

	Abgasanlagen Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren Teil 1: Abgasanlagen mit einer Feuerstätte Deutsche Fassung EN 13384-1:2002	DIN EN 13384-1
ICS 91.060.40	Chimneys — Thermal and fluid dynamic calculation methods — Part 1: Cimneys serving one appliance; German version EN 13384-1:2002 Conduits de fumée — Méthodes de calcul thermo-aéraulique — Partie 1: Conduits de fumée ne desservant qu'un seul appareil; Version allemande EN 13384-1:2002 Die Europäische Norm EN 13384-1:2002 hat den Status einer Deutschen Norm. Nationales Vorwort Diese Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 166 „Abgasanlagen“ erarbeitet. Das zuständige deutsche Spiegelgremium ist der Arbeitsausschuss 1.06 „Schornsteinberechnung“ im Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Diese Norm enthält Festlegungen für die feuerungstechnische Bemessung von Querschnitten für Abgasanlagen. Der Begriff „Abgasanlagen“ ist ein Oberbegriff zu dem bisher in den nationalen Normen der Reihe DIN 4705 verwendeten Begriff „Schornstein“. Nach den derzeit gültigen Landesbauordnungen der Bundesländer ist eine Abgasanlage Teil einer Feuerungsanlage, welche sowohl die Feuerstätte und die Abgasanlage erfasst. Der Begriff „Abgasanlage“ umfasst als Oberbegriff alle Anlagen zum Abführen von Abgasen, Anlagen mit unterschiedlichen Eigenschaften, wie Schornsteine, Abgasleitungen und Luft-Abgas-Systeme sowie Verbindungsstücke usw. Um die nationale Übereinstimmung mit den Landesbauordnungen der Bundesländer herzustellen, wurde aus den genannten Gründen der Begriff „Schornstein“ nicht mehr verwendet, sondern der übergeordnete Begriff „Abgasanlage“. Die Europäische Norm spiegelt, abgesehen von den Änderungen, die bisherigen nationalen Normen DIN 4705-1, DIN 4705-2 und DIN 4705-10 annähernd vollständig wider.	Ersatz für DIN 4705-1:1993-10, DIN 4705-2:1979-09 und DIN 4705-10:1984-12 Fortsetzung Seite 2 und 47 Seiten EN Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Änderungen

Gegenüber DIN 4705-1:1993-10, DIN 4705-2:1979-09 und DIN 4705-10:1984-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Bemessungsdiagramme wurden durch Algorithmen ersetzt;
- b) Sicherheitsbeiwerte wurden verändert;
- c) Anwendungsgrenzen wurden verändert;
- d) auf Beispielrechnungen wurde verzichtet.

Frühere Ausgaben

DIN 4705:1944-04
DIN 4705-1:1979-09, 1993-10
DIN 4705-2:1979-09
DIN 4705-10:1984-12

Deutsche Fassung

Abgasanlagen

Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren

Teil 1: Abgasanlagen mit einer Feuerstätte

Chimneys —
Thermal and fluid dynamic calculation methods —
Part 1: Chimneys serving one appliance

Conduits de fumée —
Méthodes de calcul thermo-aéraulique —
Partie 1: Conduits de fumée ne desservant qu'un seul
appareil

