

DIN EN 13384-2

ICS 91.060.40

Ersatz für
DIN EN 13384-2:2003-12

**Abgasanlagen –
Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren –
Teil 2: Abgasanlagen mit mehreren Feuerstätten;
Deutsche Fassung EN 13384-2:2003+A1:2009**

Chimneys –
Thermal and fluid dynamic calculation methods –
Part 2: Chimneys serving more than one heating appliance;
German version EN 13384-2:2003+A1:2009

Conduit de cheminée –
Méthode de calcul thermo-aéraulique –
Partie 2: Conduits de fumée desservant plus d'un appareil de chauffage;
Version allemande EN 13384-2:2003+A1:2009

Gesamtumfang 83 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13384-2:2003+A1:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 166 „Abgasanlagen“ erarbeitet, dessen Sekretariat bei UNI (Italien) gehalten wird.

Der nationale Spiegelausschuss, der die Arbeiten mit seinen Experten begleitet hat, ist der NABau-Arbeitsausschuss NA 005-11-35 AA „Berechnung von Abgasanlagen“/(SpA CEN/TC 166 WG 2).

Diese Norm enthält Festlegungen für die wärme- und strömungstechnischen Berechnungsverfahren für Querschnitte von Abgasanlagen.

Änderungen wurden mit den Kennzeichen   dargestellt.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13384-2:2003-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) in Abschnitt 1 wurde der Anwendungsbereich erweitert;
- b) Tabelle 1 wurde erweitert;
- c) die Abschnitte 5, 6, 7, 8, 12, 14 und 15 wurden insgesamt überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 4705-3: 1984-07
DIN V 4705-3: 1997-08
DIN EN 13384-2: 2003-12

Deutsche Fassung

**Abgasanlagen —
Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren —
Teil 2: Abgasanlagen mit mehreren Feuerstätten**

Chimneys —
Thermal and fluid dynamic calculation methods —
Part 2: Chimneys serving more than one heating appliance

Conduit de cheminée —
Méthode de calcul thermo-aéraulique —
Partie 2: Conduits de fumée desservant plus d'un appareil
de chauffage

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 11. März 2003 angenommen und schließt Änderung 1, die am 23. November 2008 vom CEN angenommen wurde.

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 des CEN 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, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

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

Inhalt

Seite

Vorwort	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe	8
4 Formelzeichen, Benennungen, Einheiten	9
5 Berechnungsverfahren	12
5.1 Allgemeine Grundsätze.....	12
5.2 Druckbedingung	14
5.2.1 A_1 Unterdruck-Abgasanlagen A_1	14
5.2.2 A_1 Überdruck-Abgasanlagen.....	15
5.3 Bedingungen für den Massenstrom	16
5.4 A_1 Druckbedingungen A_1	16
5.4.1 A_1 Unterdruck-Abgasanlagen	16
5.4.2 A_1 Überdruck-Abgasanlagen.....	17
5.5 Temperaturbedingung.....	18
5.6 Berechnungsgang	19
6 Abgaskennlinien für die Feuerstätten	22
7 Bauartkennwerte für die Abgasanlage und das Verbindungsstück.....	23
8 Grundwerte für die Berechnung.....	24
8.1 Lufttemperaturen	24
8.1.1 Außenlufttemperatur (T_L)	24
8.1.2 Umgebungslufttemperatur (T_U).....	24
8.2 Außenluftdruck (p_L).....	24
8.3 Gaskonstante	24
8.3.1 Gaskonstante der Luft (R_L)	24
8.3.2 Gaskonstante des Abgases (R)	24
8.4 Dichte der Außenluft (ρ_L)	24
8.5 Spezifische Wärmekapazität des Abgases (c_p).....	24
8.6 Wasserdampfgehalt ($\sigma(H_2O)_j$) und Taupunkttemperatur (T_{sp})	24
8.7 Korrekturfaktor für fehlende Temperaturbeharrung (S_H).....	25
8.8 Strömungstechnische Sicherheitszahl (S_E)	25
8.9 Äußerer Wärmeübergangskoeffizient.....	25
9 Ermittlung der Temperaturen	25
10 Berechnung der Mischungsvorgänge	27
10.1 Abgasmassenstrom ($\dot{m}_j$)	27
10.2 Abgastemperatur am Eintritt in einen Abschnitt einer Abgasanlage ($T_{e,j}$)	27
10.3 CO ₂ -Gehalt des Abgases im Abschnitt j einer Abgasanlage ($\sigma(CO_2)_j$).....	28
10.4 H ₂ O-Gehalt des Abgases ($\sigma(H_2O)_j$).....	28
10.5 Gaskonstante des Abgases (R_j).....	28
10.6 Stoffdaten	28
10.6.1 Spezifische Wärmekapazität ($c_{pV,j}$), ($c_{p,j}$)	28
10.6.2 Wärmeleitfähigkeit des Abgases ($\lambda_{AV,j}$), ($\lambda_{A,j}$).....	29
10.6.3 Dynamische Viskosität ($\eta_{AV,j}$), ($\eta_{A,j}$).....	29

11	Dichte und Geschwindigkeiten des Abgases.....	30
12	A1 Bestimmung der Drücke A1	31
12.1	A1 Drücke an jeder Abgaseinführung in die Abschnitte der Abgasanlage A1	31
12.1.1	A1 Unterdruck.....	31
12.1.2	A1 Überdruck.....	31
A1 12.1.3	A1 Ruhedruck in einem Abschnitt der Abgasanlage ($P_{H,j}$).....	31
A1 12.1.4	A1 Widerstandsdruck im Abschnitt j der Abgasanlage ($P_{R,j}$).....	31
12.2	A1 Notwendiger und zulässiger Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage (P_{Ze} und P_{Zemax}) sowie maximal nutzbarer und erforderlicher Überdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt der Abgasanlage (P_{ZOe} und P_{ZOemin}) A1	34
A1 12.2.1	Notwendiger und zulässiger Unterdruck.....	34
12.2.2	Maximal nutzbarer und erforderlicher Überdruck.....	35
A1 12.2.3	A1 Notwendiger Förderdruck für das Verbindungsstück ($P_{V,j}$).....	35
A1 12.2.4	Errechneter Förderdruck für die Zuluft ($P_{Bc,j}$) A1	37
13	Innenwandtemperatur.....	38
14	Kaskadenschaltungen.....	39
14.1	Grundzüge des Berechnungsverfahrens.....	39
14.2	Druckbedingung.....	39
A1 14.2.1	Unterdruck-Kaskadenschaltung A1	39
A1 14.2.2	Überdruck-Kaskadenschaltung.....	41
14.3	Bedingungen für den Massenstrom.....	41
14.4	A1 Druckbedingungen A1	42
A1 14.4.1	Unterdruck-Abgasanlagen A1	42
14.4.2	Überdruck-Abgasanlagen.....	43
14.5	Temperaturbedingung.....	44
14.6	Berechnungsgang.....	44
14.7	A1 Drücke A1 an dem Austritt des Verbindungsstückes und A1 Drücke A1 an der Abgaseinführung in den Sammlerabschnitt.....	44
14.7.1	A1 Druck A1 an der Abgaseinführung in den Sammlerabschnitt A1 ($P_{ZC,j,l}$ oder $P_{ZOC,j,l}$) A1	44
14.7.2	A1 Notwendige oder vorhandene Drücke A1 an dem Austritt des Verbindungsstückes A1 ($P_{ZcC,j,l}$, $P_{ZcOC,j,l}$) A1	48
14.8	Innenwandtemperatur ($T_{iobC,j,l}$).....	50
15	Luft-Abgasanlagen.....	51
15.1	Grundzüge des Berechnungsverfahrens.....	51
15.2	Druckbedingung.....	51
15.3	Bedingung für den Massenstrom.....	51
15.4	Druckbedingung.....	52
A1 15.4.1	Unterdruck-Abgasanlagen.....	52
15.4.2	Überdruck-Abgasanlagen.....	52
15.5	Temperaturbedingung.....	54
15.6	Berechnungsgang für Luft-Abgasanlagen.....	55
15.7	Massenstrom für die Zuluft.....	56
15.8	Temperaturbestimmung in Luft-Abgas-Systemen.....	57
15.8.1	Einzelne Schächte.....	57
15.8.2	Konzentrische Schächte.....	57
15.8.3	Konzentrische Verbindungsstücke.....	65
15.9	A1 Drücke in den Zuluftschächten A1	72
15.9.1	A1 Ruhedruck im Zuluftschacht des Abschnitts j der Abgasanlage A1	72
15.9.2	Ruhedruck A1 <i>gestrichener Text</i> A1 des Luftzuführungsschachtes des Verbindungsstückes.....	72
15.9.3	Widerstandsdruck im Zuluftschacht des Abschnittes j der Abgasanlage ($P_{RB,j}$).....	73

