

DIN EN 60534-8-4

ICS 23.060.40

Ersatz für
DIN EN 60534-8-4:1995-04
Siehe jedoch Beginn der
Gültigkeit

**Stellventile für die Prozessregelung –
Teil 8-4: Geräuschbetrachtungen –
Vorausberechnung der Geräuschemission für flüssigkeitsdurchströmte
Stellventile
(IEC 60534-8-4:2005 + Corrigendum 1:2006);
Deutsche Fassung EN 60534-8-4:2005**

Industrial-process control valves –
Part 8-4: Noise considerations –
Prediction of noise generated by hydrodynamic flow
(IEC 60534-8-4:2005 + Corrigendum 1:2006);
German version EN 60534-8-4:2005

Vannes de régulation des processus industriels –
Partie 8-4: Considérations sur le bruit –
Prévision du bruit généré par un écoulement hydrodynamique
(CEI 60534-8-4:2005 + Corrigendum 1:2006);
Version allemande EN 60534-8-4:2005

Gesamtumfang 28 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2005-11-01 angenommene EN 60534-8-4 gilt als DIN-Norm ab 2006-07-01.

Daneben darf DIN EN 60534-8-4:1995-04 noch bis 2008-11-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 60534-8-4:2003-05.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 963 „Stellgeräte für strömende Stoffe“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (<http://www.dke.de>) zuständig.

Das im Februar 2006 erschienene Corrigendum 1 zu IEC 60534-8-4 wurde in dem hier vorliegenden Dokument bereits berücksichtigt, die entsprechenden Korrekturen wurden eingearbeitet.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 65B „Devices“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ mit den Daten zu dieser Publikation angegebenen Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60534-8-4:1995-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

Die Verfahren zur Vorausberechnung der Geräuschemission von strömenden Flüssigkeiten, die in dieser Norm vorgestellt werden, wurden überarbeitet. Die Verbesserungen beziehen sich hauptsächlich auf die akustischen Wirkungsgrade bei kavitierender Strömung für Einzel-Drosselbereiche, mehrstufige Ventilkegel und Lochkegel oder Lochkäfige und auf die Bestimmung von Schalldämmmaßen. Diese überarbeitete Norm erlaubt die Vorausberechnung von Schalldruckpegeln durch mathematische Berechnung, ohne auf Koeffizienten angewiesen zu sein, die zuvor mit Hilfe von Tests ermittelt wurden. Dieses Verfahren wird innerhalb eines Bereiches von ± 5 dB(A) als fehlerfrei betrachtet. Hiervon ausgenommen ist der Bereich von $x_F = x_{Fz} \pm 0,1$, wenn x_{Fz} mit Hilfe der Gleichungen 3a) oder 3b) abgeschätzt wird. Genauere Ergebnisse sind möglich, wenn x_{Fz} aus Messungen nach IEC 60534-8-2 bestimmt wird.

Frühere Ausgaben

DIN EN 60534-8-4:1995-04

Deutsche Fassung

Stellventile für die Prozessregelung –
Teil 8-4: Geräuschbetrachtungen –
Vorausberechnung der Geräuschemission für flüssigkeitsdurchströmte
Stellventile
(IEC 60534-8-4:2005 + Corrigendum 1:2006)

Industrial-process control valves
Part 8-4: Noise considerations
Prediction of noise generated by hydrodynamic
flow
(IEC 60534-8-4:2005 + Corrigendum 1:2006)

Vannes de régulation des processus industriels
Partie 8-4: Considérations sur le bruit
Prévision du bruit généré par un écoulement
hydrodynamique
(CEI 60534-8-4:2005 + Corrigendum 1:2006)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2005-11-01 angenommen. Die CENELEC-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 Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

© 2005 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60534-8-4:2005 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 65B/556/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 60534-8-4, ausgearbeitet von dem SC 65B „Devices“ des IEC/TC 65 „Industrial-process measurement and control“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2005-11-01 als EN 60534-8-4 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 60534-8-4:1994.