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 23. Oktober 2002 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Formelzeichen, Benennungen, Einheiten	8
5 Berechnungsverfahren	10
5.1 Grundzüge des Berechnungsverfahrens	10
5.2 Druckbedingung.....	11
5.2.1 Unterdruckabgasanlage	11
5.2.2 Überdruckabgasanlage	11
5.3 Temperaturbedingung	12
5.4 Berechnungsgang.....	12
5.5 Charakteristische Abgaswerte für die Feuerstätte bei Nennwärmeleistung	13
5.5.1 Allgemeines	13
5.5.2 Abgasmassenstrom	13
5.5.3 Abgastemperatur.....	14
5.5.4 Notwendiger Förderdruck für die Feuerstätte (P_W) für Unterdruckabgasanlagen	14
5.5.5 Zur Verfügung stehender Förderdruck der Feuerstätte (P_{WO}) für eine Überdruckabgasanlage	14
5.6 Bauartkennwerte	15
5.6.1 Allgemeines	15
5.6.2 Rauigkeit (r)	15
5.6.3 Wärmedurchlasswiderstand ($1/\Lambda$)	15
5.7 Grundwerte für die Berechnung	15
5.7.1 Lufttemperatur.....	15
5.7.2 Außenluftdruck (p_L)	17
5.7.3 Gaskonstante.....	18
5.7.4 Dichte der Außenluft (ρ_L).....	18
5.7.5 Spezifische Wärmekapazität des Abgases (c_p)	18
5.7.6 Taupunkttemperatur (T_{sp}).....	18
5.7.7 Korrekturfaktor für fehlende Temperaturbeherrschung (S_H)	18
5.7.8 Strömungstechnische Sicherheitszahl (S_E)	19
5.8 Ermittlung der Temperaturen.....	19
5.8.1 Allgemeines	19
5.8.2 Berechnung der Abkühlzahl	19
5.8.3 Wärmedurchgangskoeffizient (k_b).....	20
5.9 Ermittlung der Dichte des Abgases und der Abgasgeschwindigkeit.....	22
5.9.1 Dichte des Abgases (ρ_m).....	22
5.9.2 Abgasgeschwindigkeit (w_m).....	22
5.10 Berechnung der Drücke	22
5.10.1 Druck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage	22
5.10.2 Ruhedruck für den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage (P_H).....	23
5.10.3 Widerstandsdruck für den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage (P_R)	23
5.10.4 Winddruck (P_L).....	25
5.11 Notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage (P_{Ze}) und maximaler nutzbarer Überdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage (P_{Zoe}).....	25
5.11.1 Allgemeines	25
5.11.2 Notwendiger Förderdruck für die Feuerstätte (P_W) und zur Verfügung stehender Förderdruck für die Feuerstätte (P_{WO})	26
5.11.3 Notwendiger Förderdruck für das Verbindungsstück (P_{FV}).....	26
5.11.4 Notwendiger Förderdruck für die Zuluft (P_B).....	27
5.12 Berechnung der Innenwandtemperatur an der Mündung der Abgasanlage (T_{iob}).....	28
6 Nebenluft für Unterdruck-Abgasanlagen	29
6.1 Allgemeines	29
6.2 Berechnungsgang.....	30
6.3 Grundwerte für die Nebenluftberechnung.....	30

6.3.1	Allgemeines	30
6.3.2	Mischungsgleichungen	30
6.4	Druckberechnung	31
6.4.1	Notwendiger Förderdruck für die Zuluft bei Nebenluft (P_{BNL}).....	31
6.4.2	Notwendiger Förderdruck für die Nebenluftvorrichtung oder die Strömungssicherung (P_{NL}).....	32
6.4.3	Notwendiger Förderdruck für den Teil des Verbindungsstückes vor der Nebenluftvorrichtung (P_{FV1}).....	33
6.4.4	Druckbedingung für die Nebenluft.....	33
6.5	Temperaturbedingung für die Nebenluft	33
Anhang A (informativ) Berechnung des Wärmedurchlasswiderstandes		34
Anhang B (informativ) Tabellen		35
Anhang C (informativ) Einfluss der Mündung von Abgasanlagen auf benachbarte Gebäude		45
Anhang D (informativ) Grenzkurven für die Klassifikation der Nebenluftvorrichtungen.....		46
Literaturhinweise		47

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13384-1:2002) wurde vom Technischen Komitee CEN /TC 166 „Abgasanlagen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von UNI gehalten wird.

Diese Europäische Norm EN 13384-1 muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2003, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2003 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EG-Richtlinien.

Die Anhänge A, B, C und D sind informativ.