	Seite
15.9.4 Widerstandsdruck des Zuluftschachtes des Verbindungsstückes j ($P_{RBV,j}$).....	74
15.10 Dichte und Geschwindigkeit der Zuluft.....	77
15.10.1 Dichte und Geschwindigkeit der Zuluft im Zuluftschacht gemittelt über die Länge eines Abschnittes der Abgasanlage	77
15.10.2 Dichte und Geschwindigkeit der Zuluft gemittelt über die Länge des Verbindungsstückes	78
Anhang A (informativ) Empfehlungen und Hinweise	79
A.1 Empfehlungen bezüglich Abgasanlage und Feuerstätte.....	79
A.2 Empfehlungen bezüglich der Verbindungsstücke	79
Anhang B (informativ) Kennwerte für die Feuerstätte.....	80

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13384-2:2003+A1:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 166 „Abgasanlagen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom UNI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juli 2009, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juli 2009 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument enthält die Änderung 1, und wurde vom CEN am 2008-11-23 angenommen.

Dieses Dokument ersetzt EN 13384-2:2003.

Anfang und Ende der durch die Änderung eingefügten oder geänderten Texte sind jeweils durch A1 A1 angegeben.

Diese Norm gehört zu einer Normreihe, die von CEN/TC 166 erstellt wird und Produktnormen wie auch Ausführungsnormen von Abgasanlagen beinhaltet.

Die Anhänge A und B sind informativ.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Das in dieser Norm beschriebene Berechnungsverfahren ist sehr komplex und wird am besten mit Hilfe eines Computer-Programms angewendet.

Diese Norm dient zur Unterstützung der Ausführungsnormen für mehrfach belegte Abgasanlagen.

Die jeweilige Ausführungsnorm legt Grenzen und sicherheitstechnische Anforderungen in Zusammenhang mit der Planung, der Errichtung, Inbetriebnahme und der Wartung mehrfach belegter Abgasanlagen fest (dies wird in dieser Berechnungsnorm nicht geregelt).

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der Normreihe 13384 legt Berechnungsmethoden für die wärme- und strömungstechnischen Eigenschaften von mehrfach belegten Abgasanlagen fest.

Dieser Teil der EN 13384 umfasst zwei Fälle:

- 1) Abgasanlagen in die mehrere Verbindungsstücke von einzelnen oder mehreren Feuerstätten in Mehrfachanordnung münden;
- 2) Abgasanlagen in die ein bestimmtes Verbindungsstück münden, das mehrere Wärmerzeuger in Kaskadenschaltung verbindet.

Der Fall von Mehrfachanschlüssen von Kaskadenschaltungen ist durch Fall 1) abgedeckt.

A1 Dieser Teil von EN 13384 befasst sich mit Unterdruck-Abgasanlagen (im Verbindungsstück können Überdruckbedingungen herrschen) sowie mit Überdruck-Abgasanlagen und gilt für Abgasanlagen mit Feuerstätten für flüssige, gasförmige und feste Brennstoffe. **A1**

Dieser Teil der Normreihe EN 13384 gilt nicht für:

- Abgasanlagen mit unterschiedlichen Wärmedurchlasswiderständen oder unterschiedlichen Querschnitten in den verschiedenen Abschnitten der Abgasanlage. Energiegewinne werden durch diesen Teil der Normreihe nicht berücksichtigt;
- Abgasanlagen für offene Feuerstätten, z. B. offene Kamine oder Abgaseinleitungen in die Abgasanlage, die bestimmungsgemäß offen im Raum betrieben werden;
- Abgasanlagen für ein Gemisch aus Abgasen von Ventilator unterstützten- oder Überdruckbrennern oder Naturzugkesseln;
- Abgasanlagen mit Mehrfachanschlüssen aus mehr als 5 Geschossen (dies gilt nicht für Luft-Abgasanlagen);
- Abgasanlagen an die Wärmerzeuger angeschlossen werden, denen die Zuluft über Zuluftöffnungen oder Zuluftkanäle zugeführt wird, die sich nicht druckmäßig im gleichen Luftverbund befinden (z. B. auf der gleichen Seite des Gebäudes).

A1 Bei Überdruck-Abgasanlagen gilt dieser Teil nur dann, wenn alle nicht in Betrieb befindlichen Feuerstätten sicher abgesperrt werden können, um einen Abgasrückfluss zu verhindern. **A1**

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

A1 EN 1443:2003 **A1**, *Abgasanlagen — Allgemeine Anforderungen*

A1 *gestrichener Text* **A1**

EN 13384-1:2002, *Abgasanlagen — Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren — Teil 1: Abgasanlagen mit einer Feuerstätte*

A1 EN 15287-1:2007, *Abgasanlagen — Planung, Montage und Abnahme von Abgasanlagen — Teil 1: Abgasanlagen für raumluftabhängige Feuerstätten* **A1**

A1 EN 15287-2:2008, *Abgasanlagen — Planung, Montage und Abnahme von Abgasanlagen — Teil 2: Abgasanlagen für raumluftunabhängige Feuerstätten* **A1**

3 Begriffe

[A1] Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1443:2003, EN 13384-1:2002, EN 15287-1:2007, EN 15287-2:2008 und die folgenden Begriffe. **[A1]**

3.1

Abschnitt einer Abgasanlage

Teil einer Abgasanlage zwischen zwei aufeinanderfolgenden Einführungen eines Verbindungsstückes oder zwischen der letzten Einföhrung und dem Austritt aus der Abgasanlage

3.2

Abschnitt des Sammlers

Teil eines Verbindungsstückes zwischen zwei aufeinanderfolgenden Einföhrungen in das Verbindungsstück oder zwischen der letzten Einföhrung in das Verbindungsstück und dem Eintritt in die Abgasanlage

3.3

Luft-Abgassystem

System von konzentrischen oder parallelen Leitungen für den Transport von Verbrennungsluft aus dem Freien zur Feuerstätte und von Verbrennungsprodukten von der Feuerstätte ins Freie

3.4

Abgasmassenstrom

$\dot{m}$

Masse des Abgases von der Feuerstätte durch das Verbindungsstück in der Zeiteinheit. Bei Abgasanlagen mit Mehrfachbelegung bezeichnet man als Abgasmassenstrom auch die Luftmasse, die durch eine nicht in Betrieb befindliche Feuerstätte strömt

3.4.1

deklarerter Abgasmassenstrom

$\dot{m}_{W,j}$

vom Hersteller der Feuerstätte j angegebene Abgasmassenstrom bezüglich der in der Berechnung zu berücksichtigenden Wärmeleistung

3.4.2

berechneter Abgasmassenstrom

$\dot{m}_{Wc,j}$

Abgasmassenstrom, der bezüglich des rechnerisch ermittelten Unterdruckes und der Betriebsbedingungen der Feuerstätte j berechnet wurde

