

# 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 $v_{mx}$ .....	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, $ik_1$ oder am Ventilatoraustritt, $ik_2$ .....	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 Umrechnungsregeln für die inkompressible Strömung .....	71
15.2.3	Wellenleistung und Leistung des Ventilatorlaufrades .....	71
16	Ventilator Kennlinien .....	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 (Nenn Drehzahl) .....	72
16.5	Kennlinien für einen Ventilator mit einstellbarer Leistung .....	73
16.6	Vollständige Ventilator Kennlinie .....	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 Ventilator Kennlinie .....	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 [siehe 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
<b>Anhang A (normativ) Ventilatorruck und Kategorie entsprechend der Einbauart .....</b>		<b>229</b>
A.1	Allgemeines .....	229
A.2	Ventilatorruck .....	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
<b>Anhang B (normativ) Dachventilatoren .....</b>		<b>233</b>
<b>Anhang C (informativ) Verfahren zur Dichtheitsprüfung der Kammer .....</b>		<b>235</b>
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
<b>Anhang D (informativ) Auslaufkrümmer am Ventilator im Falle einer nicht horizontalen Ausblasachse .....</b>		<b>241</b>
<b>Anhang E (informativ) Durch eine Ventilatoreinrichtung verbrauchte elektrische Eingangsleistung</b>		<b>244</b>
E.1	Einleitung .....	244
E.2	Berechnungen der Leistungsaufnahme .....	245
E.3	Erforderlicher Netzstrom .....	249
E.4	Spezifische Ventilatorleistung .....	250
<b>Anhang F (informativ) Bevorzugte Verfahren zur Leistungsprüfung .....</b>		<b>251</b>
<b>Literaturhinweise .....</b>		<b>252</b>