Diese Europäische Norm „Abgasanlagen — Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren“ besteht aus zwei Teilen:

— *Teil 1: Abgasanlagen mit einer Feuerstätte*

— *Teil 2: Abgasanlagen mit mehreren Feuerstättenanschlüssen und einem Anschluss mit mehreren Feuerstätten*

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen : Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren von Abgasanlagen mit einer Feuerstätte fest.

Diese Norm gilt sowohl für Unterdruck- als auch für Überdruckanlagen in feuchter und trockener Betriebsweise. Sie gilt für Abgasanlagen von Feuerstätten mit Brennstoffen, deren Abgaskennwerte, die für die Berechnung benötigt werden, bekannt sind.

Das Berechnungsverfahren dieser Norm gilt für Abgasanlagen mit einem Anschluss für eine Feuerstätte. Das Berechnungsverfahren nach Teil 2 dieser Europäischen Norm gilt dagegen für Abgasanlagen mit mehreren Anschlüssen und für einen Anschluss mit mehreren Feuerstätten.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

EN 1443:1999, *Abgasanlagen — Allgemeine Anforderungen*.

EN 1856-1, *Abgasanlagen — Anforderungen an Metallabgasanlagen - Teil 1: Bauteile für Systemabgasanlagen*.

EN 1859, *Abgasanlagen — Metall-Abgasanlagen — Prüfverfahren*.

EN 13502, *Abgasanlagen — Keramik-Aufsätze — Anforderungen und Prüfverfahren*.

CR 1749, *Europäisches Schema für die Einteilung von Gasgeräten nach der Art der Abgasabführung (Typen)*.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die in EN 1443 angegebenen und die folgenden Begriffe.

3.1

Wärmeleistung

Q

die an den Wärmetauscher übertragene Wärmemenge in der Zeiteinheit

3.1.1

Nennwärmeleistung

Q_N

vom Hersteller abhängig von der Art des Brennstoffes festgelegte Dauerleistung der Feuerstätte

3.1.2

Wärmeleistungsbereich

vom Hersteller, unterhalb der Nennwärmeleistung festgelegter Bereich, in dem die Feuerstätte eingesetzt werden kann

3.2

Feuerungswärmeleistung

Q_F

der Feuerstätte in der Zeiteinheit vom Brennstoff zugeführte Wärmemenge, basierend auf den Netto-Heizwert H_u

3.3

Wirkungsgrad der Feuerstätte

η_w

Verhältnis der abgegebenen nutzbaren Wärmeleistung (Q) der Feuerstätte zur Feuerungswärmeleistung (Q_F)

3.4

Abgasmassenstrom

$\dot{m}$

Masse der Abgase, welche die Feuerstätte durch das Verbindungsstück in der Zeiteinheit verlassen

3.5

wirksame Schornsteinhöhe

H

Höhenunterschied zwischen der Achse der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage und der Ausmündung

3.6

wirksame Höhe des Verbindungsstückes

H_V

Höhenunterschied zwischen der Achse des Abgasstutzens der Feuerstätte und der Achse der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage

Bei offenen Kaminen ist H_V der Höhenunterschied zwischen der Oberkante der Feuerraumöffnung und der Achse der Abgaseinführung in die Abgasanlage

3.7

Zug

positiver Wert des Unterdruckes in der Abgasanlage

3.8

Ruhedruck

P_H

Druckdifferenz durch das unterschiedliche Dichten der Luftsäule im Freien und der Abgassäule im senkrechten Abschnitt der Abgasanlage

3.9

Widerstandsdruck des senkrechten Abschnitts der Abgasanlage

P_R

Druck, der erforderlich ist, um die Strömungswiderstände für den Abgasmassenstrom im senkrechten Abschnitt der Abgasanlage zu überwinden