3.5

berechnete Temperatur des Abgasmassenstromes

$T_{Wc,j}$

Abgastemperatur am Abgasstutzen der Feuerstätte j in Abhängigkeit vom berechneten Abgasmassenstrom

3.6

errechneter Förderdruck des Abgases einer Feuerstätte

$P_{Wc,j}$

Förderdruck am Abgasstutzen der Feuerstätte j in Abhängigkeit vom berechneten Abgasmassenstrom

3.7

Abgasklappe

Vorrichtung um das Abgas teilweise oder ganz abzusperren

3.8

Luft-Abgasanlage

Abgasanlage bei der der Punkt des Lufteintrittes für die Verbrennungsluft-Zuluftleitung neben dem Punkt des Austritts der Verbrennungsprodukte der Abgasanlage ins Freie liegt, wobei Lufteintritt und Abgasaustritt so positioniert sind, dass Windeinflüsse entscheidend ausgeglichen werden

3.9

Kaskadenschaltung

Anordnung bei der zwei oder mehr Feuerstätten im gleichen Aufstellungsraum mit einem gemeinsamen Verbindungsstück an die Abgasanlage angeschlossen sind

3.10

Mehrfachbelegung

Anordnung bei der zwei oder mehr Feuerstätten in verschiedenen Aufstellungsräumen an die Abgasanlage mit separaten Verbindungsstücken angeschlossen werden

3.11

Zuluftleitung

unabhängige Leitung in einem Gebäude oder Bestandteil einer Abgasanlage, die Verbrennungsluft zu einer Feuerstätte führt, der sich in einem abgeschlossenen, dichten Raum befindet

3.12

Überströmöffnung

Öffnung oder Leitung, die die Zuluftleitung direkt mit der Abgasleitung am Boden verbindet

4 Formelzeichen, Benennungen, Einheiten

Formelzeichen, Benennungen und Einheiten werden hier angegeben, um den Text der Norm verständlich zu machen, obwohl schon ein Teil davon in EN 13384-1 aufgeführt ist. Die Indizes, die den Formelzeichen zum Zweck der Berechnung mehrfach belegter Abgasanlagen zugefügt werden, beziehen sich auf jeweils einen bestimmten Abschnitt der Abgasanlage und/oder auf Abschnitt eines Verbindungsstückes. Ein Beispiel für ein Bezeichnungsschema mit Indizes ist in den Bildern 1 und 2 angegeben. Die Ziffern der Indizes müssen mit der niedrigsten und am weitesten gelegenen Verbindung zur Feuerstätte beginnen. Bei mehr als einer Kaskadenschaltung/-verbindung sollte das Benummerungsschema durch die Indizes für die Berechnungsformel analog dem Schema für ein einzelnes Kaskadensystem aufgebaut sein. Formelzeichen, die einem bestimmten Abschnitt zugeordnet werden sollen, werden mit der Nummer des Abschnittes nach dem Komma bezeichnet (z. B. $H_{,1}$ ist die wirksame Höhe einer Sektion eines Abschnittes einer Abgasleitung zwischen dem Austritt des Verbindungsstückes der Feuerstätte in der untersten Position und dem Austritt des Verbindungsstückes der nächsten Feuerstätte).

Tabelle 1 — Formelzeichen, Benennungen, Einheiten

Formelzeichen	Benennungen	Einheiten
A	Fläche des lichten Querschnittes eines Abschnittes einer Abgasanlage	m^2
c_p	spezifische Wärmekapazität des Abgases	$J/(kg \cdot K)$
D	Durchmesser des Querschnittes eines Abschnittes einer Abgasanlage	m
D_h	hydraulischer Durchmesser eines Abschnittes einer Abgasanlage	m
g	Erdbeschleunigung = 9,81	m/s^2
H_j	wirksame Höhe des Abschnittes j der Abgasanlage	m
$H_{V,j}$	wirksame Höhe des Verbindungsstückes j	m

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Formel- zeichen	Benennungen	Einheiten
K_j	Abkühlzahl des Abschnittes j der Abgasanlage	–
k_j	Wärmedurchgangskoeffizient des Abschnittes j der Abgasanlage	W/(m ² ·K)
$k_{\text{ob},j}$	Wärmedurchgangskoeffizient am oberen Ende des Abschnittes j der Abgasanlage	W/(m ² ·K)
$K_{V,j}$	Abkühlzahl im Verbindungsstück j	–
L_j	Länge des Abschnittes j der Abgasanlage	m
$\dot{m}_j$	Abgasmassenstrom im Abschnitt j der Abgasanlage	kg/s
$\dot{m}_{V,j}$	Abgasmassenstrom im Verbindungsstück j	kg/s
$\dot{m}_{W,j}$	angegebener Abgasmassenstrom der Feuerstätten j	kg/s
$\dot{m}_{Wc,j}$	berechneter Abgasmassenstrom der Feuerstätten j	kg/s
N	Anzahl der an die Abgasanlage angeschlossenen Feuerstätten	–
Nu	Nusselt-Zahl	–
$Q_{\text{min},j}$	Mindest-Nennwärmeleistung der Feuerstätten j	kW
$Q_{N,j}$	Nennwärmeleistung der Feuerstätte j	kW
$P_{B,j}$	Förderdruck der Zuluftstelle j der Feuerstätte j	Pa
$P_{Bc,j}$	errechneter Förderdruck der Zuluft für die Feuerstätte j	Pa
$P_{H,j}$	Ruhedruck im Abschnitt j der Abgasanlage	Pa
P_L	Winddruck	Pa
p_L	Außenluftdruck	Pa
$P_{R,j}$	Widerstandsdruck im Abschnitt j der Abgasanlage	Pa
Pr	Prandtl-Zahl	–
$P_{V,j}$	errechneter Widerstandsdruck des Verbindungsstückes j	Pa
$P_{W,j}$	notwendiger Förderdruck für die Feuerstätte j	Pa
$P_{Wc,j}$	errechneter Förderdruck für die Feuerstätte j	Pa
$\boxed{A_1} P_{W\text{max},j}$	zulässiger Unterdruck an der Feuerstätte j	Pa
$P_{WO,j}$	maximaler zur Verfügung stehender Förderdruck der Feuerstätte j	Pa
$P_{Woc,j}$	errechneter zur Verfügung stehender Förderdruck der Feuerstätte j	Pa
$P_{Womin,j}$	erforderlicher Überdruck an der Feuerstätte j	Pa $\boxed{A_1}$
$P_{Z,j}$	Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt j der Abgasanlage	Pa
$\boxed{A_1} P_{Z,\text{min},j}$	minimaler Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt j der Abgasanlage	Pa

