

DIN EN 13384-2

ICS 91.060.40

Ersatz für
DIN EN 13384-2:2015-06**Abgasanlagen –
Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren –
Teil 2: Abgasanlagen mit mehreren Verbrennungseinrichtungen;
Deutsche Fassung EN 13384-2:2015+A1:2019**

Chimneys –
Thermal and fluid dynamic calculation methods –
Part 2: Chimneys serving more than one combustion appliance;
German version EN 13384-2:2015+A1:2019

Conduits de fumée –
Méthodes de calcul thermo-aéraulique –
Partie 2: Conduits de fumée desservant plus d'un appareil de chauffage;
Version allemande EN 13384-2:2015+A1:2019

Gesamtumfang 84 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13384-2:2015+A1:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 166 „Abgasanlagen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von ASI (Österreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-11-39 AA „Abgasanlagen (SpA zu CEN/TC 166 und CEN/TC 166/WG 1, WG 2)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Im Europäischen Vorwort wurde eine Nationale Fußnote zum Datum der Annahme der Änderung A1 eingefügt.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13384-2:2015-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Begriff „Feuerstätte“ wurde im gesamten Dokument durch den Begriff „Verbrennungseinrichtung“ ersetzt;
- b) der Begriff „Zuluft“ wurde im gesamten Dokument durch den Begriff „Verbrennungsluft“ ersetzt;
- c) eine Anmerkung wurde in 15.2 ergänzt;
- d) eine neue Tabelle B.3 „Spezifikation für Heizkessel für gasförmige Brennstoffe des Typs C₍₁₀₎ zur Verwendung als Eingabe für die Abgasberechnung“ wurde ergänzt;
- e) die Norm wurde redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 4705-3: 1984-07

DIN V 4705-3: 1997-08

DIN EN 13384-2: 2003-12, 2009-07, 2015-06

Deutsche Fassung

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

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

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

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 24. Januar 2015 angenommen und schließt Änderung 1 ein, die am 27. April 2019 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 CEN-CENELEC-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, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

Seite

Einleitung.....	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen.....	8
3 Begriffe.....	9
4 Allgemeine Formelzeichen und Abkürzungen	10
5 Berechnungsverfahren	11
5.1 Allgemeine Grundsätze	11
5.2 Druckbedingung	12
5.2.1 Unterdruckabgasanlagen.....	12
5.2.2 Überdruckabgasanlagen.....	14
5.3 Massenstrombedingung	15
5.4 Druckbedingungen	15
5.4.1 Unterdruckabgasanlagen.....	15
5.4.2 Überdruckabgasanlagen.....	16
5.5 Temperaturbedingung	17
5.6 Berechnungsverfahren	18
6 Charakteristische Abgaswerte für die $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\boxed{A_1}$	21
7 Bauartkennwerte für die Abgasanlage und das Verbindungsstück	23
8 Grundwerte für die Berechnung.....	23
8.1 Allgemeines	23
8.2 Lufttemperaturen	23
8.2.1 Außenlufttemperatur (T_L)	23
8.2.2 Umgebungslufttemperatur (T_u)	23
8.3 Außenluftdruck (p_L).....	23
8.4 Gaskonstante	23
8.4.1 Gaskonstante der Luft (R_L).....	23
8.4.2 Gaskonstante des Abgases (R).....	23
8.5 Luftdichte (ρ_L)	23
8.6 Spezifische Wärmekapazität des Abgases (c_p)	24
8.7 Wasserdampfgehalt ($\sigma(H_2O)_j$) und Taupunkttemperatur (T_{sp})	24
8.8 Korrekturfaktor für fehlende Temperaturbeharrung (S_H)	24
8.9 Strömungstechnischer Sicherheitskoeffizient (S_E).....	24
8.10 Äußerer Wärmeübergangskoeffizient	24
9 Ermittlung der Temperaturen	25
10 Mischungsgleichungen	27
10.1 Allgemeines	27
10.2 Abgasmassenstrom (m, j).....	27
10.3 Abgastemperatur an der Einführung in den Abschnitt einer Abgasanlage ($T_{e,j}$)	27
10.4 CO ₂ -Gehalt des Abgases im Abschnitt einer Abgasanlage ($\sigma(CO_2)_j$)	27
10.5 H ₂ O-Gehalt des Abgases ($\sigma(H_2O)_j$).....	27

10.6	Gaskonstante des Abgases (R_j).....	28
10.7	Stoffdaten	28
10.7.1	Spezifische Wärmekapazität ($c_{pV,j}$), ($c_{p,j}$)	28
10.7.2	Wärmeleitfähigkeit des Abgases ($\lambda_{AV,j}$), ($\lambda_{A,j}$)	28
10.7.3	Dynamische Viskosität ($\eta_{AV,j}$), ($\eta_{A,j}$)	29
10.7.4	Taupunkttemperatur (T_{sp}).....	29
11	Dichte und Geschwindigkeit des Abgases	30
12	Ermittlung der Drücke.....	31
12.1	Drücke an jeder Abgaseinführung in die Abschnitte der Abgasanlage	31
12.1.1	Unterdruck.....	31
12.1.2	Überdruck	31
12.1.3	Ruhedruck in einem Abschnitt der Abgasanlage ($P_{H,j}$)	31
12.1.4	Widerstandsdruck im Abschnitt j der Abgasanlage ($P_{R,j}$)	31
12.2	Notwendiger Unterdruck und zulässiger Unterdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Teil der Abgasanlage (P_{Ze} und P_{Zemax}) sowie maximal nutzbarer Überdruck und erforderlicher Überdruck an der Abgaseinführung in den senkrechten Teil der Abgasanlage (P_{ZOe} und P_{ZOemin}).....	34
12.2.1	Notwendiger Unterdruck und zulässiger Unterdruck.....	34
12.2.2	Maximal nutzbarer Überdruck und erforderlicher Überdruck	34
12.2.3	Berechneter notwendige Förderdruck des Verbindungsstücks ($P_{V,j}$).....	35
12.2.4	Berechneter Förderdruck für die Zuluft ($P_{Bc,j}$)	37
13	Innenwandtemperatur.....	38
14	Kaskadenschaltungen.....	38
14.1	Grundzüge des Berechnungsverfahrens.....	38
14.2	Druckbedingung	39
14.2.1	Unterdruck-Kaskadenschaltung.....	39
14.2.2	Überdruck-Kaskadenschaltung	40
14.3	Bedingung für den Massenstrom.....	41
14.4	Druckbedingungen	41
14.4.1	Unterdruckabgasanlagen	41
14.4.2	Überdruckabgasanlagen.....	42
14.5	Temperaturbedingung.....	43
14.6	Berechnungsverfahren.....	44
14.7	Drücke am Austritt des Verbindungsstücks und Drücke an der Abgaseinführung in den Sammlerabschnitt.....	44
14.7.1	Druck an der Abgaseinführung in den Sammlerabschnitt ($P_{ZC,j,l}$ oder $P_{ZOC,j,l}$)	44
14.7.2	Notwendiger Unterdruck oder maximal nutzbarer Überdruck am Austritt des Verbindungsstücks ($P_{ZeC,j,l}$, $P_{ZOeC,j,l}$).....	47
14.8	Innenwandtemperatur ($T_{iobC,j,l}$)	49
15	Luft-Abgas-System.....	50
15.1	Grundlage des Berechnungsverfahrens.....	50
15.2	Druckbedingung	50
15.3	Bedingungen für den Massenstrom.....	51
15.4	Druckbedingungen	51
15.4.1	Unterdruckabgasanlagen	51
15.4.2	Überdruckabgasanlagen.....	51
15.5	Temperaturbedingungen	53
15.6	Berechnungsverfahren für Luft-Abgas-Systeme	53
15.7	Massenstrom für die λ_1 Verbrennungsluft λ_1	56
15.8	Temperaturbestimmung in Luft-Abgas-System.....	56