3.10

Winddruck

P_L

Druck, der durch Wind auf die Abgasanlage einwirkt

3.11

Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage

P_Z

Differenz zwischen dem Ruhedruck in der Höhe der Achse der Abgaseinführung und dem Widerstandsdruck des senkrechten Abschnitts der Abgasanlage in gleicher Höhe

3.12

notwendiger Förderdruck für die Feuerstätte

P_W

Differenz zwischen dem Luftdruck im Aufstellungsraum der Feuerstätte und dem Unterdruck des Abgases am Abgasstutzen der Feuerstätte, welcher notwendig ist, um einen einwandfreien Betrieb der Feuerstätte sicherzustellen

3.13

notwendiger Förderdruck für das Verbindungsstück

P_{FV}

Druckdifferenz zwischen der Achse der Einmündung des Verbindungsstückes und der Achse des Abgasstutzens der Feuerstätte, gebildet durch die Differenz zwischen dem Ruhedruck und dem Widerstandsdruck des Verbindungsstückes

3.14**notwendiger Förderdruck für die Zuluft** P_B

Differenz zwischen dem Luftdruck im Freien und dem Luftdruck im Aufstellungsraum der Feuerstätte in gleicher Höhe

3.15**notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung in die Abgasanlage** P_{Ze}

Summe des notwendigen Förderdruckes für die Feuerstätte, des notwendigen Förderdruckes für das Verbindungsstück und des notwendigen Förderdruckes für die Zuluft

3.16**Überdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage** P_{ZO}

Summe aus der Differenz des Widerstandsdruckes und dem Ruhedruck des senkrechten Abschnitts der Abgasanlage und dem Winddruck

3.17**zur Verfügung stehender Förderdruck der Feuerstätte P_{wO}**

maximal zulässiger Druckunterschied zwischen dem statischen Druck des Abgases am Abgasstutzen der Feuerstätte und dem statischen Luftdruck an der Zuluftzuführung der Feuerstätte, die für den ordnungsgemäßen Betrieb der Feuerstätte vorgesehen ist

3.18**maximal nutzbarer Überdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage** P_{Zoe}

Differenz zwischen dem zur Verfügung stehenden Förderdruck der Feuerstätte, dem notwendigen Förderdruck für das Verbindungsstück und dem notwendigen Förderdruck für die Zuluft

3.19**Nebenluft**

Umgebungsluft, die dem Abgas zusätzlich zum Nenn-Abgasmassenstrom beigemischt wird

3.20**Nebenluftvorrichtung**

Abgasklappe oder Strömungssicherung

3.21**Zugbegrenzer**

Vorrichtung, die automatisch der Abgasanlage, dem Verbindungsstück oder der Feuerstätte Umgebungsluft zuführt

3.22**Strömungssicherung**

Einrichtung, die im Abgasweg einer Feuerstätte angeordnet ist, um die Verbrennungsgüte innerhalb der vorgegebenen Grenzen aufrechtzuerhalten und um die Verbrennung in einem bestimmten Bereich der Abströmung und der Rückströmung stabil zu halten