Die Verfahren zur Vorausberechnung der Geräuschemission von strömenden Flüssigkeiten, die in dieser Norm vorgestellt werden, wurden überarbeitet. Die Verbesserungen beziehen sich hauptsächlich auf die akustischen Wirkungsgrade bei kavitierender Strömung für Einzel-Drosselbereiche, mehrstufige Ventilkegel und Lochkegel oder Lochkäfige und in der Bestimmung von Schalldämmmaßen. Diese überarbeitete Norm erlaubt die Abschätzung von Schalldruckpegeln durch mathematische Verfahren, wodurch der Anwender nicht immer auf Koeffizienten angewiesen ist, die zuvor mit Hilfe von Tests ermittelt wurden.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2006-08-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2008-11-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60534-8-4:2005 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Formelzeichen und Einheiten	5
4 Vorberechnungen	7
4.1 Drücke und Druckverhältnisse	7
4.2 Charakteristisches Druckverhältnis x_{Fz}	7
4.3 Ventilkonstruktionsfaktor F_d	8
4.4 Strahldurchmesser D_j	8
4.5 Strahlgeschwindigkeit	8
4.6 Mechanische Leistung W_m	8
5 Schallberechnungen	9
5.1 Interner Schall	9
5.2 Schalldämmmaß	11
5.3 Externer Schall	11
5.4 Frequenzverteilung (intern und extern)	12
6 Mehrstufige Ventilkegel	13
6.1 Einführung	13
6.2 Vorberechnungen	13
6.3 Berechnung des Schallpegels	14
Anhang A (informativ) (Beispiele)	20
A.1 Eingangsdaten	20
Literaturhinweise	25
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	26
Bild 1 – Beispiele für mehrstufige Kegel in Hub- und Drehkegelventilen	15
Bild 2 – Beispiel für ein fixiertes mehrstufiges System mit steigendem Strömungsquerschnitt	15
Bild 3 – Beispiel für ein mehrstufiges Kegelsystem in einem Hubventil	16
Bild 4 – Hubventile (Käfigventil, Schlitzkegel)	16
Bild 5 – Hubventile (parabolischer Kegel)	17
Bild 6 – Lochkegel oder Lochkäfig	17
Bild 7 – Drehstellventile	18
Bild 8 – Stellklappen	18
Bild 9 – Segmentierter Kugelhahn, 90° Hub	19
Bild A.1 – Einfluss des x_{Fz} -Wertes auf die Berechnungsgenauigkeit	24
Tabelle 1 – Numerische Konstanten N	9
Tabelle 2 – Akustisches Leistungsverhältnis r_w	9
Tabelle A.1 – Berechnungsbeispiele	21

Einleitung

Es ist bedeutend, die Geräuschemission von Stellventilen vorhersagen zu können. Sicherheitsforderungen wie Bestimmungen für Arbeit und Gesundheit sehen die Begrenzung des Lärms vor, denen Menschen ausgesetzt sein können. Außerdem existieren Daten, die zeigen, dass Schallpegel oberhalb bestimmter Werte zur Beschädigung von Rohrleitungen oder des damit verbundenen Equipments führen können. Siehe auch IEC 60534-8-3. Frühere Normen für die Flüssigkeitsschallberechnung bei Ventilen basierten stark auf Herstellermessdaten und waren weder allgemein noch vollständig wie gewünscht.