15.8.1	Nebeneinander liegende Schächte.....	56
15.8.2	Konzentrische Schächte.....	57
15.8.3	Konzentrische Verbindungsstücke.....	64
15.9	Drücke in den Luftschächten	70
15.9.1	Ruhedruck im Luftschacht des Abschnitts j der Abgasanlage	70
15.9.2	Ruhedruck der Verbindungsluftleitung von Verbindungsstücken	70
15.9.3	Widerstandsdruck im Luftschacht des Abschnitts j der Abgasanlage ($P_{RB,j}$).....	71
15.9.4	Widerstandsdruck der Verbindungsluftleitung von Verbindungsstücken j ($P_{RBV,j}$).....	72
15.10	Dichte und Geschwindigkeit der $\boxed{A_1}$ Verbrennungsluft $\langle A_1 \rangle$	74
15.10.1	Dichte und Geschwindigkeit der $\boxed{A_1}$ Verbrennungsluft $\langle A_1 \rangle$ im Luftschacht, gemittelt über die Länge eines Abschnitts der Abgasanlage	74
15.10.2	Dichte und Geschwindigkeit der $\boxed{A_1}$ Verbrennungsluft $\langle A_1 \rangle$ gemittelt über die Länge der Verbindungsstücke.....	75
16	Berücksichtigung von Abgasventilatoren	75
16.1	Allgemeines	75
16.2	Einbauventilatoren.....	76
16.3	Abgassauger	78
Anhang A (informativ)	Empfehlungen	79
A.1	Allgemeines	79
A.2	Empfehlungen bezüglich Abgasanlage und $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$	79
A.3	Empfehlungen bezüglich der Verbindungsstücke	79
Anhang B (informativ)	Kennwerte für die $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$	80

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 13384-2:2015+A1:2019) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 166 „Abgasanlagen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von ASI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2020, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2020 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt [A1](#) EN 13384-2:2015 [A1](#).

Dieses Dokument enthält die Änderung 1, die vom CEN am 26. Juni 2019^{N1)} angenommen wurde.

Gegenüber EN 13384-2:2003+A1:2009 und EN 13384-2:2015+A1:2019 wurden folgende grundlegende Änderungen vorgenommen:

- redaktionelle Fehler wurden korrigiert;
- Fehler in Gleichungen wurden korrigiert;
- Kennwerte für [A1](#) Verbrennungseinrichtungen [A1](#) für feste und flüssige Brennstoffe in Anhang B wurden an die aktuellen Daten angeglichen;
- für die Brennstoffgemische wurde eine Verdeutlichung des Anstiegs des Wasserdampfdruckpunkts hinzugefügt;
- für nicht-konzentrische Leitungen wurde die Berechnung der mittleren Temperatur der Luftzufuhr geändert;
- der Vorgang der Iteration für Verbrennungseinrichtungen mit niedriger Auswirkung des Drucks auf den Abgasmassenstrom (z. B. Kraft-Wärme-Kopplung) wurde vereinfacht;
- für Abgasventilatoren wurde ein Berechnungsverfahren hinzugefügt;
- „Feuerstätte“ wurde ersetzt durch „Verbrennungseinrichtung“;
- „Zuluft“ wurde ersetzt durch „Verbrennungsluft“.
- Neue Tabelle für die Spezifikation von Heizkesseln für gasförmige Brennstoffe des Typs C(10).

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

In dieser Norm werden nationale Installationsbestimmungen nicht berücksichtigt.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben.

N1) Das Datum müsste „27. April 2019“ lauten.

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

Diese Europäische Normenreihe *Abgasanlagen — Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren* besteht aus drei Teilen:

- *Teil 1: Abgasanlagen mit einer Verbrennungseinrichtung*
- *Teil 2: Abgasanlagen mit mehreren Verbrennungseinrichtungen*
- *Teil 3: Verfahren zur Entwicklung von Diagrammen und Tabellen für Abgasanlagen mit einer Feuerstätte*

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

Einleitung

Das in dieser Norm beschriebene Berechnungsverfahren ist komplex und wird am besten mithilfe eines Computer-Programms angewendet. Die allgemeinen Grundlagen dieses Berechnungsverfahrens nach EN 13384-1 gelten auch für diese Norm.

Diese Norm unterstützt die Ausführungsnormen für Abgasanlagen mit mehreren  Verbrennungseinrichtungen  (Mehrfachbelegung).

Die jeweilige Ausführungsnorm legt Grenzen und sicherheitstechnische Anforderungen in Zusammenhang mit der Planung, der Errichtung, der Inbetriebnahme und der Wartung von Abgasanlagen mit mehreren  Verbrennungseinrichtungen  fest (dies wird im Rahmen des Berechnungsverfahrens nicht geregelt).

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der Normenreihe EN 13384 legt Berechnungsverfahren für die wärme- und strömungstechnischen Eigenschaften von Abgasanlagen mit mehreren $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$ fest.

Dieser Teil der EN 13384 umfasst zwei Fälle:

- a) senkrechte Teile von Abgasanlagen, in die mehrere Verbindungsstücke von einzelnen oder mehreren zusammengefassten Verbrennungseinrichtungen münden; oder
- b) senkrechte Teile von Abgasanlagen, in die ein einzelnes Verbindungsstück mündet, das mehrere Verbrennungseinrichtungen in Kaskadenschaltung verbindet.

Der Fall des Anschlusses mehrerer Kaskadenschaltungen ist durch Fall a) abgedeckt.