3.23**Grenztemperatur an der Innenwand** T_g

erforderliche Mindesttemperatur an der Innenwand an der Mündung der Abgasanlage

4 Formelzeichen, Benennungen, Einheiten

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

Tabelle 1 — Formelzeichen, Benennungen und Einheiten

Formelzeichen	Benennung	Einheit
A	Querschnittsfläche	m^2
c	spezifische Wärmekapazität	$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
c_p	spezifische Wärmekapazität des Abgases	$\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
d	Schichtdicke	m
D	Durchmesser	m
D_h	hydraulischer Durchmesser	m
H	wirksame Höhe des senkrechten Abschnitts der Abgasanlage	m
k	Wärmedurchgangskoeffizient	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
K	Abkühlzahl	—
L	Länge	m
$\dot{m}$	Abgasmassenstrom	kg/s
Nu	Nusselt-Zahl	—
p	statischer Druck	Pa
p_L	Außenluftdruck	Pa
p_B	notwendiger Förderdruck für die Zuluft	Pa
p_E	Widerstandsdruck aus Reibung und Formwiderstand im senkrechten Abschnitt der Abgasanlage	Pa
p_{FV}	notwendiger Förderdruck für das Verbindungsstück	Pa
p_G	Druckänderung durch Geschwindigkeitsänderung im senkrechten Abschnitt der Abgasanlage	Pa
p_H	Ruhedruck	Pa
p_{HV}	Ruhedruck im Verbindungsstück	Pa
p_L	Winddruck	Pa
p_{NL}	notwendiger Förderdruck für Nebenluftvorrichtungen	Pa
p_R	Widerstandsdruck für den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage	Pa
p_{RV}	Widerstandsdruck für das Verbindungsstück	Pa
p_W	notwendiger Förderdruck für die Feuerstätte	Pa
p_{WO}	zur Verfügung stehender Förderdruck der Feuerstätte	Pa
p_Z	Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage	Pa
p_{Ze}	notwendiger Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage	Pa
p_{ZO}	Überdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage	Pa
p_{ZOe}	maximal nutzbarer Überdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage	Pa
Pr	Prandtl-Zahl	—
Q	Wärmeleistung	kW
Q_F	Feuerungswärmeleistung	kW
Q_N	Nennwärmeleistung	kW

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Formelzeichen	Benennung	Einheit
r	mittlere Rauigkeit der Innenwand	m
R	Gaskonstante des Abgases	J/(kg·K)
R_L	Gaskonstante der Luft	J/(kg·K)
Re	Reynolds-Zahl	—
s	lichte Weite	m
S_E	strömungstechnische Sicherheitszahl	—
S_H	Korrekturfaktor für fehlende Temperaturbeharrung	—
t	Temperatur	°C
T	absolute Temperatur	K
T_g	Grenztemperatur	K
T_{io}	Innenwand-Temperatur an der Mündung	K
T_{iob}	Innenwand-Temperatur an der Mündung für Temperaturbeharrung	K
T_L	Außenlufttemperatur	K
T_m	mittlere Temperatur des Abgases	K
T_p	Wasserdampftaupunkt	K
T_{sp}	Taupunkttemperatur	K
T_u	Umgebungstemperatur	K
T_{ub}	Umgebungstemperatur des Heizraumes	K
T_{uh}	Umgebungstemperatur für beheizte Bereiche	K
T_{ul}	Umgebungstemperatur für Bereiche außerhalb eines Gebäudes	K
T_{uo}	Umgebungstemperatur für Außenbereiche	K
T_{uu}	Umgebungstemperatur für unbeheizte Bereiche innerhalb eines Gebäudes	K
T_W	Abgastemperatur der Feuerstätte	K
T_{WN}	Abgastemperatur bei Nennwärmeleistung	K
T_{Wmin}	Abgastemperatur bei der niedrigsten Wärmeleistung	K
U	Umfang	m
W	über einen Querschnitt gemittelte Geschwindigkeit	m/s
w_m	über eine Strecke gemittelte Geschwindigkeit	m/s
y	Formbeiwert	m
z	geodätische Höhe	m
α	Wärmeübergangskoeffizient	W/(m ² ·K)
β	Verhältnis der Massenströme Verbrennungsluft zu Abgas	—
γ	Winkel bei Richtungsänderungen	°
δ	Wandendicke	m
ζ	Einzelwiderstandszahl für Umlenkungen und/oder Querschnittsänderungen und/oder Änderungen des Abgasmassenstroms	—
η	dynamische Viskosität	Ns/m ²
η_W	Wirkungsgrad der Feuerstätte	—
η_{WN}	Wirkungsgrad der Feuerstätte bei Nennwärmeleistung	—
λ	Wärmeleitfähigkeitskoeffizient	W/(m·K)
ρ	Dichte	kg/m ³
ρ_L	Dichte der Außenluft	kg/m ³