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Formel- zeichen	Benennungen	Einheiten
$P_{Zmax,j}$	maximaler Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt j der Abgasanlage	Pa
$P_{Ze,j}$	notwendiger minimaler Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt j der Abgasanlage	Pa
$P_{Zemax,j}$	maximal zulässiger Unterdruck an der Abgaseinführung in den Abschnitt j der Abgasanlage	Pa
$P_{ZO,j}$	maximaler Überdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt j der Abgasanlage	Pa
$P_{ZOmin,j}$	minimaler Überdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt j der Abgasanlage	Pa
$P_{ZOe,j}$	maximaler nutzbarer Überdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt j der Abgasanlage	Pa
$P_{ZOemin,j}$	erforderlicher Überdruck an der Abgaseinführung in senkrechten den Abschnitt j der Abgasanlage	Pa $\left(\frac{A_1}{A_2}\right)$
R	Gaskonstante des Abgases	J/(kg·K)
r	mittlerer Rauigkeitsbeiwert der Innenwand	m
Re	Reynolds-Zahl	–
R_L	Gaskonstante der Luft	J/(kg·K)
S_E	strömungstechnische Sicherheitszahl	–
S_H	Korrekturfaktor für fehlende Temperaturbeharrung	–
$T_{e,j}$	Abgastemperatur am Eintritt in den Abschnitt j der Abgasanlage	K
$T_{g,j}$	Grenztemperatur der Wandung des Abschnittes j der Abgasanlage	K
$T_{iob,j}$	Innenwandtemperatur an dem Austritt des Abschnittes j der Abgasanlage bei Temperaturbeharrung	K
T_L	Außenlufttemperatur	K
$T_{m,j}$	über die Länge eines Abschnittes j der Abgasanlage gemittelte Abgas-temperatur	K
$T_{o,j}$	Abgastemperatur an dem Austritt des Abschnittes j der Abgasanlage	K
$T_{u,j}$	Umgebungslufttemperatur des Abschnittes j der Abgasanlage	K
$T_{W,j}$	angegebene Abgastemperatur für die Feuerstätte j	K
$T_{Wc,j}$	berechnete Abgastemperatur für die Feuerstätte j	K
U	innerer Umfang der Abgasanlage	m
$w_{m,j}$	über die Länge und den Querschnitt gemittelte Geschwindigkeit des Abgases im Abschnitt j einer Abgasanlage	m/s
α_i	innerer Wärmeübergangskoeffizient der Abgasleitung	W/(m ² ·K)
γ	Winkel, gebildet durch die Strömungsrichtungen, z. B. zwischen der Strömungsrichtung im Verbindungsstück und im Abschnitt der Abgasanlage	grad

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Formelzeichen	Benennungen	Einheiten
η_A	dynamische Viskosität des Abgases	N·s/m ²
$\frac{1}{\lambda}$	Wärmedurchlasswiderstand	m ² ·K/W
λ_A	Wärmeleitfähigkeit des Abgases	W/(m·K)
$\rho_{m,j}$	über die Länge und den Querschnitt gemittelte Dichte des Abgases im Abschnitt j einer Abgasanlage	kg/m ³
ψ	Widerstandszahl infolge innerer Reibung an der Abgasleitung	–
ζ	Widerstandszahl infolge Richtungsänderungen und/oder Querschnittsänderungen und/oder Änderungen des Abgasmassenstromes	–

5 Berechnungsverfahren

5.1 Allgemeine Grundsätze

Das Berechnungsverfahren beruht auf der Ermittlung der Verteilung des Abgasmassenstromes in der Abgasanlage. Die Druckbedingung (Gleichung (1)) muss dabei an jedem Eintrittspunkt des Abgases in die Abgasanlage erfüllt sein (siehe Bild 1). Nachdem diese Verteilung so ermittelt wurde, müssen folgende $\langle A_1 \rangle$ vier $\langle A_1 \rangle$ Bedingungen berücksichtigt werden:

$\langle A_1 \rangle$

- 1) die Bedingung für den Abgasmassenstrom (Gleichungen (4) und (5));
- 2) die Druckbedingung für den minimalen Unterdruck oder maximalen Überdruck (Gleichungen (6) oder (6b) und (6c));
- 3) die Druckbedingung für den maximalen Unterdruck oder den minimalen Überdruck (Gleichungen (6a) oder (6d));
- 4) die Temperaturbedingung (Gleichung (7)). $\langle A_1 \rangle$

$\langle A_1 \rangle$ ANMERKUNG 1 $\langle A_1 \rangle$ Das Berechnungsverfahren wird durch individuelle Einbaumaßnahmen beeinflusst. Hinweise zum Einbau von Feuerstätten und Verbindungsstücken enthält Anhang A.

$\langle A_1 \rangle$ ANMERKUNG 2 Die Druckbedingungen für den maximalen Unterdruck oder den minimalen Überdruck sind nur dann erforderlich, wenn es einen Grenzwert für den maximalen Unterdruck der (Unterdruck-)Feuerstätte oder einen Minstdifferenzdruck der (Überdruck-)Feuerstätte gibt.

Zur Verifizierung der Kriterien werden zwei Reihen von äußeren Bedingungen verwendet:

- die Berechnung des minimalen Unterdrucks und des maximalen Überdrucks (Zug) erfolgt bei Bedingungen, bei denen die Leistung der Abgasanlage minimal ist (d. h. hohe Außentemperatur); sowie
- die Berechnung des maximalen Unterdrucks und des minimalen Überdrucks sowie der Innenwandtemperatur erfolgt bei Bedingungen, bei denen die Innentemperatur der Abgasanlage minimal ist (d. h. niedrige Außentemperatur). $\langle A_1 \rangle$

Die Validierung der Bedingungen für den Abgasmassenstrom und der Druckbedingung müssen bei folgenden Betriebsbedingungen unter Berücksichtigung der Außen- und Umgebungslufttemperatur nach EN 13384-1 erfolgen:

- alle Feuerstätten arbeiten gleichzeitig mit Nennwärmeleistung;
- alle Feuerstätten arbeiten gleichzeitig mit kleinster Nennwärmeleistung;
- eine Feuerstätte arbeitet mit Nennwärmeleistung und alle anderen sind nicht in Betrieb (*M* Fälle);
- eine Feuerstätte arbeitet mit kleinster Leistung und alle anderen sind nicht in Betrieb (*M* Fälle).

Wenn durch die Regelung der Anlage sichergestellt werden kann, dass nicht alle Feuerstätten gleichzeitig in Betrieb sind, darf die Validierung der Bedingung für den Abgasmassenstrom und die Überprüfung der Druckbedingung mit der größten Anzahl der Feuerstätten, die in Betrieb sind, mit unterschiedlichsten Betriebsbedingungen, durchgeführt werden.

Die Validierung der Bedingung für den Abgasmassenstrom und die Überprüfung der Druckbedingung braucht bei Feuerstätten, die mit kleinster Wärmeleistung betrieben werden, in folgenden Fällen nicht durchgeführt werden:

- die Feuerstätten haben keinen Leistungsbereich;
- die Feuerstätten haben eine stationäre Wärmeleistung mit einer Obergrenze wie vom Hersteller deklariert. Dieser Wert muss auf dem Kennzeichnungsschild der Feuerstätte angegeben sein. In diesem Fall ist die Nennwärmeleistung die Wärmeleistung, die auf dem Kennzeichnungsschild angegeben ist;
- Feuerstätten ohne Gebläse und geregelter Zuluftzufuhr, die mit festen Brennstoffen beheizt werden.

Die Validierung des Abgasmassenstromes für die Betriebsbedingungen „Nennwärmeleistung“ der Feuerstätten braucht für folgenden Fall nicht durchgeführt werden:

- die Feuerstätten haben einen größeren oder mindestens gleichen Abgasmassenstrom bei kleinster Wärmeleistung als bei Nennwärmeleistung.

Die Temperaturbedingung muss bei folgenden relevanten Betriebsbedingungen und Umgebungslufttemperatur- und Außenlufttemperaturbedingungen nach EN 13384-1 eingehalten werden:

- bei Feuerstätten für feste Brennstoffe ohne Gebläse und Feuerstätten mit geregelter Zuluftzufuhr jeweils bei Nennwärmeleistung;
- bei Feuerstätten mit Strömungssicherungen für Warmwasserbereitung außer Betrieb. Diese Feuerstätten werden mit entsprechender Sekundärluft betrieben (sie sind nur kurzzeitig in Betrieb und deswegen darf angenommen werden, dass Kondensation keine Schäden verursacht oder Sicherheitsrisiken beinhaltet);
- bei Feuerstätten, die mit stationärem Wärmeleistungsbereich bei dieser (Nenn-)Wärmeleistung betrieben werden;
- bei allen anderen Feuerstätten, die mit kleinster Wärmeleistung betrieben werden.

Für im Gebäude angeordnete, feuchteunempfindliche Abgasanlagen genügt der Nachweis der Temperaturbedingung an dem Austritt der Abgasanlage.