Dieser Teil von EN 13384 befasst sich mit Unterdruckabgasanlagen (im Verbindungsstück können Überdruckbedingungen herrschen) sowie mit Überdruckabgasanlagen und gilt für Abgasanlagen mit $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$ für flüssige, gasförmige und feste Brennstoffe.

Dieser Teil der Normenreihe EN 13384 gilt nicht für:

- Abgasanlagen mit unterschiedlichen Wärmedurchlasswiderständen oder unterschiedlichen Querschnitten in den verschiedenen Abschnitten der Abgasanlage. Energiegewinne werden durch diesen Teil der Normenreihe nicht berücksichtigt;
- Abgasanlagen für offene Feuerstätten, z. B. offene Kamine oder Abgaseinführungen in die Abgasanlage, die bestimmungsgemäß offen im Raum betrieben werden;
- Abgasanlagen für verschiedene $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$ mit Unterdruckbetrieb (Naturzug), Gebläseunterstützung oder Verbrennungskraftmaschine. Gebläseunterstützte Abgasanlagen mit einer Nebenluftvorrichtung zwischen Gebläse und Abgasanlage sind als Naturzugkessel anzusehen;
- Abgasanlagen mit Mehrfachanschlüssen aus mehr als 5 Geschossen (dies gilt nicht für Luft-Abgas-Systeme);
- Abgasanlagen für $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$, denen die Zuluft über Öffnungen ins Freie oder Zuluftleitungen zugeführt wird, die sich druckmäßig nicht im gleichen Luftverbund befinden (z. B. auf der gleichen Seite des Gebäudes).

Bei Überdruckabgasanlagen gilt dieser Teil nur dann, wenn alle nicht in Betrieb befindlichen $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$ sicher abgesperrt werden können, um einen Abgasrückfluss zu verhindern.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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).

EN 1443:2003, *Abgasanlagen — Allgemeine Anforderungen*

EN 13384-1:2015+A1:2019, *Abgasanlagen — Wärme- und strömungstechnische Berechnungsverfahren — Teil 1: Abgasanlagen mit einer Verbrennungseinrichtung*

EN 15287-1:2007+A1:2010, *Abgasanlagen — Planung, Montage und Abnahme von Abgasanlagen — Teil 1: Abgasanlagen für raumluftabhängige Feuerstätten*

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

prEN 16475-2, *Abgasanlagen — Zubehörteile — Teil 2: Abgasventilatoren — Anforderungen und Prüfmethoden*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1443:2003, EN 13384-1:2015+A1:2019, EN 15287-1:2007+A1:2010, EN 15287-2:2008 und die folgenden Begriffe.

3.1

Abschnitt der Abgasanlage

Teil des senkrechten Teils einer Abgasanlage zwischen zwei aufeinanderfolgenden Einführungen von Verbindungsstücken oder zwischen der letzten Einföhrung und dem Austritt des senkrechten Teils einer Abgasanlage

3.2

Sammlerabschnitt

Teil eines Verbindungsstücks zwischen zwei aufeinanderfolgenden Einföhrungen in das Verbindungsstück oder zwischen der letzten Einföhrung in das Verbindungsstück und der Einföhrung in den senkrechten Teil der Abgasanlage

3.3

Abgasmassenstrom

$\dot{m}$

Masse pro Zeiteinheit des Abgases, das die $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$ durch das Verbindungsstück verlässt

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei Abgasanlagen mit mehreren $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$ bezeichnet man als Abgasmassenstrom auch die Luftmasse, die durch eine nicht in Betrieb befindliche Verbrennungseinrichtung strömt.

3.3.1

deklarierter Abgasmassenstrom

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

vom Hersteller der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle_j$ angegebener Abgasmassenstrom bezüglich der in der Berechnung zu berücksichtigenden Wärmeleistung

3.3.2

berechneter Abgasmassenstrom

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

Abgasmassenstrom, der bezüglich des rechnerisch ermittelten Unterdrucks und der Betriebsbedingungen der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle_j$ berechnet wurde

3.4

berechnete Temperatur des Abgases

$T_{wc,j}$

Abgastemperatur am Abgasstutzen der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle_j$ in Abhängigkeit vom berechneten Abgasmassenstrom

3.5

errechneter Förderdruck des Abgases einer $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$

$P_{Wc,j}$

Unterdruck am Abgasstutzen der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle j$ in Abhängigkeit vom berechneten Abgasmassenstrom

3.6

Abgasklappe

Vorrichtung, um das Abgas teilweise oder ganz abzusperren

3.7

Luft-Abgas-System

Abgasanlage, bei der der Punkt des Lufteintritts in den Luftschacht neben dem Punkt des Austritts der Verbrennungsprodukte aus der Abgasanlage liegt, wobei Lufteintritt und Abgasaustritt so positioniert sind, dass Windeinflüsse entscheidend ausgeglichen werden

3.8

Kaskadenschaltung

Anordnung, bei der zwei oder mehrere Verbrennungseinrichtungen im gleichen Aufstellungsraum mit einem gemeinsamen Verbindungsstück an die Abgasanlage angeschlossen sind

3.9

Mehrfachbelegung

Anordnung, bei der zwei oder mehrere Verbrennungseinrichtungen an die Abgasanlage mit separaten Verbindungsstücken angeschlossen werden

3.10

Zuluftleitung

unabhängige Leitung in einem Gebäude oder Bestandteil eines Luft/Abgas-Aufsatzes, die/der Verbrennungsluft zu einer raumluftunabhängigen Verbrennungseinrichtung führt

3.11

Überströmöffnung

Öffnung oder Leitung, die am unteren Ende den Zuluftschacht mit dem Abgasschacht verbindet

4 Allgemeine Formelzeichen und Abkürzungen

Formelzeichen, Benennungen und Einheiten werden angegeben, um den Text der Norm verständlich zu machen. Eine Liste der allgemeinen Symbole und Abkürzungen ist in EN 13384-1 aufgeführt. Die Indizes, die den Formelzeichen zum Zweck der Berechnungsverfahren für Abgasanlagen mit mehreren $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$ zugefügt werden, beziehen sich auf jeweils einen bestimmten Abschnitt des senkrechten Teils einer Abgasanlage und/oder auf einen Abschnitt eines Verbindungsstücks. Ein Beispiel für ein Bezeichnungsschema mit Indizes ist in Bild 1 und Bild 2 angegeben. Die Ziffern der Indizes müssen an der Einführung beginnen, die im senkrechten Teil am niedrigsten gelegen und von der Einführung in den senkrechten Teil am weitesten entfernt ist. 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 Unterabschnitt zugeordnet werden sollen, werden mit der Nummer des Unterabschnitts nach dem Komma bezeichnet (z. B. ist $H_{,1}$ die wirksame Höhe eines Unterabschnitts eines Abschnitts einer Abgasleitung zwischen dem Austritt des Verbindungsstücks der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$ in der untersten Position und dem Austritt des Verbindungsstücks der nächsten $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$).

