DIN EN ISO 5801:2011-11 (D)

Industrieventilatoren - Leistungsmessung auf genormten Prüfständen (ISO 5801:2007, einschließlich Cor 1:2008); Deutsche Fassung EN ISO 5801:2008

Inhalt

Seite

Vorwort ... 8

Einleitung ... 9

1 Anwendungsbereich ... 11

2 Normative Verweisungen ... 11

3 Begriffe ... 11

4 Einheiten und Symbole ... 27
4.1 Symbole ... 27
4.2 Indizes ... 31

5 Allgemeines ... 31

6 Ausrüstung für die Druckmessung ... 32
6.1 Barometer ... 32
6.2 Manometer ... 33
6.3 Dämpfung von Manometern ... 33
6.4 Prüfung der Manometer ... 33
6.5 Position des Manometers ... 34

7 Bestimmung des mittleren Druckes eines Prüfstandes ... 34
7.1 Messverfahren ... 34
7.2 Anwendung von Druckmessbohrungen ... 34
7.3 Konstruktive Ausführung der Druckmessbohrungen (Entnahmestellen) ... 34
7.4 Lage und Anschlüsse ... 35
7.5 Überprüfung der Übereinstimmung ... 35
7.6 Anwendung von Staudruckrohren ... 36

8 Temperaturmessung ... 36
8.1 Thermometer ... 36
8.2 Einbaustelle des Thermometers ... 36
8.3 Feuchte ... 37

9 Messung der Drehzahl ... 37
9.1 Drehzahl der Ventilatorwelle ... 37
9.2 Zulässige Messgeräte ... 37

10 Bestimmung der Leistungsaufnahme ... 37
10.1 Messgenauigkeit ... 37
10.2 Wellenleistung des Ventilators ... 37
10.2.1 Dynamometer ... 37
10.2.2 Drehmomentmessgerät ... 38
10.3 Bestimmung der Wellenleistung des Ventilators durch elektrische Messungen ... 38
10.3.1 Gesamtsumme der Verluste ... 38
10.3.2 Kalibrierte Motoren ... 38
10.3.3 Elektrische Messgeräte ... 38
10.4 Laufradleistung ... 38
10.5 Übertragungssysteme ... 39

11 Überprüfung der Maße und Flächenbestimmung ... 39
11.1 Durchflussmessgeräte ... 39
11.2 Toleranzen für Abmessungen ... 39
11.3 Bestimmung der Querschnittsfläche ... 39
11.3.1 Dimensionsmessung ... 39

11.3.2 Runde Abschnitte **39**
11.3.3 Rechteckige Abschnitte **39**

12 Bestimmung der Luftdichte, Gaskonstante von feuchter Luft und Viskosität **40**
12.1 Luftdichte im Prüfraum im Abschnitt x **40**
12.2 Bestimmung des Dampfdruckes **41**
12.3 Bestimmung der Luftviskosität **44**

13 Bestimmung der Durchflussrate **44**
13.1 Allgemeines **44**
13.2 Inline-Durchflussmessgerät (Standard-Primärgeräte) **44**
13.3 Netzmessungen **46**

14 Berechnung der Prüfergebnisse **48**
14.1 Allgemeines **48**
14.2 Einheiten **48**
14.3 Temperatur **48**
14.4 Machzahl und Bezugsbedingungen **50**
14.4.1 Allgemeines **50**
14.4.2 Bezugsmachzahl **50**
14.4.3 Machzahl eines Abschnitts x, Ma_x **50**
14.4.4 Berechnung der Dichte ρ_x im Abschnitt x und der mittleren Geschwindigkeit v_{mx} **53**
14.5 Ventilatordruck **54**
14.6 Berechnung des Staudruckes in einem Bezugsabschnitt des Ventilators anhand des im Abschnitt x einer Prüfrohrleitung gemessenen Überdrucks p_{ex} **56**
14.7 Volumenstrom am Eintritt **58**
14.8 Förderleistung und Wirkungsgrad des Ventilators **58**
14.8.1 Berechnung der Förderleistung und des Wirkungsgrades des Ventilators aus der Förderarbeit **58**
14.8.2 Berechnung der Förderleistung und des Ventilatorwirkungsgrades aus dem Volumenstrom und dem Druck des Ventilators **59**
14.8.3 Konventioneller statischer Wirkungsgrad **63**
14.8.4 Bestimmung des kinetischen Index am Ventilatoreintritt, i_{k1} oder am Ventilatoraustritt, i_{k2} **64**
14.8.5 Bezugsmachzahl Ma_{2ref} kleiner als 0,15 und Ventilatordruck p_f kleiner als 2 000 Pa **64**