Die Einhaltung der Temperaturbedingung braucht nicht nachgewiesen werden, wenn an die Abgasanlage nur gasbeheizte Umlauf-Wasserheizer und gasbefeuerte Vorrats-Wasserheizer angeschlossen sind.

Wenn die Abgasanlage mit einer Abgasklappe ausgestattet ist, wird sie wie eine Kaskadenschaltung betrachtet.

5.2 Druckbedingung

5.2.1 Unterdruck-Abgasanlagen

Folgende Gleichungen müssen für jeden Abschnitt j der Abgasanlage für alle relevanten Betriebsbedingungen erfüllt werden:

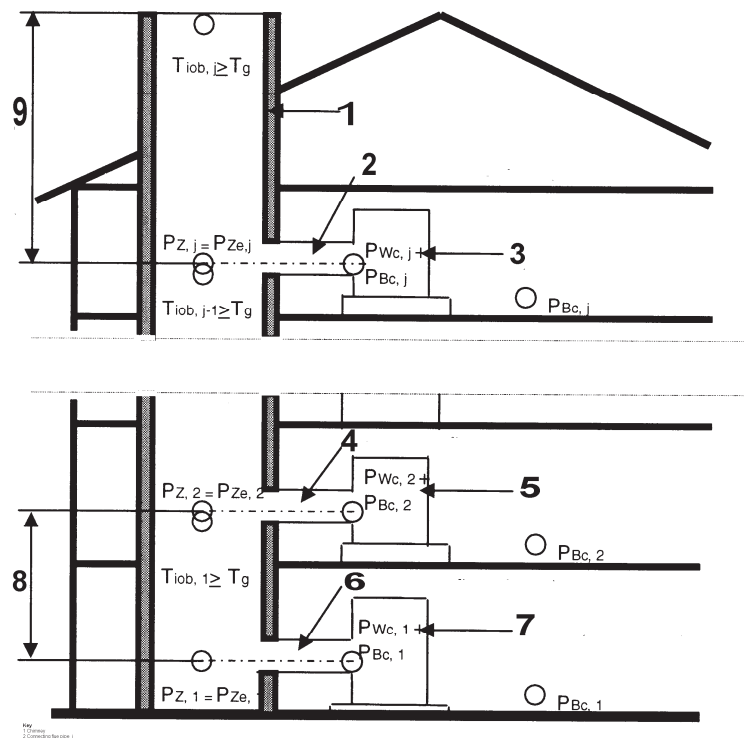
$$\left| P_{Z,j} - P_{Ze,j} \right| \leq 0,1 \quad \text{in Pa} \quad (1)$$

$$P_{Z,j} = -P_L + \sum_{k=j}^N (P_{H,k} - P_{R,k}) \quad \text{in Pa} \quad (2)$$

$$P_{Ze,j} = P_{Ee,j} + P_{V,j} + P_{Bc,j} \quad \text{in Pa} \quad (3)$$

Dabei ist

$P_{Z,j}$	der Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt j der Abgasleitung	in Pa;
$P_{H,k}$	der Ruhedruck im Abschnitt k der Abgasleitung	in Pa;
$P_{R,k}$	der Widerstandsdruck im Abschnitt k der Abgasleitung	in Pa;
$P_{Wc,j}$	der errechnete Förderdruck der Feuerstätte	in Pa;
$P_{V,j}$	der errechnete Widerstandsdruck des Verbindungsstückes des Abschnittes j der Abgasanlage	in Pa;
$P_{Bc,j}$	der errechnete Förderdruck für die Zuluft für die Feuerstätte j	in Pa;
$P_{Ze,j}$	der notwendige Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt j der Abgasanlage	 in Pa  .
P_L	der Winddruck	 in Pa  .
N	die Anzahl der an die Abgasanlage angeschlossenen Feuerstätten.	



Legende

- 1 Schornstein
- 2 Verbindungsstück j
- 3 Feuerstätte j
- 4 Verbindungsstück 2
- 5 Feuerstätte 2
- 6 Verbindungsstück 1
- 7 Feuerstätte 1
- 8 Abschnitt 1 der Abgasanlage
- 9 Abschnitt j der Abgasanlage

Bild 1 — Beispiel einer Mehrfachbelegung und Benummerung der Druck- und der Temperaturwerte in einer Abgasanlage

5.2.2 Überdruck-Abgasanlagen

Folgende Gleichungen müssen für jeden Abschnitt j der Abgasanlage für alle relevanten Betriebsbedingungen erfüllt werden:

$$|P_{ZOe,j} - P_{ZO,j}| \leq 0,1 \quad \text{in Pa} \quad (3a)$$

$$P_{ZO,j} = P_L + \sum_{k=j}^N (P_{R,k} - P_{H,k}) \quad \text{in Pa} \quad (3b)$$

$$P_{ZOe,j} = P_{WOc,j} + P_{V,j} + P_{Bc,j} \quad \text{in Pa} \quad (3c)$$

Dabei ist

$P_{ZO,j}$	der maximaler Überdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt j der Abgasanlage	in Pa;
$P_{H,k}$	der Ruhedruck im Abschnitt k der Abgasanlage	in Pa;
$P_{R,k}$	der Widerstandsdruck im Abschnitt k der Abgasanlage	in Pa;
$P_{WOc,j}$	der errechnete zur Verfügung stehende Förderdruck der Feuerstätte j	in Pa;
$P_{V,j}$	der errechnete Widerstandsdruck des Verbindungsstückes des Abschnittes j der Abgasanlage	in Pa;
$P_{Bc,j}$	der errechnete notwendige Förderdruck für die Zuluft für die Feuerstätte j	in Pa;
$P_{ZOe,j}$	der maximal nutzbare Überdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt j der Abgasanlage	in Pa;
P_L	der Winddruck	in Pa;
N	die Anzahl der Feuerstätten. A1	

5.3 Bedingungen für den Massenstrom

Die Gleichungen (4) bzw. (5) gelten für alle relevanten Betriebsbedingungen (siehe 5.6).

Für jede in Betrieb befindlichen Feuerstätte gilt bei Nennwärmeleistung:

$$\dot{m}_{Wc,j} \geq \dot{m}_{W,j} \quad \text{in kg/s} \quad (4)$$

und für jede nicht in Betrieb befindlichen Feuerstätte:

$$\dot{m}_{Wc,j} \geq 0 \quad \text{in kg/s} \quad (5)$$

Dabei ist

$\dot{m}_{Wc,j}$	der berechnete Abgasmassenstrom der Feuerstätte	in kg/s;
$\dot{m}_{W,j}$	der angegebene Abgasmassenstrom der Feuerstätte	in kg/s.

Ist eine Abgasklappe vorhanden, so wird der Strömungswiderstand 0 gesetzt, solange keine zusätzlichen Daten vorhanden sind.

5.4 **A1** Druckbedingungen **A1**

5.4.1 **A1** Unterdruck-Abgasanlagen

Bei Unterdruck-Abgasanlagen ist zusätzlich zu überprüfen, ob der Unterdruck in der Abgasanlage ($P_{Z,j}$) größer oder gleich dem Unterdruck im Aufstellraum der Feuerstätte bei berechneten Unterdruckbedingungen für die Luftzuführung ist. Die Überprüfung dieser Druckbedingung muss unter den gleichen Bedingungen wie für die Überprüfung der Bedingung für den Abgasmassenstrom festgelegt, erfolgen (siehe 5.3 und 5.6). Folgende Zusammenhänge müssen verifiziert werden:

$$P_{Z,j} \geq P_{Bc,j} \quad \text{in Pa} \quad (6)$$

Dabei ist

$P_{Z,j}$ der minimale Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt j der Abgasanlage in Pa;

$P_{Bc,j}$ der errechnete Förderdruck für die Zuluft für die Feuerstätte j in Pa.