Jedes Formelzeichen und jede Abkürzung ist bei der Gleichung, in der es/sie verwendet wird, erklärt.

5 Berechnungsverfahren

5.1 Allgemeine Grundsätze

Das Berechnungsverfahren beruht auf der Ermittlung der Aufteilung des Abgasmassenstroms in der Abgasanlage, wobei die Druckbedingung [Gleichung (1)] an jedem Eintrittspunkt des Abgases in die Abgasanlage erfüllt sein muss (siehe Bild 1). Wenn das Vorliegen einer solchen Aufteilung bestätigt wurde, müssen folgende vier Bedingungen geprüft werden:

- a) die Massenstrombedingung [Gleichung (4) und Gleichung (5)];
- b) die Druckbedingung für den minimalen Unterdruck oder den maximalen Überdruck [Gleichungen (6) oder Gleichung (6b) und Gleichung (6c)];
- c) die Druckbedingung für den maximalen Unterdruck oder den minimalen Überdruck [Gleichungen (6a) oder Gleichung (6d)];
- d) die Temperaturbedingung [Gleichung (7)].

ANMERKUNG 1 Das Berechnungsverfahren wird durch individuelle Einbaumaßnahmen beeinflusst. Hinweise zum Einbau von Verbrennungseinrichtungen und Verbindungsstücken enthält Anhang A.

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-) $\langle A_1 \rangle$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$ oder einen Minstdifferenzdruck der (Überdruck-) $\langle A_1 \rangle$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$ gibt.

Zur Überprüfung 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).

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

- alle $\langle A_1 \rangle$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$ arbeiten gleichzeitig mit Nennwärmeleistung;
- alle $\langle A_1 \rangle$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$ arbeiten gleichzeitig mit kleinster Wärmeleistung;
- eine $\langle A_1 \rangle$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$ arbeitet mit Nennwärmeleistung und alle anderen sind nicht in Betrieb (alle möglichen Fälle);
- eine $\langle A_1 \rangle$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$ arbeitet mit kleinster Wärmeleistung und alle anderen sind nicht in Betrieb (alle möglichen Fälle);
- $\langle A_1 \rangle$ bei Überdruckabgasanlagen arbeitet eine einzige $\langle A_1 \rangle$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$ bei Mindest-Nennwärmeleistung und alle anderen Verbrennungseinrichtungen arbeiten bei Höchst-Nennwärmeleistung (alle möglichen Fälle). $\langle A_1 \rangle$

Wenn durch die Regelung der Anlage sichergestellt werden kann, dass nicht alle Verbrennungseinrichtungen gleichzeitig in Betrieb sind, darf die Validierung der Massenstrombedingung und der Druckbedingung mit der größten Anzahl der Verbrennungseinrichtungen, die im ungünstigsten Fall in Betrieb sind, durchgeführt werden.

Die Validierung der Massenstrombedingung und der Druckbedingung unter Betriebsbedingungen braucht bei A_1 Verbrennungseinrichtungen A_1 , die mit kleinster Wärmeleistung betrieben werden, in folgenden Fällen nicht durchgeführt werden:

- A_1 Verbrennungseinrichtungen A_1 ohne Wärmeleistungsbereich;
- A_1 Verbrennungseinrichtungen A_1 mit einer auf einen Festwert begrenzten Wärmeleistung, die auf dem Kennzeichnungsschild der Verbrennungseinrichtung angegeben ist. In diesem Fall ist die Nennwärmeleistung die Wärmeleistung, die auf dem Kennzeichnungsschild angegeben ist.
- A_1 Verbrennungseinrichtungen A_1 für feste Brennstoffe ohne Gebläse oder Verbrennungseinrichtungen mit geregelter Luftzufuhr.

Die Validierung der Massenstrombedingung braucht unter Betriebsbedingungen, bei denen Verbrennungseinrichtungen mit Nennwärmeleistung betrieben werden, in dem folgenden Fall nicht durchgeführt werden:

- A_1 Verbrennungseinrichtungen A_1 , deren Abgasmassenstrom bei kleinster Wärmeleistung größer oder gleich dem Abgasmassenstrom bei Nennwärmeleistung ist.

Die Temperaturbedingung muss bei folgenden relevanten Betriebsbedingungen unter den Umgebungsluft- und Außenlufttemperaturen nach EN 13384-1 validiert werden:

- A_1 Verbrennungseinrichtungen A_1 für feste Brennstoffe ohne Gebläse und A_1 Verbrennungseinrichtungen A_1 mit geregelter Luftzufuhr in Betrieb mit Nennwärmeleistung;
- A_1 Verbrennungseinrichtungen A_1 mit Strömungssicherungen, die ausschließlich der Warmwasserbereitung dienen, außer Betrieb. Diese A_1 Verbrennungseinrichtungen A_1 werden mit umfassender Sekundärluft betrieben (sie sind nur kurzzeitig in Betrieb und deswegen kann angenommen werden, dass Kondensation keine Schäden verursacht oder Sicherheitsrisiken beinhaltet);
- A_1 Verbrennungseinrichtungen A_1 mit stationärem Wärmeleistungsbereich in Betrieb mit dieser (Nenn-)Wärmeleistung;
- alle anderen A_1 Verbrennungseinrichtungen A_1 in Betrieb mit kleinster Wärmeleistung.

Für im Gebäude angeordnete Abgasanlagen für feuchte Betriebsweise (feuchteunempfindlich) genügt der Nachweis der Temperaturbedingung am Austritt der Abgasanlage.

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

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

5.2 Druckbedingung

5.2.1 Unterdruckabgasanlagen

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

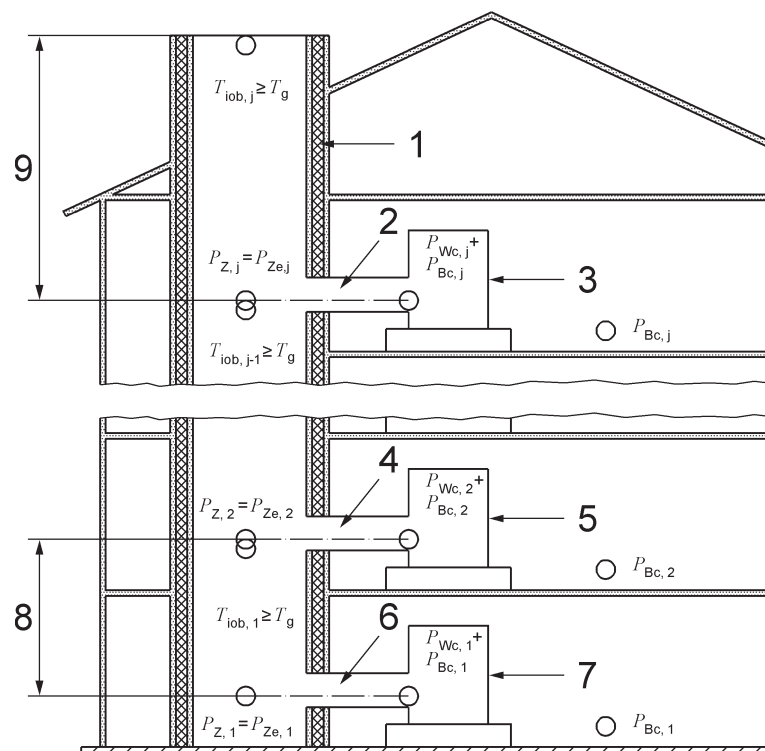
$$|P_{Z,j} - P_{Ze,j}| \leq 0,1, \quad \text{in Pa} \quad (1)$$

