

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Abnahme- und Leistungstests  
an Ventilatoren (VDI-Ventilatorregeln)

VDI 2044

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

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

*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	Contents	Page
Vorbemerkung . . . . .	4	Preliminary note . . . . .	4
Einleitung . . . . .	4	Introduction . . . . .	4
<b>1 Anwendungsbereich . . . . .</b>	<b>5</b>	<b>1 Scope . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>2 Formelzeichen und Indizes . . . . .</b>	<b>5</b>	<b>2 Symbols and indices . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>3 Dimensionslose Kenngrößen . . . . .</b>	<b>8</b>	<b>3 Dimensionless characteristic numbers . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>4 Allgemeine Gesichtspunkte . . . . .</b>	<b>11</b>	<b>4 General criteria . . . . .</b>	<b>11</b>
4.1 Zweck der Tests . . . . .	11	4.1 Objective of the tests . . . . .	11
4.2 Ausführung und Umfang der Tests . . . . .	11	4.2 Performance and scope of the tests . . . . .	11
4.3 Art der Tests . . . . .	12	4.3 Type of tests . . . . .	12
4.3.1 Tests an Ventilatoren, die am Bestimmungsort eingebaut sind . . . . .	12	4.3.1 Tests on fans installed at their place of service ("in situ tests") . . . . .	12
4.3.2 Tests an Ventilatoren auf dem Prüfstand . . . . .	12	4.3.2 Tests performed on fans in standardized test benches . . . . .	12
4.3.3 Tests an skalierten Ventilatoren (Modelltests) . . . . .	13	4.3.3 Tests at scaled fans (model tests) . . . . .	13
4.4 Zeitpunkt der Tests . . . . .	13	4.4 Time of tests . . . . .	13
4.5 Kosten der Tests . . . . .	13	4.5 Costs of tests . . . . .	13
4.5.1 Tests zum Nachweis von vereinbarten Betriebswerten (Abnahmetests) . . . . .	13	4.5.1 Tests for verification of agreed operating points (acceptance tests) . . . . .	13
4.5.2 Wiederholung von Abnahmetests . . . . .	14	4.5.2 Repetition of acceptance tests . . . . .	14
<b>5 Grundbegriffe und Gegenstand der Tests . . . . .</b>	<b>14</b>	<b>5 Basic terms and object of the tests . . . . .</b>	<b>14</b>
5.1 Förderstrom . . . . .	14	5.1 Flow rate . . . . .	14
5.2 Druckerhöhung . . . . .	14	5.2 Pressure increase . . . . .	14
5.3 Förderleistung . . . . .	15	5.3 Fan air power . . . . .	15
5.4 Spezifische Förderarbeit . . . . .	15	5.4 Work per unit mass . . . . .	15
5.5 Antriebsleistung Eingang Ventilatorwelle (Wellenleistung) . . . . .	17	5.5 Mechanical power output to the fan shaft (shaft power) . . . . .	17
5.6 Wirkungsgrad . . . . .	17	5.6 Efficiency . . . . .	17
5.7 Wirkungsgrad des Ventilators einschließ- lich weiterer Teile der Anlage, nutzbare Druckerhöhung und Einbauwirkungsgrad, insbesondere bei frei ausblasenden Ventilatoren . . . . .	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

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
<b>6 Vorbereitung und Durchführung der Tests . . . . .</b>	<b>23</b>
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
<b>7 Messgeräte und Messverfahren . . . . .</b>	<b>26</b>
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 Norm- blenden, Normdüsen oder Normventuridüsen . . . . .	35
7.4.3 Messung der Geschwindigkeits- verteilung . . . . .	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 characteristic 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
<b>6 Preparation and performance of the tests . . . . .</b>	<b>23</b>
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
<b>7 Measuring equipment and measuring methods . . . . .</b>	<b>26</b>
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 standar- dized 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