Ein Ventil beeinflusst den Durchfluss durch Konvertierung von Druckenergie in Turbulenzenergie, Wärme und mechanische Druckwellen in dem Ventilgehäuse und den Rohrleitungen. Ein kleiner Anteil dieser mechanischen Vibration wird in akustische Energie umgewandelt. Der Hauptanteil des Lärms wird in dem Rohrleitungssystem zurückgehalten, ein kleiner Anteil wird durch die Rohrleitung hinter dem Ventil durchgelassen. Der Weg der Berechnung der sich daraus ergebenden Energie ist eigentlich klar vorgegeben. Schwierigkeiten ergeben sich im ersten Schritt bei der Bestimmung des akustischen Wirkungsgrades als Maß für die Konvertierung der mechanischen Energie in Lärm und im zweiten Schritt aus der Bestimmung der Schallemissionsminderung durch die Rohrleitungswand.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm beinhaltet eine Methode zur Vorhersage der Geräuschemission, welche von einem flüssigkeitsdurchströmten Stellventil erzeugt wird, und des daraus resultierenden Schalldruckpegels hinter dem Ventil und außerhalb der Rohrleitung. Der Schall kann dabei sowohl durch normal turbulente Strömung als auch durch Kavitation im Ventil entstehen. Teile dieser Methode basieren auf akustischen, strömungstechnischen und mechanischen Grundlagen. Das Berechnungsverfahren wurde anhand von Messdaten validiert. Schall, der durch Strömung mit Flashing erzeugt wird, ist nicht Gegenstand dieses Standards.

Die Gleichungen für das Schalldämmmaß (TL) basieren auf der Analyse der Wechselwirkung zwischen den Schallwellen innerhalb der Rohrleitung und den Koinzidenzfrequenzen der Rohrwand, wobei zu berücksichtigen ist, dass kommerzielle Rohrleitungstoleranzen eine relativ breite Variation der Rohrwanddicke erlauben. Idealerweise wird eine gerade Rohrleitungsführung angenommen.

Diese Methode kann auf alle konventionellen Stellventiltypen wie Hubventile, Klappen, Käfigventile, exzentrische Drehkegelventile und modifizierte Kugelhähne angewendet werden. Tests wurden bisher mit dem Testmedium Wasser durchgeführt. Die Genauigkeit dieser Methode für andere Flüssigkeiten als Wasser ist derzeit noch nicht gesichert.

Diese Norm betrachtet nur den Schall, welcher durch hydraulische Turbulenz und Flüssigkeitskavitation erzeugt wird. Sie erfasst nicht den Schall aufgrund von mechanischen Vibrationen, Instabilitäten in der Strömung oder nicht vorausberechenbaren Phänomenen. Bei der typischen Installation dringt ein sehr kleiner Schallanteil durch die Wand des Ventilgehäuses. Der Schall wird üblicherweise 1 m hinter dem Ventil und 1 m Abstand von der äußeren Rohroberfläche gemessen.

Diese Vorhersagemethode wurde anhand von Messdaten für Wasser und für 90 % aller bekannten Ventiltypen für Eingangsdrücke bis 15 bar validiert. Diese Methode hat eine Genauigkeit von ± 5 dB(A), außer in dem Bereich von $x_F = x_{Fz} \pm 0,1$, falls x_{Fz} nach den Gleichungen (3a) oder (3b) berechnet wurde.

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).

IEC 60534-1, *Industrial-process control valves – Part 1: Control valve terminology and general considerations*

IEC 60534-2-1, *Industrial-process control valves – Part 2: Flow capacity – Section 1: Sizing equations for fluid flow under installed conditions*

IEC 60534-8-2, *Industrial-process control valves – Part 8: Noise considerations – Section 2: Laboratory measurement of noise generated by hydrodynamic flow through control valves*

IEC 60534-8-3, *Industrial-process control valves – Part 8: Noise considerations – Section 3: Control valve aerodynamic noise prediction method*

