

Berechnung von Schornsteinabmessungen

Näherungsverfahren für einfach belegte Schornsteine

DIN
4705
Teil 2

Calculation of inside dimensions of chimneys; approximately method for single covered chimneys

Inhalt

	Seite		Seite
1 Geltungsbereich und Zweck	1	8 Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein	3
2 Begriffe	1	8.1 Ausführungsart des Schornsteins	3
2.1 Einfach belegter Schornstein	1	8.2 Abgastemperatur am Schornsteineintritt	4
2.2 Mehrfach belegter Schornstein	1	8.3 Querschnittsform	4
2.3 Wirksame Schornsteinhöhe	1	8.4 Interpolation	4
2.4 Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein	1	9 Voraussetzungen, die den Diagrammen zugrunde liegen	4
2.5 Notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein	1	9.1 Abgasmassenstrom	4
3 Formelzeichen, Benennung, Einheiten	2	9.2 Notwendiger Förderdruck für den Wärmeerzeuger	4
4 Berechnungsverfahren	3	9.3 Abkühlzahl für das Verbindungsstück	4
5 Ermittlung des Abgasmassenstromes	3	9.4 Notwendiger Förderdruck für das Verbindungsstück	4
6 Ermittlung der Querschnitte	3	9.5 Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein	4
7 Notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein	3	10 Kontrolle	4
7.1 Notwendiger Förderdruck für den Wärmeerzeuger	3	Bilder 1 bis 36	5-40
7.2 Notwendiger Förderdruck für das Verbindungsstück	3	Tabellen 1 und 2	41-44
7.3 Notwendiger Förderdruck für die Zuluft	3	Anhang A Lineare Interpolation	45

1 Geltungsbereich und Zweck

Diese Norm gilt für die Bemessung von einfach belegten Schornsteinen mit konstantem Querschnitt, für Wärmeerzeuger mit Feuerungen für feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe. Die Norm gilt nur, wenn die in Abschnitt 9 genannten Voraussetzungen erfüllt sind.

Wenn die genannten Voraussetzungen nicht gegeben sind, so ist der Schornstein nach DIN 4705 Teil 1, zu berechnen.

Zweck dieser Norm ist es, aufgrund der Berechnungsgrundlagen, die in DIN 4705 Teil 1, ausgeführt sind, ein vereinfachtes Verfahren für die Berechnung von Schornsteinen festzulegen.

2 Begriffe

2.1 Einfach belegter Schornstein

Einfach belegt ist ein Schornstein, an dem eine Feuerstätte bzw. Feuerstätteneinheit mit einem Verbindungsstück angeschlossen ist.

2.2 Mehrfach belegter Schornstein

Mehrfach belegt ist ein Schornstein, in den mehrere Verbindungsstücke eingeführt sind.

2.3 Wirksame Schornsteinhöhe

Die wirksame Schornsteinhöhe H ist der Höhenunterschied zwischen der Abgaseinführung in den Schornstein und der Schornsteinmündung.

2.4 Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein

Der Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein P_Z ist der statische Unterdruck im Abgas unmittelbar über der Abgaseinführung in den Schornstein gegenüber dem statischen Druck der Luft im Freien in gleicher Höhe. Er ergibt sich aus dem Ruhedruck an dieser Stelle vermindert um den Widerstandsdruck für den Schornstein. Der Begriff „Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein“ entspricht dem bisher verwendeten Begriff „Zugstärke des Schornsteins“.

2.5 Notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein

Der notwendige Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein P_{Ze} setzt sich aus der Summe des notwendigen Förderdrucks für den Wärmeerzeuger P_W , des notwendigen Förderdrucks für das Verbindungsstück P_{FV} und des notwendigen Förderdrucks für die Zuluft P_L zusammen.

Weitere Begriffe sind in DIN 4705 Teil 1 enthalten.

Fortsetzung Seite 2 bis 45

3 Formelzeichen, Benennung, Einheiten

Die angegebenen Formelzeichen werden, soweit erforderlich, durch ein oder mehrere Indizes als Hinweis für Orte und Stoffe ergänzt.

Formelzeichen	Benennung	Einheiten		Umrechnung
		SI	bisher übliche nicht mehr gesetzliche Einheit	
a, b	lichte Weite	m	m	
A	Fläche	m ²	m ²	
c_p	Spezifische isobare Wärmekapazität des Abgases	$\frac{\text{J}}{\text{kg K}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$	$1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \approx 4190 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$
D	Durchmesser	m	m	
D_h	Hydraulischer Durchmesser	m	m	
H	Wirksame Schornsteinhöhe	m	m	
k	Wärmedurchgangskoeffizient	$\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h } ^\circ\text{C}}$	$1 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h } ^\circ\text{C}} \approx 1,16 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$
K	Abkühlzahl	-	-	
L	Gestreckte Länge	m	m	
$\dot{m}$	Abgasmassenstrom	kg/s	kg/h	
N_N	Nennwärmeleistung	W	kcal/h	$1 \text{ kcal/h} \approx 1,16 \text{ W}$
P_{EV}	Widerstandsdruck aus Reibung und Formwiderstand im Verbindungsstück	N/m ²	mmWS	$1 \text{ mmWS} \approx 9,81 \text{ N/m}^2$
P_{FV}	Notwendiger Förderdruck für das Verbindungsstück	N/m ²	mmWS	$1 \text{ mmWS} \approx 9,81 \text{ N/m}^2$
P_{GV}	Druckänderung durch Geschwindigkeitsänderung	N/m ²	mmWS	$1 \text{ mmWS} \approx 9,81 \text{ N/m}^2$
P_L	Notwendiger Förderdruck für die Zuluft	N/m ²	mmWS	$1 \text{ mmWS} \approx 9,81 \text{ N/m}^2$
P_W	Notwendiger Förderdruck für den Wärmeerzeuger	N/m ²	mmWS	$1 \text{ mmWS} \approx 9,81 \text{ N/m}^2$
P_Z	Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein	N/m ²	mmWS	$1 \text{ mmWS} \approx 9,81 \text{ N/m}^2$
P_{Ze}	Notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein	N/m ²	mmWS	$1 \text{ mmWS} \approx 9,81 \text{ N/m}^2$
r	Mittlere Rauigkeit der Innenwand	m	m	
S_E	Strömungstechnische Sicherheitszahl	-	-	
S_H	Korrekturfaktor für fehlende Temperaturbeharrung	-	-	
t	Temperatur	°C	°C	
T	Temperatur absolut	K	K	
U	Umfang	m	m	
α	Wärmeübergangskoeffizient	$\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h } ^\circ\text{C}}$	$1 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h } ^\circ\text{C}} \approx 1,16 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$
γ	Winkel bei Richtungsänderung	Grad	Grad	
$\left(\frac{1}{\Delta}\right)_b$	Wärmedurchlaßwiderstand	$\frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$	$\frac{\text{m}^2 \text{h } ^\circ\text{C}}{\text{kcal}}$	$1 \frac{\text{m}^2 \text{h } ^\circ\text{C}}{\text{kcal}} \approx 0,86 \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$
ψ	Rohrreibungszahl	-	-	
ζ	Widerstandszahl	-	-	

Als Hinweis für Orte und Stoffe werden folgende Indizes verwendet:

a	Außenseite
b	Temperaturbeharrung
e	Eintritt
i	Innenseite
L	Außenluft
o	Austritt
V	Verbindungsstück
W	Wärmeerzeuger



4 Berechnungsverfahren

Die Berechnung der Schornsteinabmessungen (Querschnitte bzw. Höhen) beruht auf dem Vergleich des Unterdruckes an der Abgaseinführung in den Schornstein, mit dem notwendigen Unterdruck an dieser Stelle, 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:

$$P_Z \geq P_W + P_{FV} + P_L \quad \text{in } \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad (1)$$

Vor der Berechnung der Druckgrößen nach Gleichung (1) müssen zunächst für die Nennwärmeleistung bzw. Feuerungsnennwärmeleistung und die vorgesehenen Brennstoffe die Abgasmassenströme nach Abschnitt 5 ermittelt werden. Mit dem Abgasmassenstrom $\dot{m}$ werden nach Abschnitt 6 die Querschnitte des Schornsteins und des Verbindungsstückes vorläufig festgelegt. Mit diesen Querschnitten werden die Druckgrößen der Gleichung (1) entsprechend den Abschnitten 7 und 8 und den Bildern 1 bis 36 bestimmt. Die den Bildern zugrundeliegenden Voraussetzungen sind im Abschnitt 9 zusammengestellt. Mit den Bedingungen des Abschnitts 10 wird geprüft, ob der vorläufig festgelegte Querschnitt funktionsgerecht ist.