15 Umrechnungsregeln für die Prüfergebnisse **66**
15.1 Ähnlichkeitsgesetze von Ventilatoren **67**
15.1.1 Geometrische Ähnlichkeit **67**
15.1.2 Ähnlichkeit der Reynolds-Zahl **67**
15.1.3 Machzahl und Ähnlichkeit der Geschwindigkeitsdreiecke **67**
15.2 Umrechnungsregeln **68**
15.2.1 Umrechnungsregeln für die kompressible Strömung **70**
15.2.2 Vereinfachte Umrechungsregeln für die inkompressible Strömung **71**
15.2.3 Wellenleistung und Leistung des Ventilatorlaufrades **71**

16 Ventilatorkennlinien **72**
16.1 Allgemeines **72**
16.2 Verfahrensweisen der graphischen Darstellung **72**
16.3 Kennlinien bei konstanter Geschwindigkeit **72**
16.4 Kennlinien bei inhärenter Drehzahl (Nenndrehzahl) **72**
16.5 Kennlinien für einen Ventilator mit einstellbarer Leistung **73**
16.6 Vollständige Ventilatorkennlinie **74**
16.7 Prüfung bezüglich einer festgelegte Leistung **75**

17 Analyse der Unsicherheit **76**
17.1 Grundsätze **76**
17.2 Analyse vor und nach der Prüfung **76**
17.3 Analysenverfahren **76**
17.4 Fortpflanzung von Unsicherheiten **77**
17.5 Auswertung der Unsicherheiten **77**
17.6 Maximal zulässige Messunsicherheiten **77**
17.7 Maximal zulässige Unsicherheit von Ergebnissen **78**

18 Auswahl der Prüfverfahren 79
18.1 Klassifizierung 79
18.2 Kategorien entsprechend der Einbauart 79
18.3 Prüfbericht 80
18.4 Anlagen des Anwenders 80
18.5 Alternative Verfahren 80
18.6 Nachbildung einer Rohrleitung 80

19 Einbau des Ventilators und von Prüfständen 81
19.1 Eintritte und Austritte 81
19.2 Prüfstände 81
19.3 Prüfraum 81
19.4 Anpassung von Ventilator und Prüfstand 81
19.5 Austrittsfläche 81

20 Durchführung der Prüfung 82
20.1 Fördermedium 82
20.2 Drehzahl 82
20.3 Stationärer Betrieb 82
20.4 Umgebungsbedingungen 82
20.5 Druckmesswerte 82
20.6 Prüfungen bezüglich einer festgelegten Leistung 82
20.7 Prüfungen zur Bestimmung einer Ventilatorkennlinie 83
20.8 Betriebsbereich 83

21 Bestimmung der Durchflussrate 83
21.1 Mehrfachdüsen 83
21.2 Konischer oder trichterförmiger Eintritt 83
21.3 Messblende 83
21.4 Netzmessung mit Staudrucksonden (siehe ISO 3966 und ISO 5221) **..... 83**

22 Bestimmung der Durchflussrate mit Mehrfachdüsen 83
22.1 Aufbau 83
22.2 Geometrische Form 83
22.3 Eintrittsbereich 85
22.4 Kenndaten von Mehrfachdüsen 85
22.5 Unsicherheit 88

