DIN EN ISO 5801:2010-12 (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 36

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 37
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 38

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, Max ... 50
14.4.4 Berechnung der Dichte x im Abschnitt x und der mittleren Geschwindigkeit vmx ... 53
14.5 Ventilatordruck ... 54
14.6 Berechnung des Staudruckes in einem Bezugsabschnitt des Ventilators anhand des im Abschnitt x einer Prüfrohrleitung gemessenen Überdrucks pex ... 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, ik1 oder am Ventilatoraustritt, ik2 ... 64
14.8.5 Bezugsmachzahl Ma2ref kleiner als 0,15 und Ventilatordruck pf 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 202
33.1 Arten des Ventilatoraufbaus 202
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