Falls erforderlich, ist zusätzlich zu überprüfen, ob der Unterdruck (Zug) in der Abgasanlage ($P_{Zmax,j}$) niedriger oder gleich dem maximal zulässigen Unterdruck an der Feuerstätte ($P_{Zemax,j}$) ist. Die Gleichung (6a) muss für alle relevanten Betriebsbedingungen verifiziert werden (siehe 5.6).

Die Überprüfung dieser Druckbedingung muss mit einer gesonderten Berechnung unter Verwendung der neu berechneten Abgasmassenströme, die die Druckbedingungen bei einer Außenlufttemperatur von $T_L = 258,15 \text{ K}$ ($t_L = -15 \text{ °C}$, siehe EN 13384-1) erfüllen, erfolgen.

$$P_{Zmax,j} = \sum_{k=j}^N (P_{H,k} - P_{R,k}) \leq P_{Wmax,j} + P_{V,j} + P_{Bc,j} = P_{Zemax,j} \quad \text{in Pa} \quad (6a)$$

Dabei ist

$P_{Zmax,j}$ der maximale Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt j der Abgasanlage in Pa;

$P_{Zemax,j}$ der zulässige Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt j der Abgasanlage in Pa;

$P_{H,k}$ der Ruhedruck im Abschnitt k der Abgasanlage in Pa;

$P_{R,k}$ der Widerstandsdruck des Abschnittes k der Abgasanlage in Pa;

$P_{Wmax,j}$ der zulässige Unterdruck für die Feuerstätte j in Pa;

$P_{V,j}$ der errechnete Widerstandsdruck des Verbindungsstückes von Abschnitt j der Abgasanlage in Pa;

$P_{Bc,j}$ der errechnete Förderdruck für die Zuluft für die Feuerstätte j in Pa.

ANMERKUNG Die Werte für $P_{H,k}$ und $P_{R,k}$ in den Gleichungen (2) und (6a) unterscheiden sich gewöhnlich, weil die Bedingungen unterschiedlich sind. $\triangleleft 1$

5.4.2 $\triangleleft 1$ Überdruck-Abgasanlagen

Bei Überdruck-Abgasanlagen ist zusätzlich zu überprüfen, ob der maximale Überdruck im Verbindungsstück ($P_{ZO,j} + P_{V,j}$) und im senkrechten Teil der Abgasanlage ($P_{ZO,j}$) nicht höher ist als der Überdruck, für den beide vorgesehen sind ($P_{ZV \text{ excess}}$ und $P_{Z \text{ excess}}$). Die Überprüfung der Druckbedingung muss unter den gleichen Bedingungen wie für die Überprüfung der Bedingung für den Abgasmassenstrom festgelegt, erfolgen (siehe 5.3 und 5.6). Folgende Zusammenhänge müssen verifiziert werden:

$$P_{ZO,j} \leq P_{Z \text{ excess}} \quad \text{in Pa} \quad (6b)$$

$$P_{ZO,j} + P_{V,j} \leq P_{ZV \text{ excess}} \quad \text{in Pa} \quad (6c)$$

Dabei ist

$P_{ZO,j}$	der Überdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt j der Abgasanlage	in Pa;
$P_{V,j}$	der errechnete Widerstandsdruck des Verbindungsstückes des Abschnittes j der Abgasanlage	in Pa;
$P_{Z\ excess}$	der höchste zulässige Auslegungsdruck entsprechend der Kennzeichnung der Abgasanlage	in Pa;
$P_{ZV\ excess}$	der maximal zulässige Überdruck entsprechend der Kennzeichnung des Verbindungsstückes	in Pa.

Falls erforderlich, ist zusätzlich zu überprüfen, ob der minimale Überdruck in der Abgasanlage ($P_{ZOmin,j}$) größer oder gleich dem erforderlichen minimalen Überdruck an der Feuerstätte ($P_{ZOemin,j}$) ist. Die Gleichung (6d) muss für alle relevanten Betriebsbedingungen verifiziert werden (siehe 5.6).

Die Überprüfung dieser Druckbedingung muss mit einer gesonderten Berechnung unter Verwendung der neu berechneten Abgasmassenströme, die die Druckbedingungen bei einer Außenlufttemperatur von $T_L = 258,15\text{ K}$ ($t_L = -15\text{ °C}$, siehe EN 13384-1) erfüllen, erfolgen.

$$P_{ZOmin,j} = \sum_{k=j}^N (P_{R,k} - P_{H,k}) \geq P_{WOmin,j} - P_{Bc,j} - P_{V,j} = P_{ZOemin,j} \quad \text{in Pa} \quad (6d)$$

Dabei ist

$P_{ZOmin,j}$	der minimale Überdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt j der Abgasanlage	in Pa;
$P_{ZOemin,j}$	der erforderliche Überdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Abschnitt j der Abgasanlage	in Pa;
$P_{H,k}$	der Ruhedruck im Abschnitt k der Abgasanlage	in Pa;
$P_{R,k}$	der Widerstandsdruck des Abschnittes k der Abgasanlage	in Pa;
$P_{WOmin,j}$	der erforderliche Überdruck an der Feuerstätte j	in Pa;
$P_{Bc,j}$	der errechnete Förderdruck für die Zuluft für die Feuerstätte j	in Pa;
$P_{V,j}$	der errechnete Widerstandsdruck des Verbindungsstückes von Abschnitt j der Abgasanlage	in Pa.

ANMERKUNG Die Werte für $P_{H,k}$ und $P_{R,k}$ in den Gleichungen (3b) und (6d) unterscheiden sich gewöhnlich, weil die Bedingungen unterschiedlich sind. 

5.5 Temperaturbedingung

Die Gleichung (7) gilt für alle Betriebsbedingungen (siehe 5.6).

Die Überprüfung der Temperaturbedingung erfolgt in einem gesonderten Rechengang unter Berücksichtigung der soeben errechneten Abgasmassenströme, welche die Druckbedingung bei einer Außenlufttemperatur von $T_{uo,j}$ erfüllen (siehe EN 13384-1).

$$T_{io,j} \geq T_{g,j} \quad \text{in K} \quad (7)$$

Dabei ist

$T_{\text{io},j}$ die Innenwandtemperatur an dem Austritt des Abschnittes j der Abgasanlage in K;

$T_{g,j}$ die Grenztemperatur des Abschnittes j der Abgasanlage in K.

Die Grenztemperatur $T_{g,j}$ für Abgasanlagen im trockenen Betrieb ist gleich der Taupunkttemperatur $T_{\text{sp},j}$ des Abgases (siehe 8.6). $T_{g,j} = T_{\text{sp},j}$.

Die Grenztemperatur $T_{g,j}$ für Abgasanlagen für den feuchten Betrieb entspricht dem Gefrierpunkt von Wasser: $T_{g,j} = 273,15 \text{ K}$.

ANMERKUNG In folgenden Fällen braucht die Temperaturbedingung nicht eingehalten zu werden, wenn akzeptiert wird, dass nicht sichergestellt werden kann, dass keine Feuchtigkeit auftritt wenn die Temperaturbedingung nicht eingehalten ist. In derartigen Fällen wird Wärmedämmung empfohlen.

- Feuerstätten, die an eine Abgasanlage angeschlossen werden, die bereits in Betrieb ist und
- die Wärmeleistung der Feuerstätte, die angeschlossen und/oder ersetzt wird, jeweils 30 kW nicht überschreitet und
- die Abgasverluste gleich oder kleiner als 8 % sind und
- eine wirksame Luftzirkulation durch die Abgasanlage durch Strömungssicherungen und Abgasklappen während der Stillstandszeiten gegeben ist und
- genügend Stillstandszeiten vorhanden sind (z. B. wenn die Mindestwärmeleistung der Feuerstätte bei Bereitschaftsbetrieb nicht weniger als 20 % der benötigten Wärmeleistung beträgt).