23 Bestimmung der Durchflussrate mit konischem oder trichterförmigem Eintritt 88
23.1 Geometrische Form 88
23.2 Zusätzlicher Siebboden 89
23.3 Eintrittsbereich 91
23.4 Durchfluss am konischen Eintritt 91
23.5 Durchfluss am trichterförmigen Eintritt 91
23.6 Unsicherheiten 93

24 Bestimmung des Durchflusses mit einer Messblende 93
24.1 Einbau 93
24.2 Messblende 93
24.3 Rohrleitungen 98
24.4 Druckmessbohrungen 98
24.5 Berechnung des Massenstroms 99
24.6 Reynolds-Zahl 99
24.7 Blende in Rohrleitung mit Druckmessbohrungen bei D **und** $D/2$ [siehe Bild 20 a) und ISO 5167-1] **..... 100**
24.8 Austrittsblende mit Druckmessbohrungen [siehe Bild 20 c) und e)] **..... 103**
24.8.1 Messblende mit Druckmessbohrung in der Prüfkammer [siehe Bild 20 e) und f)] **..... 103**
24.8.2 Eintrittsblende mit Druckmessbohrungen [sieh Bild 20 d) und e)] **..... 105**

25 Bestimmung der Durchflussrate durch Netzmessung mit Staudrucksonden 105
25.1 Allgemeines 105
25.2 Staudrucksonde 105
25.3 Grenzen der Luftgeschwindigkeit 110
25.4 Lage der Messpunkte 110
25.5 Bestimmung des Durchflusses 111

25.6 Durchflusszahl **112**
25.7 Messunsicherheit **112**

26 Kategorien für Einbau und Prüfaufbau **112**
26.1 Kategorie A: frei ansaugend, frei ausblasend **112**
26.2 Kategorie B: frei ansaugend, in eine Rohrleitung ausblasend **113**
26.3 Kategorie C: saugseitig an eine Rohrleitung angeschlossen und frei ausblasend **113**
26.4 Kategorie D: saugseitig an eine Leitung angeschlossen und druckseitig in eine Leitung ausblasend **113**
26.5 Typ des Prüfaufbaus **114**

27 Strömungsgleichrichter **114**
27.1 Typen von Strömungsgleichrichtern **114**
27.1.1 AMCA-Zellengleichrichter **114**
27.1.2 Sternförmiger Strömungsgleichrichter **115**
27.2 Regeln für den Einsatz von Strömungsgleichrichtern **116**

28 Einfache Rohrleitungssegmente für an Rohrleitungen angeschlossene Ventilatoren **117**
28.1 Einfache Segmente **117**
28.2 Einfaches Rohrsegment am Ventilatoraustritt **117**
28.3 Einfaches Rohrsegment am Ventilatoreintritt **119**
28.4 Nachbildung einer Austrittsrohrleitung **121**
28.5 Nachbildung einer Eintrittsrohrleitung **122**
28.5.1 Runder Ventilatoreintritt **122**
28.5.2 Rechteckiger Ventilatoreintritt **122**
28.6 Verlustzuschläge für genormte Prüfstände **122**
28.6.1 Verlustzuschläge für in 28.2.1, 28.2.2 und 28.2.3 beschriebene gerade, einfache Austrittssegmente **124**
28.6.2 Verlustzuschläge für in 28.2 beschriebene einfache Austrittssegmente **124**
28.6.3 Zuschläge für den Energieverlust bei einer in 28.2.5 beschriebenen kurzen Austrittsrohrleitung **125**
28.6.4 Zuschläge für den Energieverlust bei einem in 28.3 beschriebenen einfachen Eintrittssegment **125**
28.6.5 Zuschläge für den Energieverlust bei Nachbildung einer in 28.5 beschriebenen Eintrittsrohrleitung **125**