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

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

Dabei ist

- $P_{Z,j}$ der minimale Unterdruck an der Abgaseinführung in den Abschnitt j der Abgasanlage, in Pa;
- $P_{H,k}$ der Ruhedruck im Abschnitt k der Abgasanlage, in Pa;
- $P_{R,k}$ der Widerstandsdruck des Abschnitts k der Abgasanlage, in Pa;
- $P_{Wc,j}$ der errechnete Förderdruck der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$, in Pa;
- $P_{V,j}$ der errechnete Widerstandsdruck des Verbindungsstücks von Abschnitt j der Abgasanlage, in Pa;
- $P_{Bc,j}$ der errechnete Förderdruck für die Zuluft für die $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$, in Pa;
- $P_{Ze,j}$ der notwendige Unterdruck an der Abgaseinführung in den Abschnitt j der Abgasanlage, in Pa;
- P_L der Winddruck, in Pa;
- N die Anzahl der an die Abgasanlage angeschlossenen $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$.



Legende

- | | |
|---|---|
| 1 Abgasanlage | 6 Verbindungsstück 1 |
| 2 Verbindungsstück j | 7 $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\boxed{A_1}$ 1 |
| 3 $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\boxed{A_1}$ j | 8 Abschnitt 1 der Abgasanlage |
| 4 Verbindungsstück 2 | 9 Abschnitt j der Abgasanlage |
| 5 $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\boxed{A_1}$ 2 | |

Bild 1 — Beispiel einer Mehrfachbelegung und Benummerung der Druck- und der Temperaturwerte in einer Abgasanlage mit mehreren $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\boxed{A_1}$

5.2.2 Überdruckabgasanlagen

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

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

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

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

Dabei ist

$P_{ZO,j}$ der Überdruck an der Abgaseinführung in den Abschnitt j der Abgasanlage, in Pa;

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

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

$P_{Woc,j}$ der errechnete zur Verfügung stehende Förderdruck der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\boxed{A_1}$ j, in Pa;

- $P_{V,j}$ der errechnete Widerstandsdruck des Verbindungsstücks von Abschnitt j der Abgasanlage, in Pa;
- $P_{Bc,j}$ der errechnete Förderdruck für die Zuluft für die $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle j$, in Pa;
- $P_{Z0e,j}$ der maximal nutzbare Überdruck an der Abgaseinführung in den Abschnitt j der Abgasanlage, in Pa;
- P_L der Winddruck, in Pa;
- N die Anzahl der an die Abgasanlage angeschlossenen $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$.

5.3 Massenstrombedingung

Gleichung (4) bzw. Gleichung (5) müssen für alle relevanten Betriebsbedingungen nachgewiesen werden (siehe 5.6).

Für jede in Betrieb befindliche $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$ bei Nennwärmeleistung oder kleinster Wärmeleistung gilt:

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

und für alle außer Betrieb befindlichen $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$ gilt:

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

Dabei ist

$\dot{m}_{Wc,j}$ der berechnete Abgasmassenstrom der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$, in kg/s;

$\dot{m}_{W,j}$ der deklarierte Abgasmassenstrom der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$, in kg/s.

Ist eine Abgasklappe eingebaut, so ist der Widerstandsdruck des Abgasmassenstroms mit 0 anzunehmen, sofern nicht genauere Daten zur Verfügung stehen.

5.4 Druckbedingungen

5.4.1 Unterdruckabgasanlagen

Bei Unterdruckabgasanlagen ist zusätzlich zu überprüfen, ob der minimale Unterdruck im senkrechten Teil der Abgasanlage ($P_{Z,j}$) größer oder gleich dem Unterdruck im Aufstellraum der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$ bei berechneten Unterdruckbedingungen für die Luftzuführung ist. Die Überprüfung dieser Druckbedingung muss unter den gleichen Bedingungen wie die Überprüfung der Massenstrombedingung, erfolgen (siehe 5.3 und 5.6). Folgende Zusammenhänge müssen nachgewiesen 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 Abschnitt j der Abgasanlage, in Pa;

$P_{Bc,j}$ der errechnete Förderdruck für die Zuluft für die $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle j$, in Pa.

Falls erforderlich, muss zusätzlich überprüft werden, ob der Unterdruck (Zug) in der Abgasanlage ($P_{Zmax,j}$) niedriger oder gleich dem durch die $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$ verursachten maximal zulässigen

Unterdruck ($P_{Z_{\max,j}}$) ist. Die Gleichung (6a) muss für alle relevanten Betriebsbedingungen nachgewiesen 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.

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

Dabei ist

- $P_{Z_{\max,j}}$ der maximale Unterdruck an der Abgaseinführung in den Abschnitt j der Abgasanlage, in Pa;
- $P_{Z_{\max,j}}$ der zulässige Unterdruck an der Abgaseinführung in den Abschnitt j der Abgasanlage, in Pa;
- $P_{H,k}$ der Ruhedruck im Abschnitt k der Abgasanlage, in Pa;
- $P_{R,k}$ der Widerstandsdruck des Abschnitts k der Abgasanlage, in Pa;
- $P_{W_{\max,j}}$ der zulässige Unterdruck für die $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\boxed{A_1} j$, in Pa;
- $P_{V,j}$ der errechnete Widerstandsdruck des Verbindungsstücks von Abschnitt j der Abgasanlage, in Pa;
- $P_{Bc,j}$ der errechnete Förderdruck für die Zuluft für die $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\boxed{A_1} j$, in Pa.

ANMERKUNG Die Werte für $P_{H,k}$, $P_{R,k}$, $P_{V,j}$ und $P_{Bc,j}$ in Gleichung (2) und Gleichung (6a) unterscheiden sich im Allgemeinen, weil unterschiedliche Bedingungen vorliegen.

