ICS 23.120

VDI-RICHTLINIEN

November 2018

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Abnahme- und Leistungstests an Ventilatoren (VDI-Ventilatorregeln)

Acceptance and performance tests on fans (VDI Code of Practice for Fans)

VDI 2044

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Frühere Ausgabe: 11.02
Former edition: 11/02

Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved (a) © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2018

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt Seite

Vorbemerkung 4
Einleitung 4
1 Anwendungsbereich 5
2 Formelzeichen und Indizes 5
3 Dimensionslose Kenngrößen 8
4 Allgemeine Gesichtspunkte 11
4.1 Zweck der Tests 11
4.2 Ausführung und Umfang der Tests 11
4.3 Art der Tests 12
4.3.1 Tests an Ventilatoren, die am Bestimmungsort eingebaut sind . . . 12
4.3.2 Tests an Ventilatoren auf dem Prüfstand 12
4.3.3 Tests an skalierten Ventilatoren (Modelltests) 13
4.4 Zeitpunkt der Tests 13
4.5 Kosten der Tests 13
4.5.1 Tests zum Nachweis von vereinbarten Betriebswerten (Abnahmetests) 13
4.5.2 Wiederholung von Abnahmetests . . 14
5 Grundbegriffe und Gegenstand der Tests . . 14
5.1 Förderstrom 14
5.2 Druckerhöhung 14
5.3 Förderleistung 15
5.4 Spezifische Förderarbeit 15
5.5 Antriebsleistung Eingang Ventilatorwelle (Wellenleistung) 17
5.6 Wirkungsgrad 17
5.7 Wirkungsgrad des Ventilators einschließlich weiterer Teile der Anlage, nutzbare Druckerhöhung und Einbauwirkungsgrad, insbesondere bei frei ausblasenden Ventilatoren 17

Contents Page

Preliminary note 4
Introduction 4
1 Scope 5
2 Symbols and indices 7
3 Dimensionless characteristic numbers 8
4 General criteria 11
4.1 Objective of the tests 11
4.2 Performance and scope of the tests 11
4.3 Type of tests 12
4.3.1 Tests on fans installed at their place of service (“in situ tests”) 12
4.3.2 Tests performed on fans in standardized test benches 12
4.3.3 Tests at scaled fans (model tests) . . 13
4.4 Time of tests 13
4.5 Costs of tests 13
4.5.1 Tests for verification of agreed operating points (acceptance tests) . 13
4.5.2 Repetition of acceptance tests 14
5 Basic terms and object of the tests 14
5.1 Flow rate 14
5.2 Pressure increase 14
5.3 Fan air power 15
5.4 Work per unit mass 15
5.5 Mechanical power output to the fan shaft (shaft power) 17
5.6 Efficiency 17
5.7 Efficiency of the fan (including further components of the system), effective pressure increase and in situ efficiency, particularly in the case of fans with free outlet 17

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)

Fachbereich Energietechnik

VDI-Handbuch Energietechnik
VDI-Handbuch Raumlufttechnik

Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2018

Inhalt Seite

5.7.1 Umfang der Messungen 17
5.7.2 Einbauwirkungsgrad 18
5.7.3 Nutzbare Druckerhöhung 18
5.7.4 Bestimmung der nutzbaren Druckerhöhung 18
5.7.5 Gleicher statischer Druck 19
5.8 Darstellung der Kennlinien 19
5.8.1 Drosselkurven 19
5.8.2 Kennlinien der Rohrleitungssysteme 20
5.8.3 Äquivalente Grubenweite 20
5.8.4 Betriebspunkt 21
5.8.5 Darstellung mit dimensionslosen Kenngrößen 21
5.9 Betriebsgeräusch 22
5.10 Vereinbarungsfähige Betriebswerte 22

6 Vorbereitung und Durchführung der Tests . . 23
6.1 Testplan 23
6.2 Beharrungszustand 24
6.3 Druck hinter dem Ventilator 25
6.4 Tests an Ventilatoren, die am Bestimmungsort eingebaut sind 25
6.5 Tests an Ventilatoren auf dem Prüfstand . . 26
6.6 Modelltests 26

7 Messgeräte und Messverfahren 26

7.1 Wahl der Messgeräte und Messstellen . . . 26

7.2 Messung von Zustands- und Stoffgrößen. . 28

7.2.1 Druckmessung 28
7.2.2 Temperaturmessung 28
7.2.3 Messung der Gaszusammensetzung . 30
7.2.4 Messung der Feuchte 30

7.2.5 Bestimmung der spezifischen Gaskonstanten 30
7.2.6 Dichte 31
7.2.7 Kinematische Viskosität 31
7.3 Messung der Druckerhöhung 32
7.3.1 Gegenstand der Messung 32
7.3.2 Messstellen. 32
7.3.3 Messgeräte 33
7.4 Messung des Volumenstroms. 34
7.4.1 Übersicht über die Messverfahren . . 34
7.4.2 Durchflussmessung mit Normblenden, Normdüsen oder Normventuridüsen 35
7.4.3 Messung der Geschwindigkeitsverteilung 35
7.4.4 Sonstige Messverfahren 43
7.5 Messung der Antriebsleistung Eingang Ventilatorwelle (Wellenleistung) 45