5 Ermittlung des Abgasmassenstromes

Der Abgasmassenstrom $\dot{m}$, der zugehörige notwendige Förderdruck P_W und die Abgastemperatur T_W sind für die vorgesehenen Brennstoffe für die Nennwärmeleistung des Wärmeerzeugers vom Hersteller anzugeben. Liegen diese Angaben nicht vor, so kann der Abgasmassenstrom abhängig von der Nennwärmeleistung des Wärmeerzeugers N_N für die vorgesehene Brennstoffart aus Bild 1 entnommen werden.

Der Abgasmassenstrom kann auch mit DIN 4705 Teil 1*) Bilder 1 bis 6 abhängig vom CO_2 -Gehalt des Abgases bestimmt werden.

6 Ermittlung der Querschnitte

Die Ermittlung der Querschnitte erfolgt zweckmäßig nach dem in Tabelle 2 angegebenen Rechenschema. In diese Tabelle ist ein Rechenbeispiel eingetragen.

Mit Hilfe des Abgasmassenstromes $\dot{m}$ kann überschlägig aus Bild 3 der Querschnitt des Schornsteins vorläufig festgelegt werden. Für die weitere Rechnung ist der handelsübliche Querschnitt zu wählen, der dem vorläufig ermittelten Querschnitt am besten entspricht. Der Querschnitt des Verbindungsstückes ist zweckmäßig gleich dem Querschnitt des Schornsteins zu wählen.

Mit diesen Daten ist der notwendige Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein P_{Ze} , die Abgastemperatur am Schornsteineintritt T_e und der Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein P_Z zu ermitteln.

7 Notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein

Bauart und Ausführung des Verbindungsstückes sind zu ermitteln bzw. festzulegen.

Der notwendige Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein P_{Ze} läßt sich mit der nachfolgend angegebenen Gleichung berechnen:

$$P_{Ze} = P_W + P_{FV} + P_L \quad \text{in } \text{N/m}^2 \quad (2)$$

Er setzt sich aus dem notwendigen Förderdruck für den Wärmeerzeuger P_W , dem notwendigen Förderdruck für das Verbindungsstück P_{FV} und dem notwendigen Förderdruck für die Zuluft P_L zusammen.

7.1 Notwendiger Förderdruck für den Wärmeerzeuger

Der notwendige Förderdruck für den Wärmeerzeuger P_W ist, bezogen auf den lichten Querschnitt des Abgasstutzens, vom Hersteller anzugeben. Liegen keine Angaben vor, so ist für Wärmeerzeuger, die den Anforderungen der DIN 4702 Teil 1 Ausgabe Januar 1967, entsprechen, der notwendige Förderdruck aus Bild 2 zu ermitteln.

7.2 Notwendiger Förderdruck für das Verbindungsstück

Der notwendige Förderdruck für das Verbindungsstück P_{FV} ist der durch das Abführen des Abgases infolge Ruhe- und Widerstandsdruck im Verbindungsstück verursachte Druckunterschied zwischen dessen Anfang und Ende. Bei Vernachlässigung des Ruhedruckes P_{HV} ist der notwendige Förderdruck für das Verbindungsstück P_{FV} aus dem Widerstandsdruck aus Reibung und Formwiderstand P_{EV} , der Druckänderung durch Geschwindigkeitsänderung P_{GV} und der strömungstechnischen Sicherheitszahl S_E nach Gleichung (3) zu bestimmen

$$P_{FV} = S_E (P_{EV} + P_{GV}) \quad \text{in } \text{N/m}^2 \quad (3)$$

Die strömungstechnische Sicherheitszahl S_E ist mit 1,5 anzusetzen. Der Widerstandsdruck aus Reibung und Formwiderstand P_{EV} ist aus Bild 6 zu entnehmen.

Die Summe der Einzelwiderstandszahlen $\Sigma \zeta$ setzt sich aus den Widerstandszahlen ζ für Umlenkungen, Querschnittsänderungen sowie der Widerstandszahl für den Abgaseintritt in den Schornstein zusammen. Die Werte sind Tabelle 1 zu entnehmen. Die Druckänderung durch Geschwindigkeitsänderung P_{GV} ist mit Bild 6 zu ermitteln, wenn der Schornsteinquerschnitt kleiner als der Querschnitt des Abgasstutzens ist. Ist der Schornsteinquerschnitt gleich oder größer als der Querschnitt des Abgasstutzens, gilt $P_{GV} = 0$.

7.3 Notwendiger Förderdruck für die Zuluft

Der notwendige Förderdruck für die Zuluft P_L ist für Aufstellungsräume mit Lüftungsanlagen für Heizräume mit 3 N/m^2 und für Räume ohne Lüftungsanlagen – Lüftungsanlagen, die nur Luft im Aufstellungsraum umwälzen, bleiben außer Betracht – mit mindestens 4 N/m^2 anzusetzen.

8 Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein

Der Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein P_Z ist vom Abgasmassenstrom, von der Schornsteinhöhe, von der Schornstein-Ausführungsart, von der Abgastemperatur am Schornsteineintritt, vom Schornsteinquerschnitt und von der Querschnittsform abhängig. Der Unterdruck an der Abgaseinführung ist aus den Bildern 7 bis 36 zu entnehmen.

8.1 Ausführungsart des Schornsteins

Bauart und Ausführung des Schornsteins sind zu ermitteln bzw. festzulegen.

Die durch Wärmedurchlaßwiderstand und Rauigkeit gemäß Abschnitt 9.5 bestimmte Ausführungsart ist vom Hersteller des Schornsteins anzugeben. Liegen keine Angaben vor, kann für einzelne Schornsteinbauarten der Wärmedurchlaßwiderstand aus den Bildern 7 bis 10 DIN 4705 Teil 1*) und die mittlere Rauigkeit der Innenwand aus Tabelle 2 DIN 4705 Teil 1*) entnommen werden. Hierbei ist die Ausführungsart entsprechend dem ungünstigsten Einzelwert festzulegen.

*) Ausgabe September 1979

8.2 Abgastemperatur am Schornsteineintritt

Die Abgastemperatur am Schornsteineintritt T_e ist mit Bild 5 aus der Abgastemperatur des Wärmeerzeugers T_W und der Abkühlzahl des Verbindungsstückes K_V zu bestimmen. Die Abkühlzahl K_V kann aus Bild 4 entnommen werden.

8.3 Querschnittsform

Den Bildern 7 bis 36 liegt ein runder Schornsteinquerschnitt zugrunde.

Für quadratische Querschnittsformen ist der Unterdruck an der Abgaseinführung P_Z aus den Bildern 7 bis 36 mit 95% des handelsüblichen Querschnitts zu bestimmen ($\bar{A} = 0,95 \cdot A$).

Für rechteckige Querschnittsformen mit einem Seitenverhältnis bis 1 : 1,5 sind 90% des handelsüblichen Querschnitts einzusetzen ($\bar{A} = 0,9 \cdot A$).