5.4.2 Überdruckabgasanlagen

Bei Überdruckabgasanlagen ist zusätzlich zu überprüfen, ob der maximale Überdruck im Verbindungsstück ($P_{Z0,j} + P_{V,j}$) und im senkrechten Teil der Abgasanlage ($P_{Z0,j}$) nicht höher ist als der Überdruck, für den beide ausgelegt sind ($P_{ZV \text{ excess}}$ und $P_{Z \text{ excess}}$). Die Überprüfung der Druckbedingung muss unter den gleichen Bedingungen wie die Überprüfung der Massenstrombedingung erfolgen (siehe 5.3 und 5.6). Folgende Zusammenhänge müssen nachgewiesen werden:

$$P_{Z0,j} \leq P_{Z \text{ excess}}, \quad \text{in Pa} \quad (6b)$$

$$P_{Z0,j} + P_{V,j} \leq P_{ZV \text{ excess}}, \quad \text{in Pa} \quad (6c)$$

Dabei ist

- $P_{Z0,j}$ der Überdruck an der Abgaseinführung in den Abschnitt j der Abgasanlage, in Pa;
- $P_{V,j}$ der errechnete Widerstandsdruck des Verbindungsstücks von Abschnitt j der Abgasanlage, in Pa;
- $P_{Z \text{ excess}}$ der höchstzulässige Auslegungsdruck entsprechend der Kennzeichnung des senkrechten Teils der Abgasanlage, in Pa;
- $P_{ZV \text{ excess}}$ der höchstzulässige Auslegungsdruck entsprechend der Kennzeichnung des Verbindungsstücks, in Pa.

Falls erforderlich, muss zusätzlich überprüft werden, ob der minimale Überdruck im senkrechten Teil der Abgasanlage ($P_{ZOmin,j}$) größer oder gleich dem durch die $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\boxed{A_1}$ verursachten zulässigen minimalen Überdruck ($P_{ZOemin,j}$) ist. Die Gleichung (6d) muss für alle relevanten Betriebsbedingungen nachgewiesen 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 Abschnitt j der Abgasanlage, in Pa;
- $P_{ZOemin,j}$ der erforderliche Überdruck an der Abgaseinführung in den Abschnitt j der Abgasanlage, in Pa;
- $P_{H,k}$ der Ruhedruck im Abschnitt k der Abgasanlage, in Pa;
- $P_{R,k}$ der Widerstandsdruck des Abschnitts k der Abgasanlage, in Pa;
- $P_{WOmin,j}$ der erforderliche Überdruck an der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\boxed{A_1}$ j , in Pa;
- $P_{Bc,j}$ der errechnete Förderdruck für die Zuluft für die $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\boxed{A_1}$ j , in Pa;
- $P_{V,j}$ der errechnete Widerstandsdruck des Verbindungsstücks von Abschnitt j der Abgasanlage, in Pa.

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

5.5 Temperaturbedingung

Die Gleichung (7) muss für alle relevanten Betriebsbedingungen nachgewiesen werden (siehe 5.6).

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

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

Dabei ist

- $T_{iob,j}$ die Innenwandtemperatur am Austritt des Abschnitts j der Abgasanlage, in K;
- $T_{g,j}$ die Grenztemperatur des Abschnitts j der Abgasanlage, in K.

Die Grenztemperatur $T_{g,j}$ für Abgasanlagen für trockene Betriebsweise ist gleich der Taupunkttemperatur $T_{sp,j}$ des Abgases (siehe 8.6): $T_{g,j} = T_{sp,j}$

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

ANMERKUNG In folgenden Fällen braucht die Temperaturbedingung nicht eingehalten zu werden. Dabei muss akzeptiert werden, dass bei Nichteinhaltung der Temperaturbedingung Feuchtigkeit auftreten kann. In derartigen Fällen ist der Einsatz von Wärmedämmung ratsam.

- bei $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$, die an einer bereits in Betrieb befindlichen, herkömmlichen Abgasanlage ausgetauscht werden, und
- die Wärmeleistung der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$, die angeschlossen und/oder ausgetauscht werden, 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 gegeben sind (z. B. wenn die Mindestwärmeleistung der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$ bei Bereitschaftsbetrieb nicht weniger als 20 % der benötigten Wärmeleistung beträgt).

5.6 Berechnungsverfahren

Bei der Berechnung der Druck- und Temperaturwerte in einer Abgasanlage mit mehreren $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$ ist eine iterative Vorgehensweise notwendig. Das Berechnungsverfahren basiert auf Masse- und Energieerhaltungsgleichungen unter quasistationären Bedingungen.

An jeder Verbindungsstelle, an der verschiedene Abgasströme aufeinandertreffen (am Ende eines Verbindungsstücks, an Anfang und Ende eines Abschnitts der Abgasanlage) und die allesamt als Knotenpunkte bezeichnet werden (siehe Bild 2), gelten die folgenden Gleichungen:

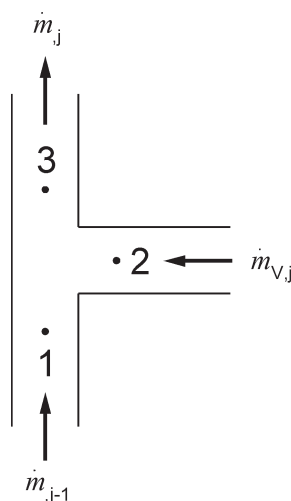


Bild 2 — Kennzeichnung der Nummerierung der Ströme für jeden Knoten j [siehe Gleichung (8) und Gleichung (9)]

- Der Massenstrom und die Temperatur müssen anhand der Gleichung (8) und Gleichung (9) berechnet werden:

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

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

Dabei ist

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

- Der Unterdruck oder Überdruck am Anfang des Abschnitts der Abgasanlage (bei Punkt 3) wird hergeleitet aus dem Unterdruck oder Überdruck dieses Abschnitts der Abgasanlage und aller nachfolgenden Abschnitte entsprechend Gleichung (2).

Wenn der Massenstrom einer A_1 Verbrennungseinrichtung A_1 in dem Bereich zwischen dem Nennwert und dem ermittelten Wert für Unterdruck oder Überdruck um nicht mehr als 10 % vom Nennwert abweicht, muss keine Iteration erfolgen. In diesem Fall müssen die Anforderungen von EN 13384-1:2015+A1:2019, 5.2.1 oder 5.2.2, für jede Verbrennungseinrichtung erfüllt sein.

Für eine Kraft-Wärme-Kopplung mit Verbrennungskraftmaschine darf angenommen werden, dass die Anforderungen erfüllt sind.

Bei jeder Iteration sind folgende Parameter zu ermitteln:

- für jeden Knotenpunkt j der tatsächliche Druckwert ($P_{Ze,j}$, P_{Zj} 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 Massenstroms und der Abgasgeschwindigkeit.