3 Formelzeichen und Einheiten

Symbol	Beschreibung	Einheit
$A(f)$	Frequenzabhängiger A-Bewertungsfaktor	dBA (ref P_0)
c_L	Schallgeschwindigkeit der Flüssigkeit	m/s
c_0	Schallgeschwindigkeit von Luft = 343	m/s
c_p	Schallgeschwindigkeit in der Rohrleitung (für Stahlrohrleitung 5000)	m/s
C	Durchflusskoeffizient (K_V und C_V)	Verschieden (siehe IEC 60534-1)
C_R	Durchflusskoeffizient (K_V und C_V) bei Nennhub	Verschieden (siehe IEC 60534-1)
C_1	Durchflusskoeffizient der ersten Stufe in einem mehrstufigen Ventil (K_V und C_V)	Verschieden (siehe IEC 60534-1)
C_n	Durchflusskoeffizient der letzten Stufe in einem mehrstufigen Ventil (K_V und C_V)	Verschieden (siehe IEC 60534-1)
D_i	Ausgangsrohrinnendurchmesser	m
D_j	Strahldurchmesser in der <i>vena contracta</i>	m
d	Ventileingangsinndurchmesser	m
d_H	Lochdurchmesser eines Lochkegels oder Lochkäfigs	m
d_o	Sitz oder Lochdurchmesser	m
F_{cav}	Frequenzverteilungsfunktion (bei Kavitation)	Dimensionslos
F_d	Ventilkonstruktionsfaktor	Dimensionslos
F_L	Flüssigkeitsdruckrückgewinnungsfaktor eines Ventils ohne angeschlossene Reduzierstücke	Dimensionslos
F_{Ln}	Flüssigkeitsdruckrückgewinnungsfaktor der letzten Drosselstelle	Dimensionslos
F_{turb}	Frequenzverteilungsfunktion (bei Turbulenz)	Dimensionslos
f	Frequenz	Hz
f_{ji}	Oktavbandfrequenz	Hz
f_r	Ringdehnfrequenz	Hz
$f_{p, turb}$	Erzeugte Spitzenfrequenz (turbulent)	Hz
$f_{p, cav}$	Erzeugte Spitzenfrequenz (Kavitation)	Hz
$L_{pe, 1 m}$	Externer Gesamtschalldruckpegel 1 m von der Rohrwand	dB (ref P_0)
$L_{pAe, 1 m}$	A-bewerteter externer Gesamtschalldruckpegel 1 m von der Rohrwand	dBA (ref P_0)

Symbol	Beschreibung	Einheit
$L_{pAe,1 m,i}$	A-bewerteter externer Gesamtschalldruckpegel 1 m von der Rohrwand der Stufe i (Index i von 1 ... n) in einem mehrstufigen Ventil mit n Stufen	dBA (ref P_0)
L_{pi}	Interner Gesamtschalldruckpegel an der Rohrwand	dB (ref P_0)
$L_{pi}(f_i)$	Frequenzabhängiger Innenschalldruckpegel	dB (ref P_0)
$\dot{m}$	Massenstrom	kg/s
n	Anzahl der Stufen in einem mehrstufigen Ventil	Dimensionslos
N	Numerische Konstanten (siehe Tabelle 1)	Verschieden
N_0	Anzahl von unabhängigen und identischen Strömungskanälen in einem Ventilkegel oder einer Drosselstufe	Dimensionslos
N_{STR}	Strouhalzahl eines Strahls	Dimensionslos
P_a	Referenzdruck = 1×10^5	Pa
P_0	Referenzschalldruckpegel = 2×10^{-5}	Pa
p_1	Absoluter Ventileingangsdruck	Pa
p_2	Absoluter Ventilausgangsdruck	Pa
$p_{1,i}$	Eingangsdruck der Stufe i (Index i von 1 ... n) in einem mehrstufigen Ventil mit n Stufen	Pa
$p_{2,i}$	Ausgangsdruck der Stufe i (Index i von 1 ... n) in einem mehrstufigen Ventil mit n Stufen	Pa
p_v	Dampfdruck der Flüssigkeit	Pa
Δp	Druckdifferenz	Pa
Δp_c	Druckdifferenz für die U_{vc} - Berechnung	Pa
r_W	Akustisches Leistungsverhältnis	Dimensionslos
t_p	Rohrwanddicke	m
TL	Schalldämmmaß	dB
TL_{cav}	Gesamtschalldämmmaß bei kavitierender Strömung	dB
$\Delta TL_{fp, turb}$	Schalldämmmaß korrigiert für die Frequenz $f_{p, turb}$	dB
TL_{turb}	Gesamtschalldämmmaß bei turbulenter Strömung	dB
TL_{fr}	Schalldämmmaß bei der Frequenz f_r	dB
U_{vc}	Geschwindigkeit in der <i>vena contracta</i>	m/s
W_a	Schalleistung	W
W_m	Strahlleistung des Massendurchflusses	W
x_F	Differenzdruckverhältnis	Dimensionslos
x_{Fz}	Differenzdruckverhältnis für beginnenden Kavitationsschall mit einem Eingangsdruck von 6×10^5 Pa	Dimensionslos
x_{Fzp1}	Korrigiertes Differenzdruckverhältnis x_{Fz} für den aktuellen Eingangsdruck	Dimensionslos
η_{turb}	Akustischer Wirkungsgrad (turbulent)	Dimensionslos
η_{cav}	Akustischer Wirkungsgrad (Kavitation)	Dimensionslos
ρ	Dichte	kg/m ³