8.4 Interpolation

Weicht die Abgastemperatur am Schornsteineintritt oder die Schornsteinhöhe wesentlich von den Werten der Bilder 7 bis 36 ab, ist der Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein durch Interpolation zwischen den angrenzenden Werten der Diagramme zu ermitteln. Die Interpolation kann nach dem im Anhang enthaltenen Rechenschema erfolgen.

9 Voraussetzungen, die den Diagrammen zugrunde liegen

Die Bilder 1 bis 36 sind mit den Gleichungen von DIN 4705 Teil 1 *) berechnet. Die Berechnungen sind mit einer Außenlufttemperatur von 15 °C (≈ 288 K), einem Außenluftdruck von 93 200 N/m² und einer spezifischen Gas-konstante des Abgases von 290 J/kg K durchgeführt.

9.1 Abgasmassenstrom

Dem Bild 1 liegen die nach DIN 4702 Teil 1, Ausgabe Januar 1967, von Heizkesseln einzuhaltenden Luftverhältniszahlen und Wirkungsgrade zugrunde.

9.2 Notwendiger Förderdruck für den Wärmeerzeuger

Dem in Bild 2 dargestellten notwendigen Förderdruck für den Wärmeerzeuger P_W liegen die in der DIN 4702 Teil 1 genannten Werte für Heizkessel zugrunde.

9.3 Abkühlzahl für das Verbindungsstück

In Bild 4 ist der Wärmedurchgangskoeffizient für das Verbindungsstück mit $k_V = 2$ W/m² K und die spezifische isobare Wärmekapazität c_p mit 1050 J/kg K eingesetzt.

9.4 Notwendiger Förderdruck für das Verbindungsstück

Die in Gleichung (3) enthaltenen Werte P_{EV} und P_{GV} sind aus Bild 6 zu ermitteln. Bild 6 liegt eine mittlere Abgastemperatur im Verbindungsstück von 200 °C (≈ 473 K) zugrunde. Der notwendige Förderdruck für das Verbindungsstück kann für mittlere Abgastemperaturen im Verbindungsstück bis zu 250 °C (≈ 523 K) mit ausreichender Genauigkeit aus diesem Diagramm entnommen werden.

Der notwendige Förderdruck kann bei Abgastemperaturen im Verbindungsstück zwischen 250 °C und 400 °C dadurch bestimmt werden, daß die aus Bild 6 ermittelten Werte mit dem Faktor $(T_W + T_e)/946$ multipliziert werden. T_W und T_e sind in K einzusetzen.

*) Siehe Seite 3

9.5 Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein

Den Bildern 7 bis 36 liegen für die Berechnung des Unterdruckes Abgastemperaturen von 140 °C (≈ 413 K), von 190 °C (≈ 463 K) und von 240 °C (≈ 513 K), die maßgebenden Bauartkenngrößen von drei Schornstein-Ausführungsarten und ein runder Querschnitt zugrunde.

Für die drei Schornstein-Ausführungsarten sind nachstehende maßgebende Bauartkennwerte eingesetzt.

Ausführungsart I

$$\text{Wärmedurchlaßwiderstand} \quad \left(\frac{1}{\Delta}\right)_b = 0,65 \quad \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$\text{Rauhigkeit} \quad r = 0,002 \text{ m}$$

Ausführungsart II

$$\text{Wärmedurchlaßwiderstand} \quad \left(\frac{1}{\Delta}\right)_b = 0,22 \quad \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$\text{Rauhigkeit} \quad r = 0,002 \text{ m}$$

Ausführungsart III

$$\text{Wärmedurchlaßwiderstand} \quad \left(\frac{1}{\Delta}\right)_b = 0,12 \quad \frac{\text{m}^2 \text{K}}{\text{W}}$$

$$\text{Rauhigkeit} \quad r = 0,005 \text{ m}$$

Der Wärmeübergangskoeffizient α_a an den Außenflächen ist mit 8 W/m² K angesetzt. Ferner ist die Abhängigkeit des äußeren vom inneren Durchmesser durch die Beziehung $D_{ha} = 1,25 D_{hi} + 0,16$ in m zugrundegelegt.

Den Berechnungen liegt ein Korrekturfaktor für fehlende Temperaturbeherrschung von $S_H = 0,5$ und eine strömungstechnische Sicherheitszahl von $S_E = 1,5$ zugrunde (siehe DIN 4705 Teil 1 *) Abschnitte 7.1.3 und 7.2.5).

Die Bilder 7 bis 36 können bis zu einer Abgastemperatur von maximal 400 °C (≈ 673 K) an der Abgaseinführung in den Schornstein unter der Voraussetzung verwendet werden, daß die Werte für eine Abgastemperatur von 240 °C bestimmt werden.

Eine Verwendung der Bilder 7 bis 36 für Abgastemperaturen unter 140 °C ist nicht ohne weiteres möglich.

Für Schornsteine, die an eine Außenwand angebaut oder angehängt sind sowie für frei stehende Schornsteine, kann die Bemessung ebenfalls nach dem Normblatt erfolgen. Voraussetzung dazu ist, daß durch eine zusätzliche Wärmedämmung die Abgase nicht stärker als bei entsprechenden innenliegenden Schornsteinen abgekühlt werden.