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Formelzeichen	Benennung	Einheit
ρ_m	über eine Strecke und über einen Querschnitt gemittelte Dichte der Abgase	kg/m ³
$\sigma(\text{CO}_2)$	Volumenkonzentration an CO ₂	%
$\sigma(\text{H}_2\text{O})$	Volumenkonzentration an Wasserdampf	%
ψ	Rohrreibungszahl	—
$\left(\frac{1}{\Lambda}\right)$	Wärmedurchlasswiderstand	m ² ·K/W

Tabelle 2 — Zusätzliche Indizes

Formelzeichen	Benennung	Einheit
a	Außenseite	—
A	Abgas	—
b	Temperaturbeharrung	—
B	Zuluft	—
e	Eintritt	—
G	Geschwindigkeitsänderung	—
i	Innenseite	—
L	Außenluft	—
m	Mittelwert	—
M	Mischung	—
n	laufender Index	—
N	Nennwert	—
NL	Nebenluft	—
o	Austritt	—
O	Überdruck	—
u	Umgebungsluft	—
V	Verbindungsstück	—
W	Feuerstätte	—

5 Berechnungsverfahren

5.1 Grundzüge des Berechnungsverfahrens

Die Berechnung der Innenabmessungen (Querschnitt) von Unterdruck-Abgasanlagen, basiert auf folgenden drei Kriterien:

- der Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage muss entweder gleich oder größer sein, als der notwendige Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage;
- der Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage muss entweder gleich oder größer sein, als der notwendige Förderdruck für die Zuluft;
- die Innenwandtemperatur an der Mündung der Abgasanlage muss entweder gleich oder größer sein als die Grenztemperatur.

Die Berechnung der Innenabmessungen (Querschnitt) von Überdruckabgasanlagen, basiert auf folgenden drei Kriterien:

- der Überdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage muss gleich oder kleiner sein als der nutzbare Überdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage;
- der Überdruck im Verbindungsstück und im senkrechten Abschnitt der Abgasanlage darf nicht größer sein als deren Auslegungsdruck;
- die Innenwandtemperatur an der Mündung der Abgasanlage muss entweder gleich oder größer sein als die Grenztemperatur.

Die Kriterien werden durch zwei Arten von Umgebungsbedingungen verifiziert:

- die Druckberechnung (Zug) wird unter Bedingungen durchgeführt bei denen die Leistungsfähigkeit der Abgasanlage gering ist (z. B. hohe Außenlufttemperatur); und
- die Berechnung der Innenwandtemperatur an der Mündung wird unter Bedingungen durchgeführt, bei denen die Temperatur in der Abgasanlage gering ist (z. B. niedrige Außenlufttemperatur).

5.2 Druckbedingung

5.2.1 Unterdruckabgasanlage

Folgende Bedingungen sind einzuhalten:

$$P_Z = P_H - P_R - P_L \geq P_W + P_{FV} + P_B = P_{Ze} \quad \text{in Pa} \quad (1)$$

$$P_Z \geq P_B \quad \text{in Pa} \quad (2)$$

Dabei ist

- P_B der notwendige Förderdruck für die Zuluft (siehe 5.11.3), in Pa;
- P_{FV} der notwendige Förderdruck für das Verbindungsstück, in Pa;
- P_H der Ruhedruck, in Pa;
- P_L der Winddruck, in Pa;
- P_R der Widerstandsdruck für den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage, in Pa;
- P_W der notwendige Förderdruck für die Feuerstätte, in Pa;
- P_Z der Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage (siehe 5.10), in Pa;
- P_{Ze} der notwendige Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage (siehe 5.11), in Pa.