Symbol	Beschreibung	Einheit
ρ_o	Dichte von Luft = 1,293	kg/m ³
ρ_p	Dichte des Rohrleitungsmaterials (= 7800 für Stahl)	kg/m ³
ρ_L	Dichte der Flüssigkeit	kg/m ³
cav	Kavitation	
turb	Turbulent	
i	In der Rohrleitung oder Zählindex	
p	Rohrleitung	
vc	<i>Vena contracta</i>	

4 Vorberechnungen

4.1 Drücke und Druckverhältnisse

Es werden mehrere Drücke und Druckverhältnisse bei der Schallberechnungsprozedur benötigt. Sie werden nachstehend aufgeführt.

Das Differenzdruckverhältnis x_F für Flüssigkeiten hängt von der Druckdifferenz $p_1 - p_2$ und der Differenz des Eingangsdruckes p_1 und des Dampfdruckes p_v ab.

$$x_F = \frac{p_1 - p_2}{p_1 - p_v} \quad (1)$$

Der Differenzdruck für beginnende Durchflussbegrenzung entspricht annähernd $F_L^2 (p_1 - p_v)$. Einige Berechnungen basieren auf der folgenden Druckdifferenz:

$$\Delta p_c = \text{Minimum von } (p_1 - p_2) \text{ oder } F_L^2 (p_1 - p_v) \quad (2)$$

Bei niedrigen Differenzdruckverhältnissen wird der Lärm hauptsächlich von der Turbulenz erzeugt. Wenn $x_{F,p1}$ überschreitet, überlagert sich der Kavitationslärm dem Turbulenzlärm.

4.2 Charakteristisches Druckverhältnis x_{Fz}

Das ventilspezifische Druckverhältnis x_{Fz} kann auf Basis von IEC 60534-8-2 gemessen werden, wobei eine Abhängigkeit von dem Ventilhub besteht. Es ist das Differenzdruckverhältnis, bei dem Kavitation akustisch detektiert wird. Der Wert von x_{Fz} hängt von dem Ventil- und Kegeltyp und der spezifischen Durchflusskapazität ab.

Alternativ kann der Wert von x_{Fz} mit den Gleichungen (3a) oder (3b) abgeschätzt werden. Berechnungen des hydrodynamischen Schalls mit den Gleichungen (3a), (3b) und (3c) können zu Ungenauigkeiten führen, wie im Anhang A dargestellt ist. Die Bilder 4 bis 9 enthalten typische Kurven von x_{Fz} für verschiedene Stellventiltypen. Gleichung (3a) und die Bilder 4 bis 9 gelten für den Ventileingangsdruck 6×10^5 Pa. Für andere Eingangsdrücke kann der x_{Fz} -Wert mit Hilfe von Gleichung (3c) korrigiert werden.

$$x_{Fz} = \frac{0,90}{\sqrt{1 + 3 F_d} \sqrt{\frac{C}{N_{34} \cdot F_L}}} \quad \text{für alle Ventile außer Lochkegel oder Lochkäfige} \quad (3a)$$