5.6 Berechnungsgang

Bei der Berechnung der Druck- und Temperaturverhältnisse in einer mehrfach belegten Abgasanlage ist eine iterative Vorgehensweise notwendig. Der Berechnungsgang basiert auf Masse- und Energiebilanzgleichungen unter angenommenen statischen Bedingungen.

An allen Punkten an denen Leitungen eingebunden werden (am Ende eines Verbindungsstückes, am Anfang und Ende eines Abschnittes der Abgasanlage), an allen Knotenpunkten (siehe Bild 2) gelten die folgenden Gleichungen:

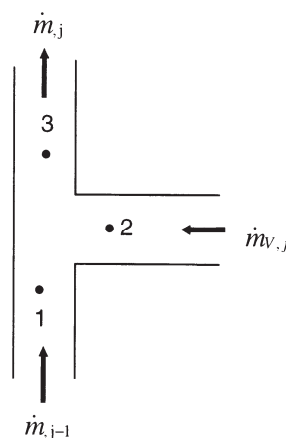


Bild 2 — Bezeichnungs- und Benummerungsbeispiel für Knoten (siehe Gleichungen (8) und (9))

— bei der Zusammenführung unterschiedlicher Massenströme:

$$\dot{m}_{j-1} + \dot{m}_{V,j} = \dot{m}_j \quad \text{in kg/s} \quad (8)$$

$$\dot{m}_{j-1} c_{p,j-1} T_{o,j-1} + \dot{m}_{V,j} c_{pV,j} T_{oV,j} = \dot{m}_j c_{p,j} T_{e,j} \quad \text{in J/s} \quad (9)$$

Dabei ist

$\dot{m}_{j-1}$	der Abgasmassenstrom im Abschnitt j-1	in kg/s;
$\dot{m}_{V,j}$	der Abgasmassenstrom im Verbindungsstück j	in kg/s;
$\dot{m}_j$	der Abgasmassenstrom im Abschnitt j	in kg/s;
$c_{p,j-1}$	die spezifische Wärmekapazität des Abgases im Abschnitt j-1	in J/(kg·K);
$c_{pV,j}$	die spezifische Wärmekapazität des Abgases im Verbindungsstück j	in J/(kg·K);
$c_{p,j}$	die spezifische Wärmekapazität des Abgases im Abschnitt j	in J/(kg·K);
$T_{o,j-1}$	die Abgastemperatur an dem Austritt des Abschnittes j-1	in K;
$T_{oV,j-1}$	die Abgastemperatur am Austritt aus dem Verbindungsstück j	in K;
$T_{e,j}$	die Abgastemperatur an der Einführung in den Abschnitt j	in K;

— $\bar{A}_1$ Der Unterdruck oder Überdruck am Anfang des Abschnittes der Abgasanlage (bei Punkt 3) wird hergeleitet aus dem Unterdruck oder Überdruck dieses Abschnittes der Abgasanlage und aller nachfolgenden Abschnitte entsprechend Gleichung (2). $\bar{A}_1$

ANMERKUNG Bei bestimmten gebläseunterstützten Wärmerzeugern darf entsprechend den Herstellerangaben angenommen werden, dass der Abgasmassenstrom von dem Unterdruck $\bar{A}_1$ oder Überdruck $\bar{A}_1$ in der Abgasanlage unabhängig ist. Diese Aussage soll dazu dienen, die Anzahl der Iterationen zu begrenzen.

Bei jeder Iteration sind folgende Parameter zu ermitteln:

- $\bar{A}_1$ für jeden Knotenpunkt j der tatsächliche Druckwert ($P_{Ze,j}$, $P_{Z,j}$ oder $P_{ZOe,j}$, $P_{ZO,j}$ und falls erforderlich $P_{Zemax,j}$, $P_{Zmax,j}$ oder $P_{ZOemin,j}$, $P_{ZOmin,j}$) sowie die Temperaturwerte ($T_{o,j-1}$ bei Punkt 1, $T_{oV,j}$ bei Punkt 2, $T_{e,j}$ bei Punkt 3);
- für jeden Abschnitt zwischen zwei Knotenpunkten, die Mittelwerte der tatsächlichen Temperatur, des Massenstromes und der Abgasgeschwindigkeit. $\bar{A}_1$

Vor der ersten Iteration ist ein Startwert für den Massenstrom am Abgasstutzen der Feuerstätte anzunehmen. Ein möglicher Startwert für den Massenstrom ist der deklarierte Abgasmassenstrom für die Feuerstätte $\dot{m}_{W,j}$.

Jede Iteration umfasst folgende zwei Phasen:

Phase 1: Berechne die Parameter ausgehend vom niedrigsten Knotenpunkt bis zum Austritt in die Atmosphäre wie folgt:

- berechne den Abgasmassenstrom am Abgasstutzen der Feuerstätte;

- in jedem Verbindungsstück und in jeder Zuluftleitung:
 - errechneter Massenstrom ($\dot{m}_{A1}$) Gleichung (14) ($\dot{m}_{A1}$);
 - mittlere Dichte des Abgases/der Luft (Gleichung (29));
 - mittlere Geschwindigkeit des Abgases/der Luft (Gleichung (30));
 - Abgas/Lufttemperatur an dem Austritt (siehe EN 13384-1:2002, 5.8);
 - mittlere Abgas-/Lufttemperatur (siehe EN 13384-1:2002, 5.8);
- in jedem Abschnitt der Abgas-/Luftleitung:
 - errechneter Massenstrom vor/nach Beimischung ($\dot{m}_{A1}$) jedes Abschnittes (Punkt 3 in Bild 2) (Gleichung (13)) ($\dot{m}_{A1}$);
 - Temperatur des Abgases/der Luft nach Beimischung (Gleichung (15))
 - mittlere Dichte des Abgases/der Luft (Gleichung (27));
 - mittlere Geschwindigkeit des Abgases/der Luft (Gleichung (28));
 - Abgas-/Lufttemperatur an dem Austritt (siehe EN 13384-1:2002, 5.8);
 - mittlere Abgas-/Lufttemperatur (siehe EN 13384-1:2002, 5.8).

Phase 2: Berechne die Werte für den Unterdruck (Δp_{A1}) oder Überdruck (Δp_{A1}) jeweils an jedem Knotenpunkt ausgehend von dem Austritt der Abgasleitung ins Freie bis zurück zu dem Knotenpunkt, der davon am weitesten entfernt ist:

- erforderlicher Unterdruck (Δp_{A1}) oder verfügbarer Differenzdruck (Δp_{A1}) an der Abgaseinführung in die Abgasleitung (Δp_{A1}) (Gleichung (3) oder (3c)) (Δp_{A1});
- Ruhedruck an der Abgaseinführung in den Abschnitt der Abgasleitung (Gleichung (31));
- Widerstandsdruck im Abschnitt der Abgasleitung (nach Gleichung (32));
- Unterdruck (Δp_{A1}) oder Überdruck (Δp_{A1}) an der Abgaseinführung in den Abschnitt der Abgasleitung (Δp_{A1}) (mit Gleichung (2) oder (3b)). (Δp_{A1})

Die oben beschriebenen Iterationen (Phase 1 und Phase 2) werden unter Betriebsbedingungen (d. h. Nennwärmeleistung, kleinste Leistung und Feuerstätte abgeschaltet) solange fortgeführt, bis die Druckbedingung erfüllt ist (Gleichung (1)).

Ist die Druckbedingung erfüllt, so können die Werte der letzten Iteration als die Werte angesehen werden, mit denen im Sinne dieser Norm, unter Berücksichtigung des Betriebes der Abgasanlage und Einhaltung des Abgasmassenstromes, die Einhaltung der Druck- und Temperaturbedingungen wie folgt ausgeführt werden.