5.2.2 Überdruckabgasanlage

Folgende Bedingungen sind einzuhalten:

$$P_{ZO} = P_R - P_H + P_L \leq P_{WO} - P_B - P_{FV} = P_{Zoe} \quad \text{in Pa} \quad (3)$$

$$P_{ZO} \leq P_{Z \text{ excess}} \quad \text{in Pa} \quad (4)$$

$$P_{ZO} + P_{FV} \leq P_{ZV \text{ excess}} \quad \text{in Pa} \quad (5)$$

Dabei ist

- P_{WO} der maximale Differenzdruck der Feuerstätte, in Pa;
- P_{ZO} der Überdruck an der Abgaseinmündung in die Abgasanlage, in Pa;
- P_{Zoe} der maximale Differenzdruck an der Abgaseinführung in die Abgasanlage, in Pa;
- $P_{Z \text{ excess}}$ der höchste zulässige Auslegungsdruck der Abgasanlage, in Pa;
- P_R der Widerstandsdruck in der Abgasanlage, in Pa.

5.3 Temperaturbedingung

Folgende Beziehungen sind nachzuweisen:

$$T_{\text{iob}} \geq T_g \quad \text{in K} \quad (6)$$

Dabei ist

T_{iob} die Innenwandtemperatur an der Mündung bei Beharrung, in K;
 T_g die Grenztemperatur, in K.

Bei Abgasanlagen deren freies Ende über Dach eine Wärmedämmung aufweisen, ist zusätzlich folgende Bedingung einzuhalten:

$$T_{\text{irb}} \geq T_g \quad \text{in K} \quad (7)$$

Dabei ist

T_{irb} die Innenwandtemperatur unmittelbar bevor die zusätzliche Dämmung beginnt, in K.

Die Grenztemperatur T_g der Innenwand von Abgasanlagen für trockene Betriebsweise ist die Taupunkttemperatur T_{sp} des Abgases (siehe 5.7.6).

Im Falle von Abgasanlagen für feuchte Betriebsweise ist $T_g = 273,15$ K. Diese Bedingung schützt vor Eisbildung an der Mündung der Abgasanlagen.

ANMERKUNG Der Vergleich der Innenwandtemperatur vor der zusätzlichen Dämmung T_{irb} mit der zulässigen Grenztemperatur des Abgases ist nicht erforderlich, wenn der Wert des Wärmedurchlasswiderstandes der zusätzlichen Wärmedämmung $0,1 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)}$ nicht übersteigt.

Bei Abgasanlagen für feuchte Betriebsweise ist der Vergleich dann nicht erforderlich, wenn der Wert der Umgebungslufttemperatur unmittelbar vor der zusätzlichen Dämmung ≥ 0 °C ist.

5.4 Berechnungsgang

Für die Berechnung der Druck- und Temperaturwerte nach den Beziehungen (1), (2), (3), (4), (5) und (6) müssen die Werte für das Abgaswerte-Triple der Feuerstätte nach 5.5 ermittelt werden. Für den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage und deren Verbindungsstück sind auch die Daten nach 5.6 zu ermitteln.

In 5.7 bis 5.11 werden die Berechnungen beschrieben, die notwendig sind, um die thermischen und strömungstechnischen Eigenschaften der Abgasanlage zu erhalten. Die Gleichungen in 5.7 geben die Basisdaten, die für weitere Berechnungen notwendig sind, an.

Die Gleichungen in 5.5.2 und 5.8 geben die Berechnung der maßgeblichen Temperaturen an. Die Gleichungen für die Dichte des Abgases und seine Geschwindigkeit sind in 5.9 zusammengestellt.

Mit den Gleichungen in 5.10 und 5.11 muss die Druckbedingung überprüft werden. Mit den Gleichungen in 5.12 wird die Temperaturbedingung überprüft.

Die Überprüfung der Druck- und Temperaturbedingung muss zweifach erfolgen:

- für die Nennwärmeleistung der Feuerstätte,
- für den niedrigsten Wert des Wärmeleistungsbereichs, der vom Hersteller der Feuerstätte angegeben ist.