10. Kontrolle

Bei richtiger Festlegung der Schornsteinabmessungen muß die Bedingung

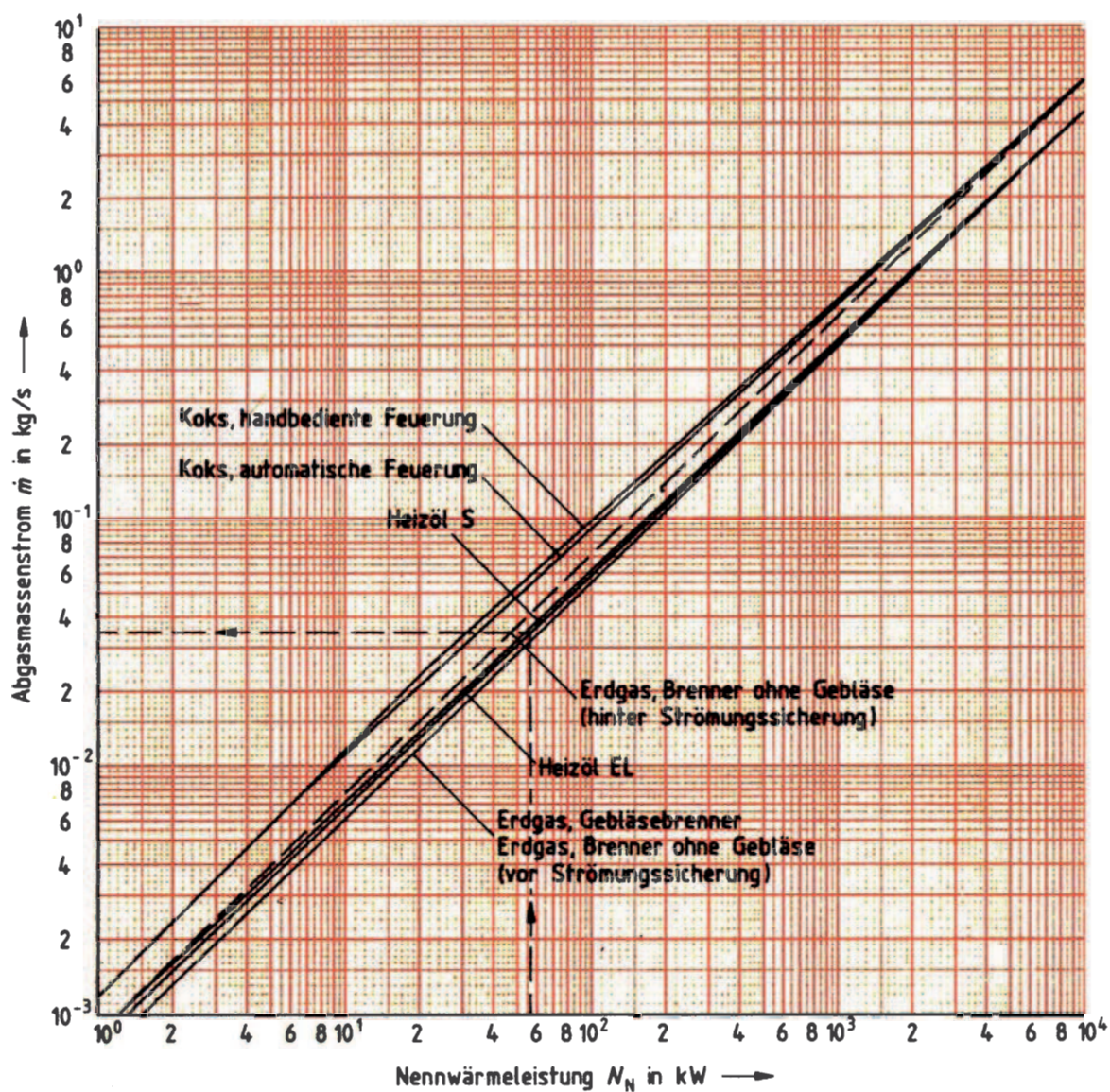
$$P_Z - P_{Ze} \geq 0 \quad (4)$$

erfüllt sein.

Für $P_Z - P_{Ze} > 0$ ist durch eine zusätzliche Rechnung zu prüfen, ob die Bedingung (4) auch mit dem nächst kleineren handelsüblichen Querschnitt erfüllt ist. Die Nachrechnung kann entfallen, wenn $(P_Z - P_{Ze})/P_{FV} < 0,4$ ist.

Ist $P_Z - P_{Ze} < 0$, muß die Berechnung mit einem größeren handelsüblichen Querschnitt wiederholt werden.

Ist bei den vorgegebenen Werten kein Querschnitt zu finden, der die Bedingung (4) erfüllt, ist die Feuerungsanlage durch Veränderung einzelner Einflußfaktoren wie Schornsteinhöhe, Schornsteinbauart, Länge, Gestaltung und Bauart des Verbindungsstückes, notwendiger Förderdruck für den Wärmeerzeuger usw. an die Bedingungen anzupassen. Der notwendige Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein kann z. B. durch Vergrößerung des Querschnitts bzw. durch strömungsgünstige Gestaltung des Verbindungsstückes oder durch Wahl eines Wärmeerzeugers anderer Bauart wie z. B. Kessel für Überdruckfeuerung oder durch Einbau eines Saugzuggebläses usw. herabgesetzt werden.