29 Genormte Prüfkammern **126**
29.1 Prüfkammer **126**
29.1.1 Maße **126**
29.1.2 Druckmessbohrungen **130**
29.1.3 Raster für die Strömungsberuhigung **130**
29.1.4 Mehrfachdüsen **130**
29.1.5 Messblende in der Kammer **131**
29.2 Variable Zuluft- und Abluftsysteme **131**
29.2.1 Drosseleinrichtungen **131**
29.2.2 Hilfsventilatoren **131**
29.3 Genormte saugseitige Prüfkammern **131**
29.3.1 Prüfkammer **131**
29.3.2 Zu prüfender Ventilator **133**
29.4 Genormte druckseitige Prüfkammer **134**
29.4.1 Prüfkammer (siehe Bild 39) **134**
29.4.2 Zu prüfender Ventilator **137**

30 Normprüfverfahren mit Prüfkammern — Einbauarten entsprechend Kategorie A **137**
30.1 Arten des Ventilatoraufbaus **137**
30.2 Saugseitige Prüfkammern **137**
30.2.1 Bestimmung des Durchflusses **137**
30.2.2 Während der Prüfungen durchzuführende Messungen (siehe Abschnitt 20) **140**
30.2.3 Allgemeines Verfahren für den Durchfluss eines kompressiblen Fördermediums **141**
30.2.4 Vereinfachtes Verfahren **148**
30.2.5 Ventilatorleistung unter Prüfbedingungen **150**
30.3 Druckseitige Prüfkammer **150**
30.3.1 Bestimmung des Durchflusses **150**
30.3.2 Während der Prüfungen durchzuführende Messungen (siehe Abschnitt 20) **151**

30.3.3 Allgemeines Verfahren für kompressible Fluidströmungen 152
30.3.4 Ventilatorleistung unter Prüfbedingungen 156

31 Normprüfverfahren mit Prüfrohrleitungen am Austritt — Einbauarten entsprechend Kategorie B 156
31.1 Arten des Ventilatoraufbaus 156
31.2 Prüfrohrleitung am Austritt mit Strömungsgleichrichter 156
31.2.1 Bestimmung des Massenstroms 156
31.2.2 Während der Prüfungen durchzuführende Messungen (siehe Abschnitt 20) **..... 159**
31.2.3 Allgemeines Verfahren für kompressible Fluidströmung 159
31.2.4 Vereinfachtes Verfahren 167
31.2.5 Ventilatorleistung unter Prüfbedingungen 168
31.3 Prüfrohrleitung am Austritt der Kammer ohne Strömungsgleichrichter 169
31.3.1 Bestimmung des Massenstroms 169
31.3.2 Während der Prüfungen durchzuführende Messungen (siehe Abschnitt 20) **..... 169**
31.3.3 Allgemeines Verfahren für kompressible Fluidströmungen 170
31.3.4 Vereinfachtes Verfahren 175
31.3.5 Ventilatorleistung unter Prüfbedingungen 177

32 Normprüfverfahren mit Prüfrohrleitungen oder -kammern am Eintritt — Einbauarten entsprechend Kategorie C 177
32.1 Arten des Ventilatoraufbaus 177
32.2 Prüfrohrleitungen am Eintritt 177
32.2.1 Bestimmung des Massenstroms 177
32.2.2 Während der Prüfungen durchzuführende Messungen (siehe Abschnitt 20) **..... 181**
32.2.3 Allgemeines Verfahren für kompressible Fluidströmungen 182
32.2.4 Vereinfachtes Verfahren 189
32.2.5 Ventilatorleistungen unter Prüfbedingungen 191
32.3 Prüfkammern an der Eintrittsseite 192
32.3.1 Bestimmung des Massenstroms 192
32.3.2 Während der Prüfung durchzuführende Messungen (siehe Abschnitt 20) **..... 192**
32.3.3 Allgemeines Verfahren für kompressible Fluidströmungen 194
32.3.4 Vereinfachtes Verfahren 200
32.3.5 Ventilatorleistung unter Prüfbedingungen 202