Wenn die Temperaturbedingung von Unterdruckabgasanlagen nach den Gleichungen (6) und (7) nicht erfüllt ist, kann versucht werden, das gewünschte Ergebnis durch Berücksichtigung einer Zumischung von Nebenluft in das Abgas nach Abschnitt 6 zu erreichen.

5.5 Charakteristische Abgaswerte für die Feuerstätte bei Nennwärmeleistung

5.5.1 Allgemeines

Für die Berechnung der Temperatur- und Druckwerte muss das erforderliche Abgaswerte-Triple der Feuerstätte, bestehend aus dem Abgasmassenstrom, der Abgastemperatur und dem notwendigen Förderdruck, oder dem zur Verfügung stehenden Förderdruck ermittelt werden. Zusätzlich müssen die Art des Brennstoffs, die Volumenkonzentration an CO_2 im Abgas und die geometrischen Abmessungen des Verbindungsstückes angegeben werden.

Typische Daten einiger Brennstoffe sind in Tabelle B.1 angegeben.

Typische Daten für einige Feuerstätten sind in den Tabellen B.2 und B.3 angegeben.

5.5.2 Abgasmassenstrom

5.5.2.1 Abgasmassenstrom bei Nennwärmeleistung der Feuerstätte

Zur Berechnung der Druck- und Temperaturwerte nach den Gleichungen (1), (2), (3), (4), (5), und (6) muss der Abgasmassenstrom bei Nennwärmeleistung der Feuerstätte ermittelt werden.

Liegen keine Herstellerwerte für den Abgasmassenstrom und die Volumenkonzentration an CO_2 vor, können diese Werte nach den Gleichungen in den Tabellen B.1, B.2 und B.3 ermittelt werden.

Ist an die Abgasanlage eine Wechselbrennstoff-Feuerstätte angeschlossen, sind in der Berechnung und der Querschnittsbemessung alle in Frage kommenden Brennstoffe zu berücksichtigen.

Bei Feuerstätten mit Strömungssicherung ist der Abgasmassenstrom nach der Strömungssicherung zu berücksichtigen.

Der Abgasmassenstrom $\dot{m}$ eines offenen Kamins hängt von der Größe der Öffnung des Feuerraumes ab. Für die Berechnung ist folgende Gleichung zu verwenden:

$$\dot{m} = f_{mf} \cdot A_F \quad \text{in kg/s} \quad (8)$$

Dabei ist

f_{mf} der Abgasmassenstrom eines offenen Kamins, in $\text{kg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$;
 A_F der Querschnitt der Öffnung eines offenen Kamins, in m^2 .

Für offene Kamine, deren Öffnungshöhe gleich oder kleiner als ihre Öffnungsbreite ist, gilt: $f_{mf} = 0,139 \text{ kg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$.

Für offene Kamine, deren Öffnungshöhe größer als ihre Öffnungsbreite ist, gilt: $f_{mf} = 0,167 \text{ kg}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$.

Die Volumenkonzentration an CO_2 des Abgases eines offenen Kamines kann angenommen werden zu $\sigma(\text{CO}_2) = 1 \%$.

5.5.2.2 Abgasmassenstrom bei der kleinsten möglichen Wärmeleistung

Wird die Feuerstätte planmäßig modulierend betrieben, müssen die Druck- und Temperaturbedingung zusätzlich bei der kleinsten möglichen Wärmeleistung überprüft werden. Liegen keine Herstellerwerte bei kleinster möglicher Wärmeleistung vor, ist der Abgasmassenstrom mit 1/3 des Wertes bei Nennwärmeleistung zu verwenden.

5.5.2.3 Abgasmassenstrom mit Nebenluft

Wenn Nebenluft durch eine Nebenluftvorrichtung oder durch eine Strömungssicherung zugeführt wird, muss der Nebenluftstrom nach 6.3, in Abhängigkeit von dem vorhandenen Differenzdruck im Aufstellungsraum der Feuerstätte und im senkrechten Abschnitt der Abgasanlage oder im Verbindungsstück erfolgen.