Bild 1. Abgasmassenstrom $\dot{m}$ in Abhängigkeit von der Nennwärmeleistung N_N

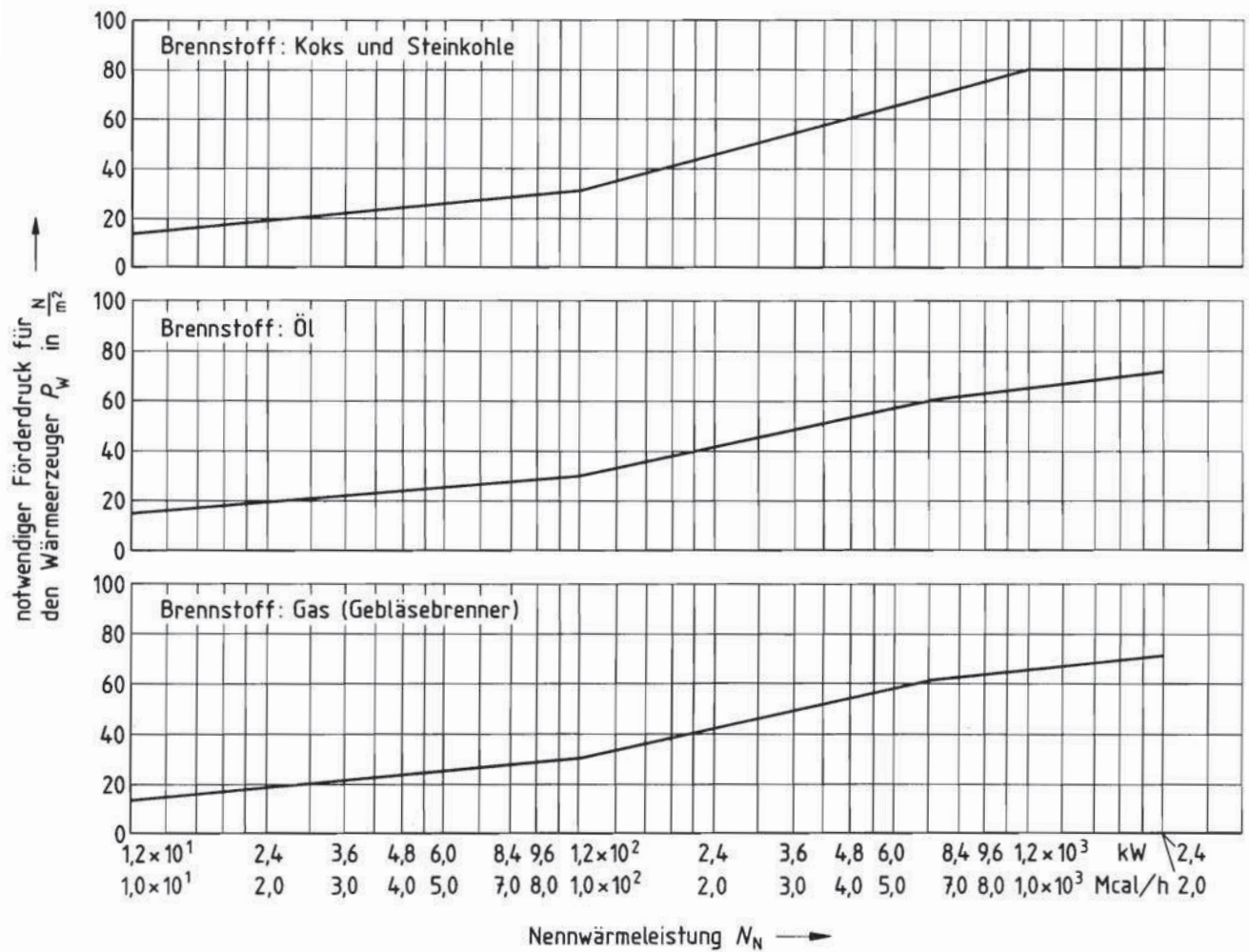
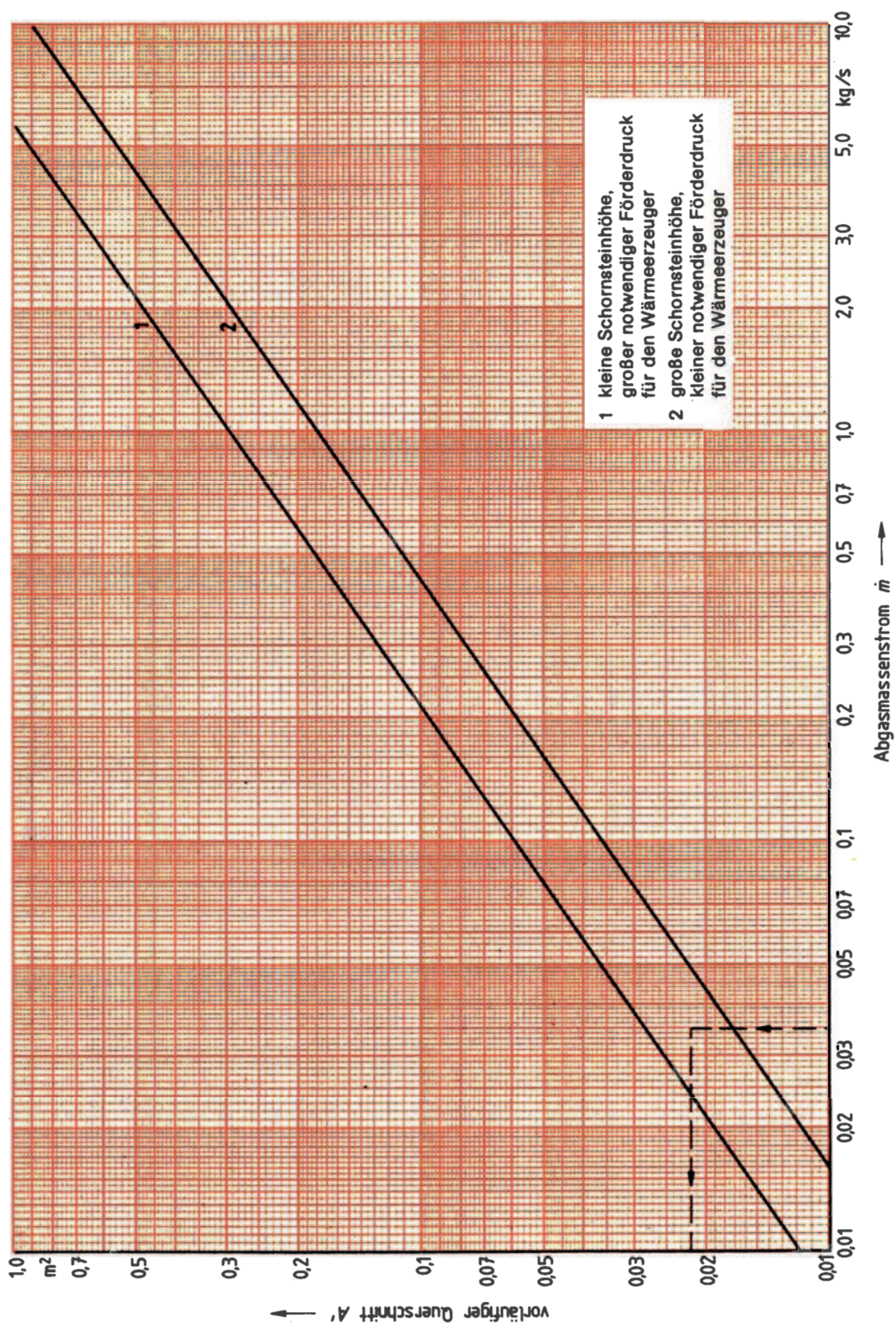
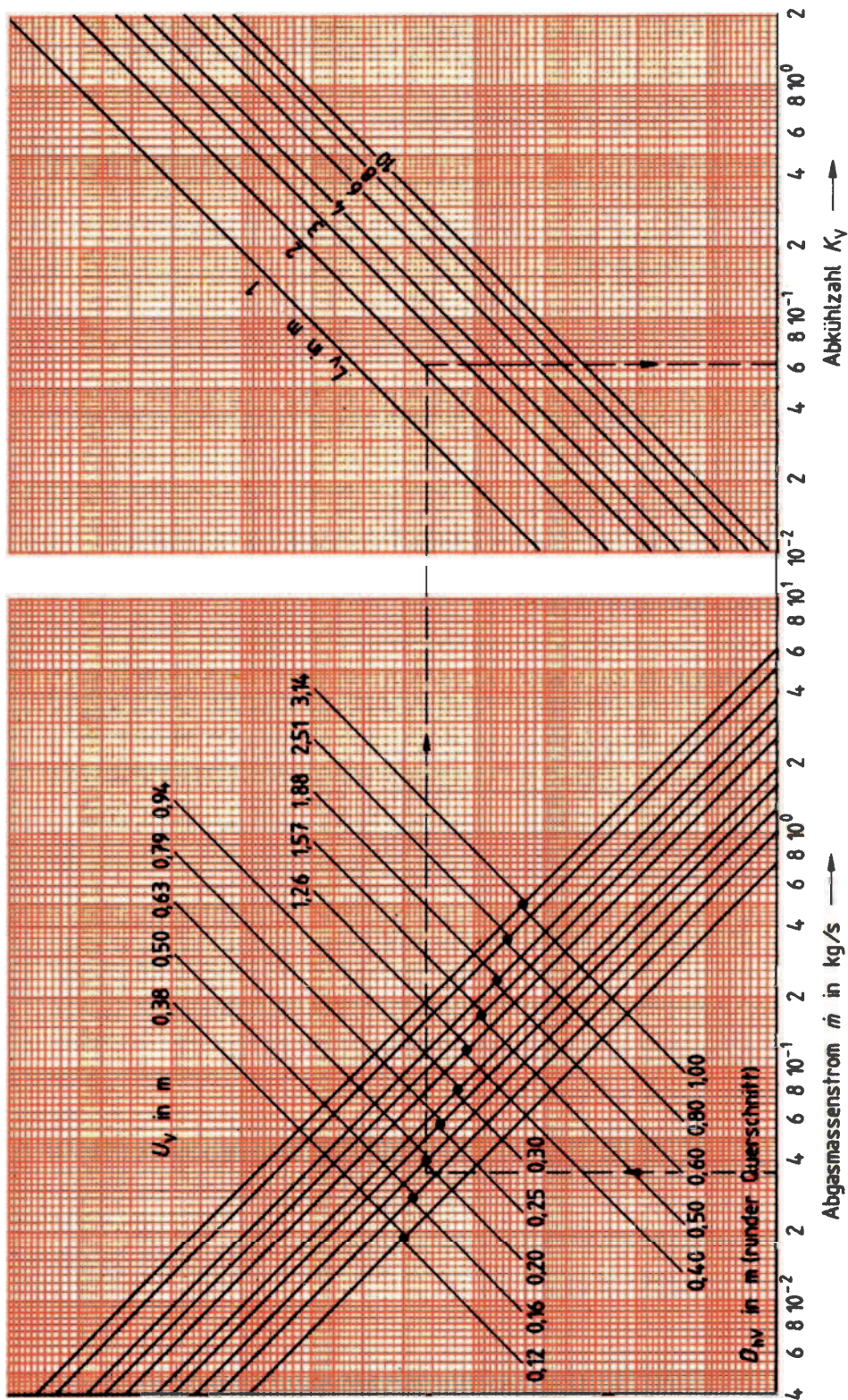