Ist die Druckbedingung nicht erfüllt, erfolgt eine erneute Vorschätzung von $\dot{m}_W$, die auf der festgestellten Differenz von $P_{Z,j}$ und $P_{Ze,j}$ (Δp_{A1}) oder $P_{ZO,j}$ und $P_{ZOe,j}$ (Δp_{A1}) beruht und mit der eine neue Iteration durchgeführt wird.

6 Abgaskennlinien für die Feuerstätten

Die für die Berechnung der Temperatur- und Druckwerte relevanten Daten für die Feuerstätten müssen vorhanden sein. Dies schließt ein:

- den notwendigen Förderdruck $\overline{A_1}$ oder des angegebenen zur Verfügung stehenden Förderdruckes $\overline{A_1}$ der Feuerstätte $\overline{A_1}$ ($P_{W,j}$ oder $P_{WO,j}$) $\overline{A_1}$;
- die vom Hersteller der Feuerstätte deklarierte Abgastemperatur ($t_{W,j}$).

Beide Werte müssen in Abhängigkeit vom Abgasmassenstrom bei verschiedenen Betriebsbedingungen der Feuerstätten (in Betrieb, außer Betrieb) angegeben werden. Der errechnete Förderdruck $P_{Wc,j}$ $\overline{A_1}$ oder der zur Verfügung stehende Förderdruck $P_{WOc,j}$ $\overline{A_1}$ der Feuerstätte ist für beide Betriebsbedingungen in Form eines Polynoms 4. Grades (Gleichung (10)) anzugeben.

$$P_{Wc,j} = b_0 + b_1 \left(\frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{W,j}} \right) + b_2 \left(\frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{W,j}} \right)^2 + b_3 \left(\frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{W,j}} \right)^3 + b_4 \left(\frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{W,j}} \right)^4 \quad \text{in Pa} \quad (10)$$

$$\overline{A_1} P_{WOc,j} = c_0 + c_1 \left(\frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{W,j}} \right) + c_2 \left(\frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{W,j}} \right)^2 + c_3 \left(\frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{W,j}} \right)^3 + c_4 \left(\frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{W,j}} \right)^4 \quad \text{in Pa} \quad (10a) \overline{A_1}$$

$$t_{Wc,j} = y_0 + y_1 \left(\frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{W,j}} \right)^{y_2} \quad \text{in } ^\circ\text{C} \quad (11)$$

Dabei ist

b_0, b_1, b_2, b_3, b_4	Faktoren der Polynom-Gleichung für den errechneten Förderdruck der Feuerstätte j;	
y_0, y_1, y_2	Faktoren der Exponentialgleichung für die Feuerstätte j;	
$\dot{m}_{Wc,j}$	der errechnete Abgasmassenstrom für die Feuerstätte j	in kg/s;
$\dot{m}_{W,j}$	der angegebene Abgasmassenstrom für die Feuerstätte j	in kg/s;
$P_{Wc,j}$	der errechnete Förderdruck der Feuerstätte	in Pa;
$\overline{A_1} P_{WOc,j}$	der errechnete zur Verfügung stehende Förderdruck der Feuerstätte	in Pa; $\overline{A_1}$
$t_{Wc,j}$	die errechnete Abgastemperatur der Feuerstätte	in $^\circ\text{C}$;
$\overline{A_1} c_0, c_1, c_2, c_3, c_4$	Faktoren der Polynom-Gleichung für den errechneten zur Verfügung stehenden Förderdruck der Feuerstätte j. $\overline{A_1}$	

$\overline{A_1}$ Bei Unterdruck-Abgasanlagen sind die Werte für b und y für die Betriebszustände „in Betrieb“ und „außer Betrieb“ getrennt zu ermitteln. Sind diese Werte nicht angegeben, sind die für die Feuerstätte charakteristischen Abgasdaten Anhang B zu entnehmen.

Bei Überdruck-Abgasanlagen sind die Werte für c und y für den Betriebszustand „in Betrieb“ aus den Angaben des Feuerstätte-Herstellers zu ermitteln.

ANMERKUNG 1 Wenn die Angaben für den Betriebszustand „in Betrieb“ nicht zur Verfügung stehen, ist die Berechnung nicht möglich.

Für den Betriebszustand „außer Betrieb“ müssen c_0 , c_1 , c_3 , c_4 und y_0 , y_1 , y_2 gleich 0 sein und c_2 muss –1 000 000 betragen.

ANMERKUNG 2 Bei Überdruckanwendungen beruht die Validierung des Massenstroms darauf, dass es keine Möglichkeit für einen Abgasrückfluss durch eine außer Betrieb befindliche Feuerstätte gibt. [A1](#)

Zusätzlich müssen die Volumenkonzentration an CO_2 der Abgase bei den beiden Bezugswärmeleistungen (Nennwärmeleistung und kleinste Leistung der Feuerstätte $\sigma(\text{CO}_2)_{W,j}$) angegeben werden. Die angegebene Volumenkonzentration an CO_2 der Abgase kann auch für beide Bezugswärmeleistungen nach EN 13384-1:2002, Tabelle B.1 und Tabelle B.2, bestimmt werden.

Der errechnete CO_2 -Gehalt des Abgases der Feuerstätte j $\sigma(\text{CO}_2)_{Wc,j}$ muss für die zwei Betriebsbedingungen „in Betrieb bei Nennwärmeleistung“ und „in Betrieb bei kleinster Wärmeleistung“ nach folgender Gleichung ermittelt werden:

- für Feuerstätten für flüssige und gasförmige Brennstoffe und Feuerstätten für feste Brennstoffe mit automatischer Nachspeisung:

$$\sigma(\text{CO}_2)_{Wc,j} = \frac{1}{\left(\frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{W,j}}\right) \frac{1}{\sigma(\text{CO}_2)_{W,j}} + \left[\left(\frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{W,j}}\right) - 1\right] \frac{f_{m2}}{f_{m1}}} \quad \text{Volumenanteil in \%} \quad (12)$$

- in anderen Fällen:

$$\sigma(\text{CO}_2)_{Wc,j} = \sigma(\text{CO}_2)_{W,j} \quad \text{Volumenanteil in \%}$$

Dabei ist

$\sigma(\text{CO}_2)_{W,j}$	der angegebene CO_2 -Gehalt des Abgases der Feuerstätte j	Volumenanteil in %;
$\sigma(\text{CO}_2)_{Wc,j}$	der errechnete CO_2 -Gehalt des Abgases der Feuerstätte j	Volumenanteil in %;
f_{m1}, f_{m2}	Koeffizienten nach EN 13384-1;	
$\dot{m}_{Wc,j}$	der errechnete Abgasmassenstrom der Feuerstätte j	in kg/s;
$\dot{m}_{W,j}$	der deklarierte Abgasmassenstrom der Feuerstätte j	in kg/s.

[A1](#) Zur Berechnung einer Unterdruck-Abgasanlage ist der Wert für den zulässigen Unterdruck an der Feuerstätte P_{Wmax} und zur Berechnung einer Überdruck-Abgasanlage der Wert für den erforderlichen Überdruck der Feuerstätte P_{Womin} falls zutreffend beim Hersteller der Feuerstätte zu erfragen. [A1](#)

7 Bauartkennwerte für die Abgasanlage und das Verbindungsstück

Der mittlere Rauigkeitsbeiwert (r_j bzw. $r_{V,j}$) und der Wärmedurchlasswiderstand ($\left(\frac{1}{\lambda}\right)_j$ bzw. $\left(\frac{1}{\lambda}\right)_{V,j}$) müssen für jedes Verbindungsstück und für jeden Abschnitt der Abgasanlage bestimmt werden (siehe EN 13384-1:2002, 5.6.2).