33 Normverfahren mit einer Prüfrohrleitung am Eintritt und am Austritt — Einbauarten entsprechend Kategorie D 203
33.1 Arten des Ventilatoraufbaus 203
33.2 Einbauart entsprechend Kategorie B mit Strömungsgleichrichter am Austritt und mit zusätzlicher Eintrittsrohrleitung oder Nachbildung einer Eintrittsrohrleitung 207
33.2.1 Bestimmung des Massenstroms 207
33.2.2 Während der Prüfungen durchzuführende Messungen (siehe Abschnitt 20) **..... 208**
33.2.3 Allgemeines Verfahren für kompressible Fluidströmungen 208
33.2.4 Vereinfachtes Verfahren 212

33.3 Einbauart entsprechend Kategorie B ohne Strömungsgleichrichter am Austritt und ohne einfaches Rohrsegment, verändert mit zusätzlicher Eintrittsrohrleitung oder Nachbildung einer Eintrittsrohrleitung 214
33.3.1 Bestimmung des Durchflusses 214
33.3.2 Während der Prüfungen durchzuführende Messungen (siehe Abschnitt 20) **..... 214**
33.3.3 Allgemeines Verfahren für kompressible Fluidströmungen 214
33.3.4 Vereinfachtes Verfahren 215
33.4 Einbauart entsprechend Kategorie C mit gemeinsamer Eintrittsrohrleitung, verändert durch ein zusätzliches einfaches Rohrsegment mit Strömungsgleichrichter am Austritt 216
33.4.1 Bestimmung des Massenstroms 216
33.4.2 Während der Prüfungen durchzuführende Messungen, (siehe Abschnitt 20) **..... 217**
33.4.3 Allgemeines Verfahren für kompressible Fluidströmungen 217
33.4.4 Vereinfachtes Verfahren 219
33.5 Einbauart entsprechend Kategorie C, verändert durch die Ergänzung einer nachgebildeten Ausgangsrohrleitung ohne Strömungsgleichrichter 221
33.5.1 Bestimmung des Massenstroms 221
33.5.2 Während der Prüfungen durchzuführende Messungen (siehe Abschnitt 20) **..... 222**
33.5.3 Allgemeines Verfahren für kompressible Flüssigkeiten 222

33.5.4 Vereinfachtes Verfahren **226**

Anhang A (normativ) **Ventilatordruck und Kategorie entsprechend der Einbauart** **229**
A.1 Allgemeines **229**
A.2 Ventilatordruck **229**
A.3 Berechnung **230**
A.3.1 Kategorie A **230**
A.3.2 Kategorie B **231**
A.3.3 Kategorie C **232**
A.3.4 Kategorie D **232**

Anhang B (normativ) **Dachventilatoren** **233**

Anhang C (informativ) **Verfahren zur Dichtheitsprüfung der Kammer** **235**
C.1 Allgemeines **235**
C.2 Druckabfall-Verfahren **235**
C.2.1 Berechnungen **235**
C.2.2 Verfahren **238**
C.3 Verfahren mit Durchflussmessgerät **238**
C.4 Zweiphasen-Verfahren **238**
C.4.1 Erste Phase **239**
C.4.2 Zweite Phase **239**

Anhang D (informativ) **Auslaufkrümmer am Ventilator im Falle einer nicht horizontalen Ausblasachse** **241**

Anhang E (informativ) **Durch eine Ventilatoreinrichtung verbrauchte elektrische Eingangsleistung** **244**
E.1 Einleitung **244**
E.2 Berechnungen der Leistungsaufnahme **245**
E.3 Erforderlicher Netzstrom **249**
E.4 Spezifische Ventilatorleistung **250**

Anhang F (informativ) **Bevorzugte Verfahren zur Leistungsprüfung** **251**

Literaturhinweise **252**