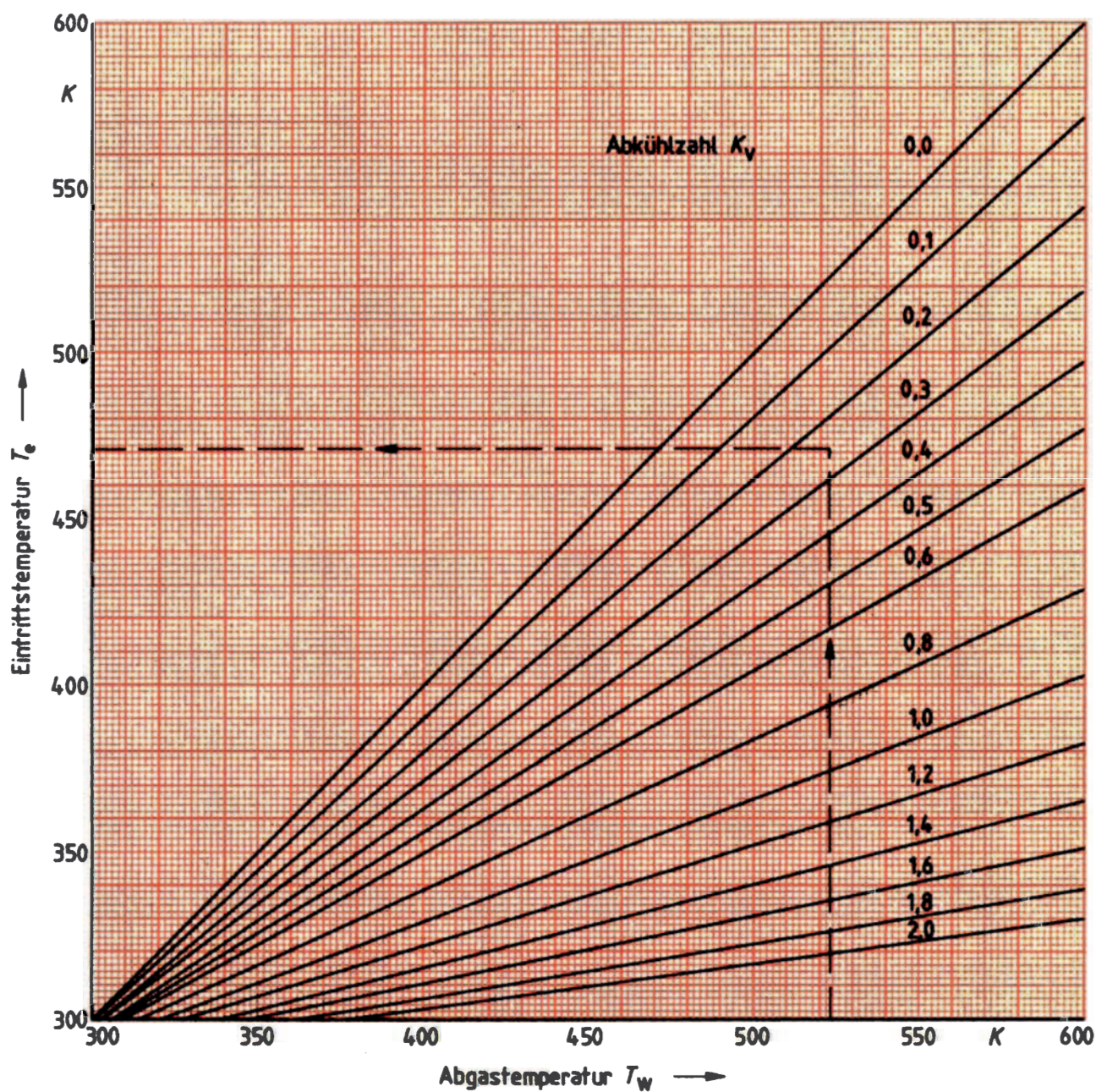
Bild 2. Notwendiger Förderdruck für den Wärmeerzeuger P_W in Abhängigkeit von der Nennwärmeleistung N_N nach DIN 4702 Teil 1

Bild 3. Vorläufiger Schornsteinquerschnitt A' in Abhängigkeit vom Abgasmassenstrom $\dot{m}$



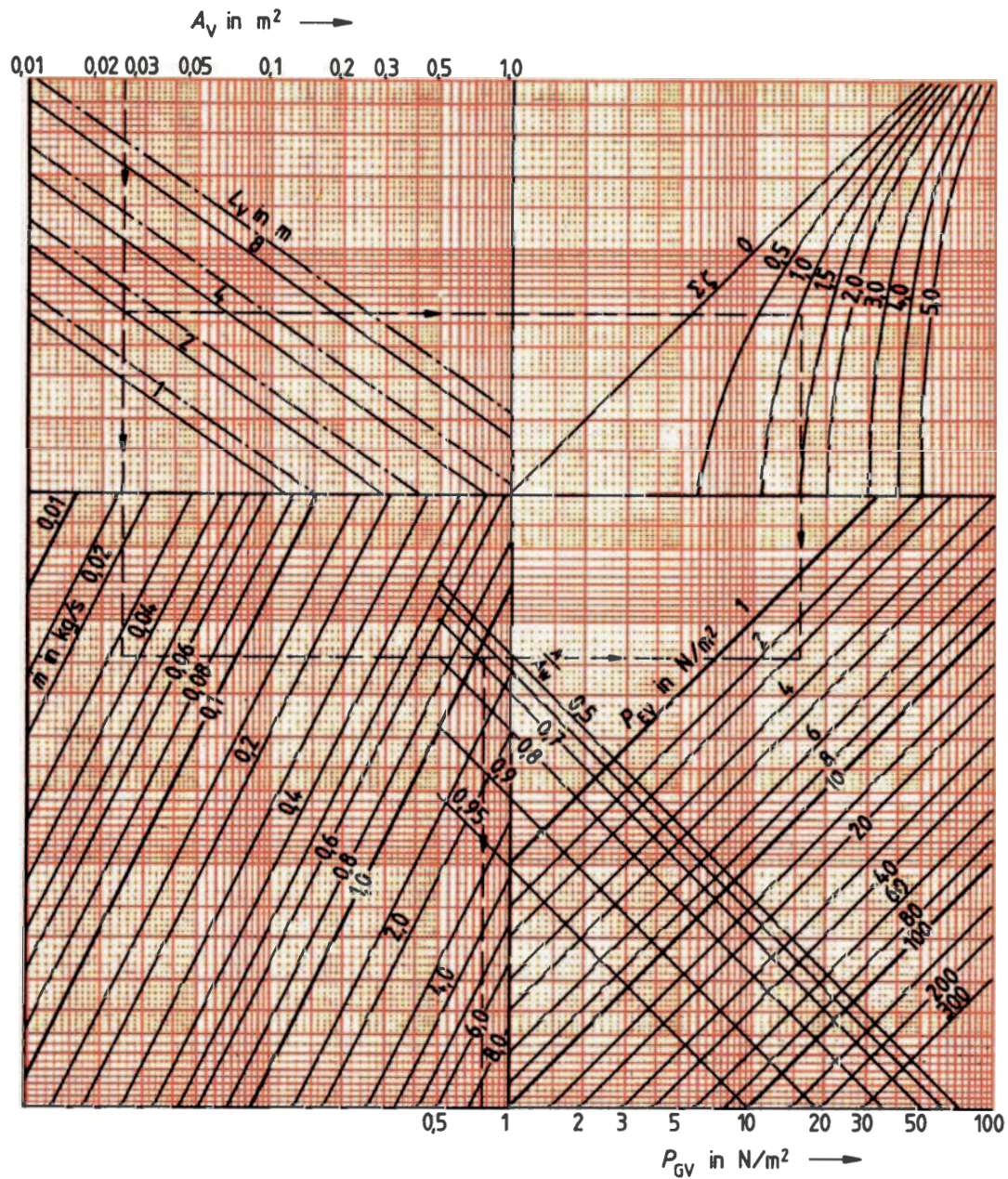
--- Rechenbeispiel Tabelle 2 (1. Rechnung)

Bild 4. Abkühlzahl K_v für das Verbindungsstück für eine Ausführung in Stahlblech mit Wärmedämmung. Dämmschichtdicke $\geq 0,03$ m
Für nicht wärmegeleitete Verbindungsstücke sind die Werte zu vervierfachen