Vor der ersten Iteration ist ein geschätzter Ausgangswert für den „berechneten Massenstrom“ am Abgasstutzen der Verbrennungseinrichtung anzunehmen. Ein möglicher Ausgangswert für den „berechneten Massenstrom“ ist der deklarierte Abgasmassenstrom für die Verbrennungseinrichtung $\dot{m}_{W,j}$.

Jede Iteration besteht z. B. aus folgenden zwei Phasen:

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

- berechneter/geschätzter Abgasmassenstrom am Abgasstutzen der Verbrennungseinrichtung;
- in jedem Verbindungsstück:
 - errechneter Massenstrom [Gleichung (14)];
 - mittlere Dichte des Abgases [Gleichung (29)];
 - mittlere Geschwindigkeit des Abgases [Gleichung (30)];
 - Abgastemperatur am Austritt (siehe EN 13384-1:2015+A1:2019, 5.8);
 - mittlere Abgastemperatur (siehe EN 13384-1:2015+A1:2019, 5.8).
- in jedem Abschnitt der Abgasanlage:
 - errechneter Massenstrom in jedem Abschnitt nach Beimischung (Punkt 3 in Bild 2) [Gleichung (13)];
 - Temperatur des Abgases nach Beimischung [Gleichung (15)];
 - mittlere Dichte des Abgases [Gleichung (27)];
 - mittlere Geschwindigkeit des Abgases [Gleichung (28)];
 - Abgastemperatur am Austritt (siehe EN 13384-1:2015+A1:2019, 5.8);
 - mittlere Abgastemperatur (siehe EN 13384-1:2015+A1:2019, 5.8).

Phase 2: Berechnung der Unterdruck- oder Überdruckwerte für jeden Knotenpunkt durch Rückrechnung für die Abgasanlage, ausgehend vom Austritt der Abgasanlage ins Freie bis zum am weitesten entfernten Knotenpunkt

- notwendiger Unterdruck oder maximal nutzbarer Überdruck an der Abgaseinführung in die Abgasanlage [Gleichung (3) oder Gleichung (3c)];
- Ruhedruck an der Abgaseinführung in den Abschnitt der Abgasanlage [Gleichung (31)];
- Widerstandsdruck im Abschnitt der Abgasanlage [nach Gleichung (32)];
- Unterdruck oder Überdruck an der Abgaseinführung in den Abschnitt der Abgasanlage [mit Gleichung (2) oder Gleichung (3b)].

Die oben beschriebene Iteration (Phase 1 und Phase 2) muss unter den vorliegenden Betriebsbedingungen (d. h. Nennwärmeleistung, kleinste Wärmeleistung und außer Betrieb) solange fortgeführt werden, bis die Druckbedingung erfüllt ist [Gleichung (1)].

Ist die Druckbedingung erfüllt, so können die bei der letzten Iteration errechneten Werte als die Werte angesehen werden, die im Sinne dieser Norm für den Betrieb der Abgasanlage gelten.

Ist die Druckbedingung nicht erfüllt, muss eine erneute Schätzung von m_w erfolgen, die auf der festgestellten Differenz zwischen $P_{Z,j}$ und $P_{Ze,j}$ oder $P_{ZO,j}$ und $P_{ZOe,j}$ beruht, und eine neue Iteration durchgeführt werden.

6 Charakteristische Abgaswerte für die $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$

Für die Berechnung der Temperatur- und Druckwerte müssen die charakteristischen Abgaswerte der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$ vorhanden sein. Dies schließt ein:

- den deklarierten minimalen notwendigen Förderdruck oder den deklarierten maximal zur Verfügung stehenden Förderdruck der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$ ($P_{W,j}$ oder $P_{W0,j}$);
- die deklarierte Abgastemperatur der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$ ($t_{W,j}$).

Beide Werte müssen in Abhängigkeit vom Abgasmassenstrom bei verschiedenen Betriebsbedingungen der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$ (in Betrieb, außer Betrieb) angegeben werden. Der errechnete Förderdruck $P_{Wc,j}$ oder der zur Verfügung stehende Förderdruck $P_{W0c,j}$ der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$ ist für beide Betriebsbedingungen in Form eines Polynoms 4. Grades [Gleichung (10)] anzugeben.

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

$$P_{W0c,j} = c_0 + c_1 \cdot \left(\frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{W,j}} \right) + c_2 \cdot \left(\frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{W,j}} \right)^2 + c_3 \cdot \left(\frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{W,j}} \right)^3 + c_4 \cdot \left(\frac{\dot{m}_{Wc,j}}{\dot{m}_{W,j}} \right)^4, \quad \text{in Pa} \quad (10a)$$

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

Dabei ist

b_0, b_1, b_2, b_3, b_4	Faktoren der Polynom-Gleichung für den errechneten Förderdruck der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle j$;
y_0, y_1, y_2	Faktoren der Exponentialgleichung für die berechnete Abgastemperatur der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle j$;
$\dot{m}_{Wc,j}$	der berechnete Abgasmassenstrom der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle j$, in kg/s;
$\dot{m}_{W,j}$	der deklarierte Abgasmassenstrom für die $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle j$, in kg/s;
$P_{Wc,j}$	der errechnete Förderdruck der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$, in Pa;
$P_{W0c,j}$	der errechnete zur Verfügung stehende Förderdruck der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$, in Pa;
$t_{Wc,j}$	die berechnete Abgastemperatur der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$, in $^\circ\text{C}$;
c_0, c_1, c_2, c_3, c_4	Faktoren der Polynom-Gleichung für die Berechnung des zur Verfügung stehenden Förderdruck der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle j$.

Bei Unterdruckabgasanlagen 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 Verbrennungseinrichtung charakteristischen Abgaswerte Anhang B zu entnehmen.

Bei Überdruckabgasanlagen sind die Werte für c und y für den Betriebszustand „in Betrieb“ aus den Angaben des Herstellers der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$ 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 muss $c_2 = -1\,000\,000$ betragen.

ANMERKUNG 2 Bei Überdruckanwendungen beruht die Validierung des Massenstroms darauf, dass es keine Möglichkeit für einen Abgasrückfluss durch eine außer Betrieb befindliche $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$ gibt.

Eine Kraft-Wärme-Kopplung mit Verbrennungskraftmaschine wird durch den Nennwert des Abgasmassenstroms und den Nennunterdruck oder den zur Verfügung stehenden Förderdruck ausreichend beschrieben.

Zusätzlich muss die ausgewiesene Volumenkonzentration an CO_2 der Abgase für die vorliegenden Betriebsbedingungen (Nennwärmeleistung und kleinste Wärmeleistung der Verbrennungseinrichtungen) $\sigma(\text{CO}_2)_{W,j}$ angegeben werden. Die ausgewiesene Volumenkonzentration an CO_2 der Abgase unter den jeweiligen Betriebsbedingungen kann auch nach EN 13384-1:2015+A1:2019, Tabelle B.1 und Tabelle B.2, bestimmt werden.