Contents Page

5.7.1 Scope of the measurements 17
5.7.2 In situ efficiency 18
5.7.3 Effective pressure increase 18
5.7.4 Determination of the in situ efficiency 18
5.7.5 Similar static pressure 19
5.8 Depiction of fan characieristic curves . . . 19
5.8.1 Throttle curves. 19
5.8.2 Characteristics curves of the ducts . 20
5.8.3 Equivalent orifice 20
5.8.4 Working point 21
5.8.5 Presentation with dimensionless coefficients 21
5.9 Operating noise emission 22
5.10 Operating points for agreement. 22

6 Preparation and performance of the tests . . 23
6.1 Test schedule 23
6.2 State of equilibrium 24
6.3 Pressure downstream the fan 25
6.4 Tests performed on fans installed in their working location 25
6.5 Tests on fans in standardized test benches . 26
6.6 Model tests 26

7 Measuring equipment and measuring methods 26
7.1 Selection of measuring equipment and measuring points 26
7.2 Measurement of variables of state and materials data. 28
7.2.1 Measurement of pressure 28
7.2.2 Measurement of temperature 28
7.2.3 Measurement of gas composition . . 30
7.2.4 Measurement of moisture content (“humidity”) 30
7.2.5 Determination of the specific gas constant 30
7.2.6 Density 31
7.2.7 Kinematic viscosity 31
7.3 Measurement of pressure increase 32
7.3.1 Object of measurement 32
7.3.2 Measuring points 32
7.3.3 Measuring equipment 33
7.4 Measurement of volume flow rate 34
7.4.1 Summary of measuring methods . . 34
7.4.2 Measurement of flow using standardized orifices, standardized nozzles or standardized venturi nozzles . . . 35
7.4.3 Measurement of velocity distribution. 35
7.4.4 Other measuring methods 43
7.5 Measurement of power at shaft 45

All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2018

Inhalt Seite

7.5.1 Unmittelbare Messung 45
7.5.2 Mittelbare Messung 45
7.6 Messung der Drehzahl 46
7.7 Geräuschmessung 46

8 Auswertung 46
8.1 Allgemeines 46
8.1.1 Bildung von zeitlichen Mittelwerten . 46
8.1.2 Umrechnung auf die vereinbarten Betriebswerte 46
8.1.3 Mittelwerte für Geschwindigkeit, Druck und spezifische Förderarbeit . 47
8.2 Messunsicherheiten 49
8.2.1 Begründung 49
8.2.2 Unsicherheit des Testergebnisses . . 50
8.2.3 Messunsicherheit des Gesamtergebnisses 50
8.2.4 Streubereich der Messwerte 51
8.3 Grenzabweichungen der vereinbarten Betriebswerte (Bautoleranz) 52
8.4 Einhaltung der vereinbarten Betriebswerte . 56
8.5 Umrechnung der Betriebsgrößen eines Ventilatortyps auf andere Baugrößen, Drehzahlen und Gase (in erster Linie bei Modelltests) 60
8.6 Aufwertungsformeln 61
8.7 Testbericht 62

Anhang A Beispiel – Grubenventilator (zweiflutiger Radialventilator) 63
A1 Zweck der Tests, zu prüfende Betriebswerte 63
A2 Beschreibung der untersuchten Anlage . . . 63
A3 Messung 65
A3.1 Testeinrichtung und Testanordnung . 65
A3.2 Durchführung der Tests 65
A4 Auswertung 66
A5 Ergebnisse 66

Anhang B Beispiel – Saugzugventilator (zweistufiger Axialventilator) 71
B1 Zweck der Tests, zu prüfende Betriebswerte 71
B2 Beschreibung der untersuchten Anlage . . . 71
B3 Messung 73
B3.1 Testeinrichtung und Testanordnung . 73
B3.2 Durchführung der Tests 73
B4 Auswertung 75
B5 Ergebnisse 78
B6 Kritik 80
B7 Messanordnungen und Expansionszahlen für Einlaufmessdüsen 81

Schrifttum 83

Contents Page

7.5.1 Direct measurement 45
7.5.2 Indirect measurement 45
7.6 Measurement of speed of rotation 46
7.7 Measurement of noise level 46

8 Evaluation 46
8.1 General 46
8.1.1 Obtainment of a chronological average 46
8.1.2 Mathematical conversion to the agreed operating points 46
8.1.3 Mean values for velocity, pressure, and work per unit mass 47
8.2 Uncertainty of measurement 49
8.2.1 Background 49
8.2.2 Uncertainty in test results 50
8.2.3 Measuring uncertainty of overall result 50
8.2.4 Scatter range of data measured . . . 51
8.3 Limits for deviations from the agreed operating points (constructional tolerances) 52
8.4 Adherence to the agreed operating points . 56
8.5 Mathematical conversion of operating variables for a fan type to other sizes, speeds and gases (primarily for model tests) 60
8.6 Upgrading formulae 61
8.7 Test report 62

Annex A Example – Mine fan (twin-passage radial fan) 63
A1 Objective of the tests, operating points to be verified 63
A2 Description of the system inspected 63
A3 Measurement 65
A3.1 Test equipment and test apparatus . . 65
A3.2 Performance of the test 65
A4 Evaluation 66
A5 Results 66

Annex B Example – Induced-draft fan (two-stage axial fan) 71
B1 Objective of the tests, operating points to be verified 71
B2 Description of the system inspected 71
B3 Measurement 73
B3.1 Test equipment and test apparatus . . 73
B3.2 Performance of the tests 73
B4 Evaluation 75
B5 Results 78
B6 Critical discusslon 80
B7 Measuring arrangements and expansion factors for inlet measuring nozzles 81

Bibliography 83