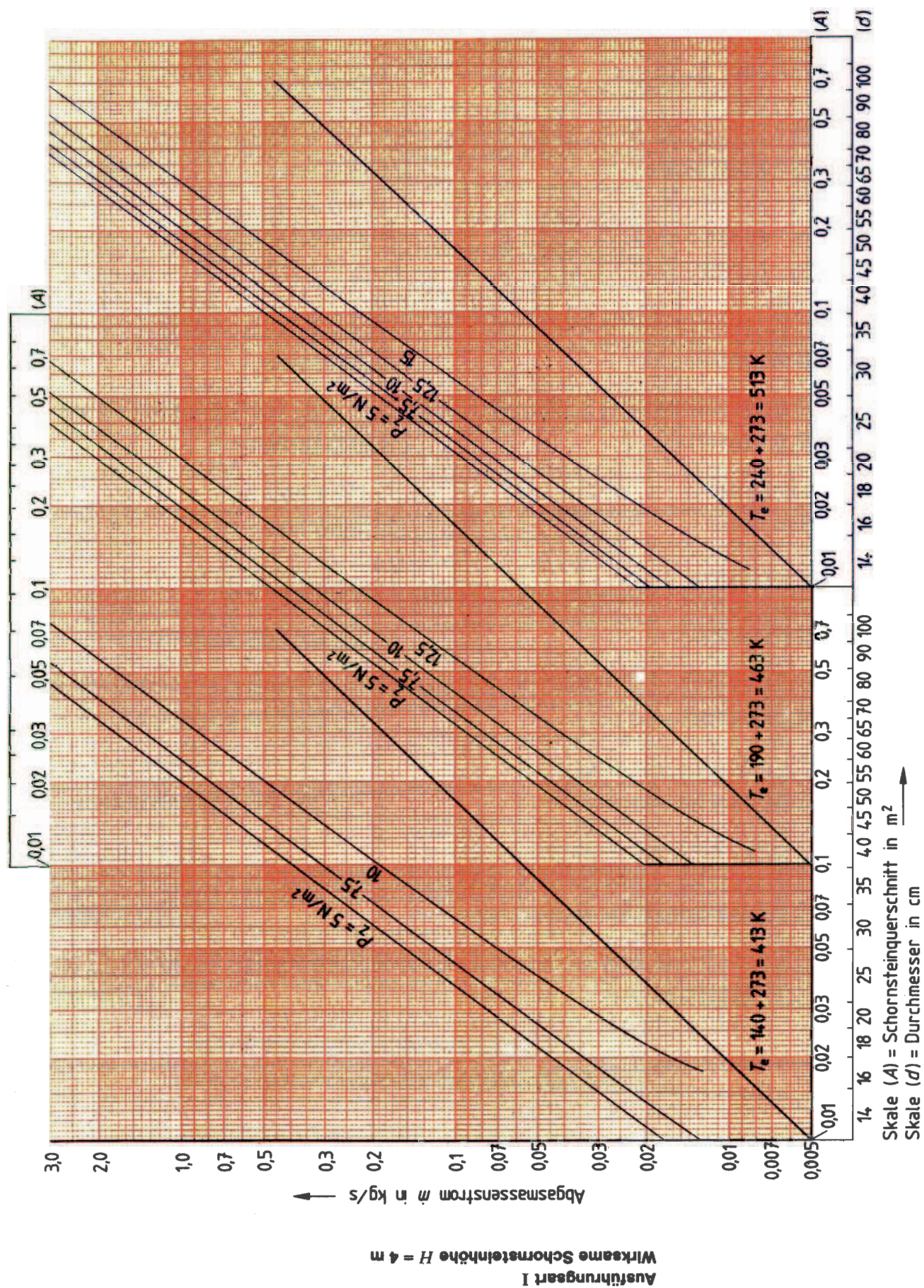
--- Rechenbeispiel Tabelle 2 (1. Rechnung)

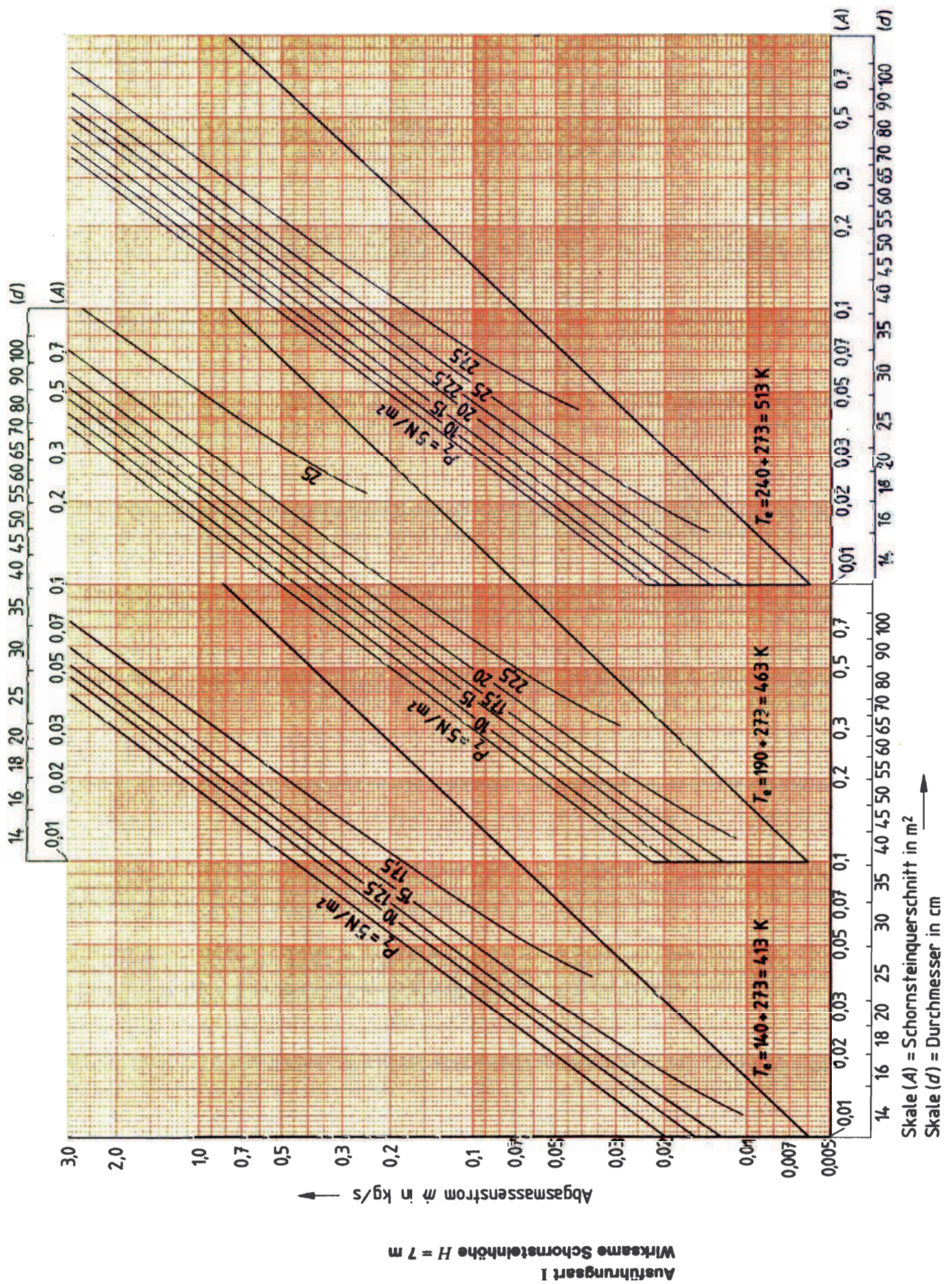
Bild 5. Abgastemperatur am Schornsteineintritt T_e abhängig von der Abgastemperatur des Wärmeerzeugers T_w und der Abkühlzahl des Verbindungsstückes K_v