Der errechnete CO_2 -Gehalt des Abgases der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle j$, $\sigma(\text{CO}_2)_{W,tat,j}$, muss für die zwei Betriebsbedingungen „in Betrieb bei Nennwärmeleistung“ und „in Betrieb bei kleinster Wärmeleistung“ nach folgender Gleichung ermittelt werden:

- für $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$ für flüssige und gasförmige Brennstoffe und $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtungen $\langle A_1 \rangle$ 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:

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

Dabei ist

$\sigma(\text{CO}_2)_{W,j}$ der angegebene CO_2 -Gehalt des Abgases der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle j$, Volumenanteil in %;

$\sigma(\text{CO}_2)_{Wc,j}$ der errechnete CO_2 -Gehalt des Abgases der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle j$, Volumenanteil in %;

f_{m1}, f_{m2} Koeffizienten nach EN 13384-1;

$\dot{m}_{Wc,j}$ der errechnete Abgasmassenstrom der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle j$, in kg/s;

$\dot{m}_{W,j}$ der deklarierte Abgasmassenstrom für die $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle j$, in kg/s.

Zur Berechnung einer Unterdruckabgasanlage ist der Wert für den zulässigen Unterdruck an der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle P_{W\max}$ und zur Berechnung einer Überdruckabgasanlage ist der Wert für den erforderlichen Überdruck der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle P_{W0\min}$ falls zutreffend beim Hersteller der $\boxed{A_1}$ Verbrennungseinrichtung $\langle A_1 \rangle$ zu erfragen.

7 Bauartkennwerte für die Abgasanlage und das Verbindungsstück

Der mittlere Rauigkeitsbeiwert für die Innenwand (r_j und/oder $r_{v,j}$) und der Wärmedurchlasswiderstand ($(\frac{1}{\Lambda})_j$ und/oder $(\frac{1}{\Lambda})_{v,j}$) müssen für jedes Verbindungsstück und für jeden Abschnitt der Abgasanlage bestimmt werden (siehe EN 13384-1:2015+A1:2019, 5.6.2).

8 Grundwerte für die Berechnung

8.1 Allgemeines

Die Grundwerte für die Berechnung sind für jeden Abschnitt der Abgasanlage zu ermitteln, sofern im Folgenden nichts anderes angegeben ist.

8.2 Lufttemperaturen

8.2.1 Außenlufttemperatur (T_L)

Zur Berechnung der Außenlufttemperatur (T_L) siehe EN 13384-1:2015+A1:2019, 5.7.1.2; der Wert gilt einheitlich für alle Abschnitte der Abgasanlage.

8.2.2 Umgebungslufttemperatur (T_u)

Zur Berechnung der Umgebungslufttemperatur (T_u) siehe EN 13384-1:2015+A1:2019, 5.7.1.3.

8.3 Außenluftdruck (p_L)

Zur Berechnung des Außenluftdrucks (p_L) siehe EN 13384-1:2015+A1:2019, 5.7.2; der Wert gilt einheitlich für alle Abschnitte der Abgasanlage.

8.4 Gaskonstante

8.4.1 Gaskonstante der Luft (R_L)

Zur Berechnung der Gaskonstante der Luft (R_L) siehe EN 13384-1:2015+A1:2019, 5.7.3.1; der Wert gilt einheitlich für alle Abschnitte der Abgasanlage.

8.4.2 Gaskonstante des Abgases (R)

Zur Berechnung der Gaskonstante des Abgases (R) siehe EN 13384-1:2015+A1:2019, 5.7.3.2.

Für Gasgemische ist Gleichung (19) in dieser Norm zu verwenden.

8.5 Luftdichte (ρ_L)

Zur Berechnung der Luftdichte (ρ_L) siehe EN 13384-1:2015+A1:2019, 5.7.4. Der Wert gilt einheitlich für alle Abschnitte der Abgasanlage.

8.6 Spezifische Wärmekapazität des Abgases (c_p)

Zur Berechnung der spezifischen Wärmekapazität des Abgases (c_p) siehe EN 13384-1:2015+A1:2019, 5.7.5.

Für Gasgemische sind die Gleichung (22), Gleichung (21) und Gleichung (22) in dieser Norm zu verwenden.

8.7 Wasserdampfgehalt ($\sigma(\text{H}_2\text{O})_j$) und Taupunkttemperatur (T_{sp})

Zur Berechnung des Wasserdampfgehaltes ($\sigma(\text{H}_2\text{O})_j$) und der Taupunkttemperatur (T_{sp}) siehe EN 13384-1:2015+A1:2019, 5.7.6.

Für Gasgemische ist Gleichung (18) in dieser Norm zu verwenden.

8.8 Korrekturfaktor für fehlende Temperaturbeharrung (S_H)

Der Wert gilt einheitlich für alle Abschnitte der Abgasanlage.

Zur Überprüfung der Bedingung für den Massenstrom und der Druckbedingung für den minimalen Unterdruck und maximalen Überdruck ist für jeden Abschnitt der Abgasanlage $S_H = 0,5$ zu verwenden; für den maximalen Unterdruck oder minimalen Überdruck muss der Korrekturfaktor für fehlende Temperaturbeharrung $S_H = 1$ sein.

8.9 Strömungstechnischer Sicherheitskoeffizient (S_E)

Zur Berechnung des minimalen Unterdrucks von Unterdruckabgasanlagen ist ein strömungstechnischer Sicherheitskoeffizient $S_E = 1,5$ anzuwenden; wenn es sich allerdings um genau in ihrer Funktion überwachte Verbrennungseinrichtung und Abgasanlagen (z. B. Industrieanlage mit stetiger Überwachung) sowie raumluftunabhängige Verbrennungseinrichtung mit Gebläsebrennern handelt, ist ein Wert von 1,2 anzusetzen.

Zur Berechnung des maximalen Überdrucks von Überdruckabgasanlagen ist ein strömungstechnischer Sicherheitskoeffizient $S_E = 1,2$ zu verwenden.

Für den Luftschacht ist ein strömungstechnischer Sicherheitskoeffizient von $S_{EB} = 1,2$ zu verwenden.

Zur Berechnung des maximalen Unterdrucks oder minimalen Überdrucks muss der strömungstechnische Sicherheitskoeffizient S_E und S_{EB} gleich 1 sein.

8.10 Äußerer Wärmeübergangskoeffizient

Zur Berechnung des äußeren Wärmeübergangskoeffizienten siehe EN 13384-1:2015+A1:2019, 5.8.3.3.