedurchlaßwiderstand
mittlere Rauigkeit der Innenwand, Einzelwiderstandszahlen
Anteil der Schornsteinfläche im Freien