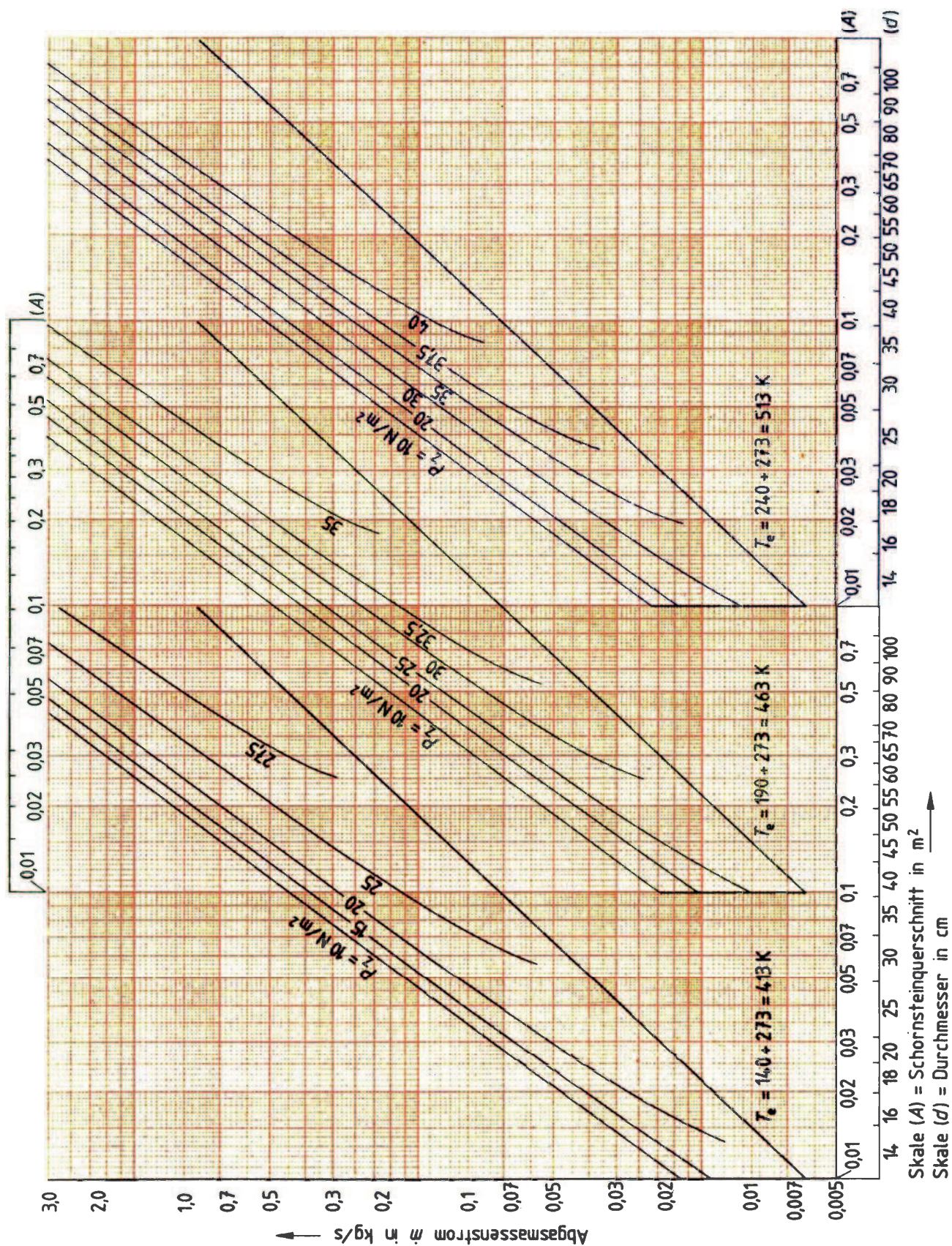


- Verbindungsstück aus Formstücken oder aus Stahlrohr
- . — Verbindungsstück aus Mauerwerk
- - - Rechenbeispiel Tabelle 2 (1. Rechnung)

Bild 6. Widerstandsdruck aus Reibung und Formwiderstand P_{EV} sowie Druckänderung durch Geschwindigkeitsänderung P_{GV} im Verbindungsstück in N/m^2

Bild 7. Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein P_z in N/m^2

Bild 8. Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein P_z in N/m^2

Bild 9. Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein P_Z in N/m^2

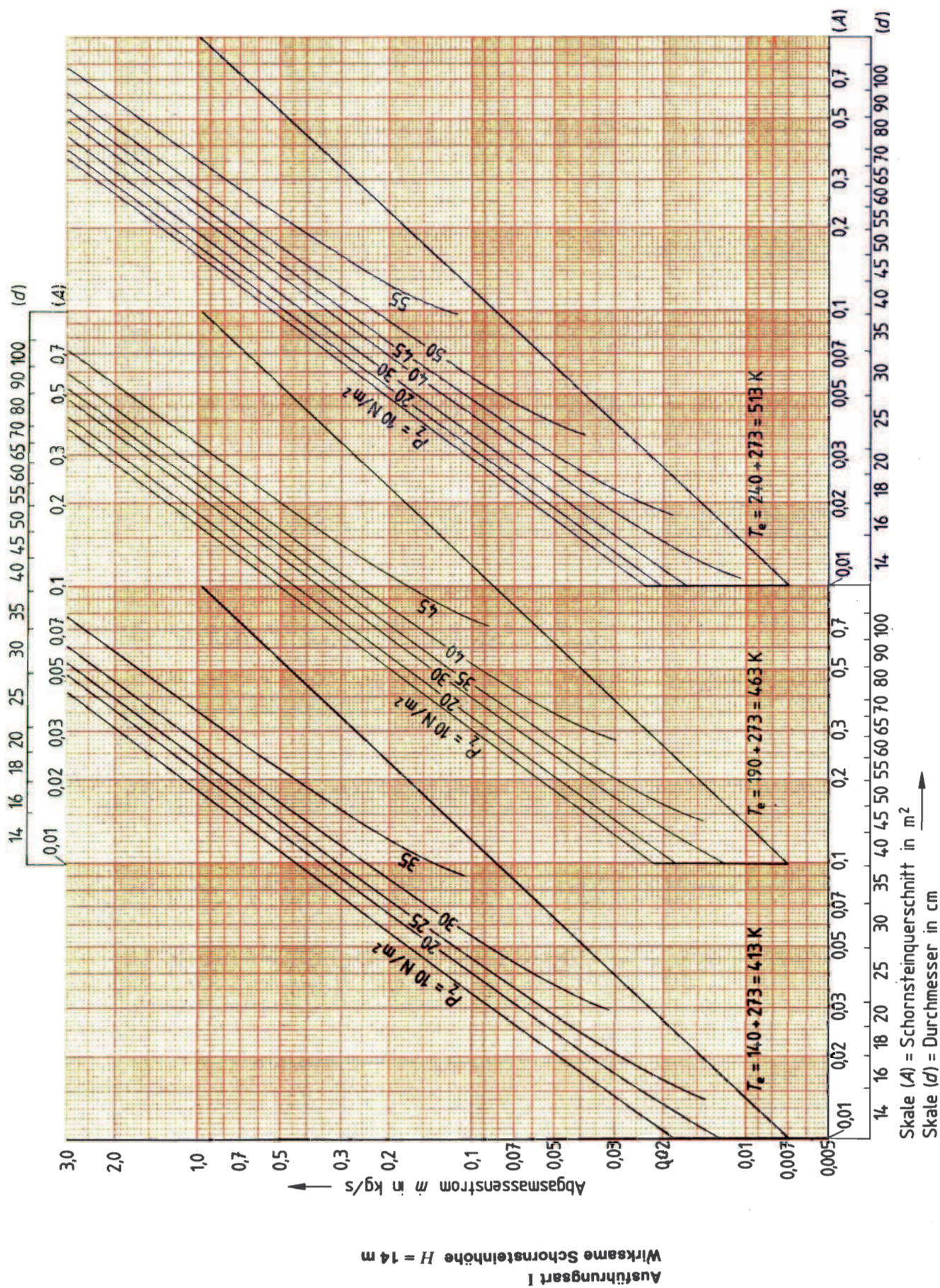


Bild 10. Unterdruck an der Abgaseinführung in den Schornstein P_Z in N/m^2