Inhalt	Seite	Contents	Page
7.5.1 Unmittelbare Messung . . . . .	45	7.5.1 Direct measurement . . . . .	45
7.5.2 Mittelbare Messung . . . . .	45	7.5.2 Indirect measurement . . . . .	45
7.6 Messung der Drehzahl . . . . .	46	7.6 Measurement of speed of rotation . . . . .	46
7.7 Geräuschemessung. . . . .	46	7.7 Measurement of noise level . . . . .	46
<b>8 Auswertung . . . . .</b>	<b>46</b>	<b>8 Evaluation . . . . .</b>	<b>46</b>
8.1 Allgemeines. . . . .	46	8.1 General . . . . .	46
8.1.1 Bildung von zeitlichen Mittelwerten. 46		8.1.1 Obtainment of a chronological average. . . . .	46
8.1.2 Umrechnung auf die vereinbarten Betriebswerte . . . . .	46	8.1.2 Mathematical conversion to the agreed operating points . . . . .	46
8.1.3 Mittelwerte für Geschwindigkeit, Druck und spezifische Förderarbeit . 47		8.1.3 Mean values for velocity, pressure, and work per unit mass . . . . .	47
8.2 Messunsicherheiten. . . . .	49	8.2 Uncertainty of measurement . . . . .	49
8.2.1 Begründung . . . . .	49	8.2.1 Background . . . . .	49
8.2.2 Unsicherheit des Testergebnisses . . 50		8.2.2 Uncertainty in test results . . . . .	50
8.2.3 Messunsicherheit des Gesamt- ergebnisses . . . . .	50	8.2.3 Measuring uncertainty of overall result. . . . .	50
8.2.4 Streubereich der Messwerte . . . . .	51	8.2.4 Scatter range of data measured . . . . .	51
8.3 Grenzabweichungen der vereinbarten Betriebswerte (Bautoleranz) . . . . .	52	8.3 Limits for deviations from the agreed operating points (constructional tolerances) 52	
8.4 Einhaltung der vereinbarten Betriebswerte. 56		8.4 Adherence to the agreed operating points . 56	
8.5 Umrechnung der Betriebsgrößen eines Ventilator Typs auf andere Baugrößen, Drehzahlen und Gase (in erster Linie bei Modelltests). . . . .	60	8.5 Mathematical conversion of operating variables for a fan type to other sizes, speeds and gases (primarily for model tests) . . . . .	60
8.6 Aufwertungsformeln . . . . .	61	8.6 Upgrading formulae . . . . .	61
8.7 Testbericht . . . . .	62	8.7 Test report . . . . .	62
<b>Anhang A Beispiel – Grubenventilator (zweiflutiger Radialventilator) . . . . .</b>	<b>63</b>	<b>Annex A Example – Mine fan (twin-passage radial fan) . . . . .</b>	<b>63</b>
A1 Zweck der Tests, zu prüfende Betriebswerte 63		A1 Objective of the tests, operating points to be verified . . . . .	63
A2 Beschreibung der untersuchten Anlage. . . 63		A2 Description of the system inspected . . . . 63	
A3 Messung . . . . .	65	A3 Measurement . . . . .	65
A3.1 Testeinrichtung und Testanordnung . 65		A3.1 Test equipment and test apparatus. . 65	
A3.2 Durchführung der Tests . . . . .	65	A3.2 Performance of the test . . . . .	65
A4 Auswertung. . . . .	66	A4 Evaluation . . . . .	66
A5 Ergebnisse . . . . .	66	A5 Results . . . . .	66
<b>Anhang B Beispiel – Saugzugventilator (zweistufiger Axialventilator). . . . .</b>	<b>71</b>	<b>Annex B Example – Induced-draft fan (two-stage axial fan) . . . . .</b>	<b>71</b>
B1 Zweck der Tests, zu prüfende Betriebswerte 71		B1 Objective of the tests, operating points to be verified . . . . .	71
B2 Beschreibung der untersuchten Anlage. . . 71		B2 Description of the system inspected . . . . 71	
B3 Messung . . . . .	73	B3 Measurement . . . . .	73
B3.1 Testeinrichtung und Testanordnung . 73		B3.1 Test equipment and test apparatus. . 73	
B3.2 Durchführung der Tests . . . . .	73	B3.2 Performance of the tests . . . . .	73
B4 Auswertung. . . . .	75	B4 Evaluation . . . . .	75
B5 Ergebnisse . . . . .	78	B5 Results . . . . .	78
B6 Kritik . . . . .	80	B6 Critical discussion . . . . .	80
B7 Messanordnungen und Expansionszahlen für Einlaufmessdüsen. . . . .	81	B7 Measuring arrangements and expansion factors for inlet measuring nozzles. . . . .	81
Schrifttum . . . . .	83	Bibliography . . . . .	83

## Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

## Einleitung

Während in den bisherigen Ausgaben der Richtlinien der Einfluss der Kompressibilität bei der Bestimmung des statischen Anteils der Förderarbeit berücksichtigt wurde, wird dies nun auch bei der Bestimmung des dynamischen Anteils und bei der Geschwindigkeitsmessung eingeführt. Die Bevorzugung der Netzmessverfahren nach der Methode „Log-Linear“ und „Log-Tchebycheff“ trägt ebenso zur Harmonisierung mit anderen Regelwerken bei und vereinfacht die Abnahme eines Ventilators nach unterschiedlichen Regelwerken, da die gleiche Anordnung der Messpunkte verwendet werden kann.

Die Berücksichtigung der Kompressibilität führt zwar zu komplizierteren Gleichungen, deren Handhabung aber beim heute allgemein üblichen Einsatz von Rechnern zur Auswertung als vertretbar angesehen wird, da die Programmierung in der Regel nur einmal erfolgen muss.

Die wichtigsten Neuerungen sind:

- Unterscheidung zwischen statischer und Totaltemperatur
- Berücksichtigung der Kompressibilität bei der Geschwindigkeitsmessung ab  $Ma > 0,2$
- Berücksichtigung der Kompressibilität bei der Bestimmung des dynamischen Anteils der Förderarbeit
- Einführung der Netzmessverfahren Log-Linear und Log-Tchebycheff und Fortfall der Schwerlinienverfahren ohne Randausgleich

Die Lesbarkeit der Richtlinie wird durch die Beschränkung bei der Darstellung von Gleichungen auf SI-Einheiten und die Reduzierung des Anhangs auf zwei Beispiele verbessert.

## Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

## Introduction

Whereas in previous issues of the standard the effect of compressibility in determining the static component of the fan output was taken into account, this is now also considered for determination of the dynamic component and measuring velocity. The preference of the velocity area methods using “log-linear” and “log-Tchebycheff” methods also contributes to harmonization with other standards and simplifies the acceptance of a fan in accordance with various standards, because the same arrangement of measuring points can be used.

Although taking into account compressibility leads to more complicated equations, but their use may still be justified in the light of the usual present day use of computers for evaluation, because programming normally has to be done only once.

The most important changes are as follows:

- distinction between static and total temperature
- allowing for compressibility when measuring speed from  $Ma > 0,2$
- allowing for compressibility when determining the dynamic component of the fan output
- introduction of log-linear and log-Tchebycheff velocity area methods and neglect of the Median method without boundary compensation

By restricting the presentation of equations to SI units and by reducing the appendices to two examples the comprehensibility of the standard has been enhanced.

## 1 Anwendungsbereich

Ventilatoren sind Strömungsmaschinen zur Förderung von Gasen mit einem Druckverhältnis bis zu  $p_2/p_1 = 1,3$ . Diese Grenze ist aufgrund einer allgemeinen Vereinbarung festgelegt, und es bleibt selbstverständlich offen, ob man eine Maschine, deren Betriebsdaten gerade in der Nähe dieses Werts liegen, als Ventilator oder Verdichter bezeichnet, siehe VDI 2045.

Die vorliegenden Regeln für Ventilatoren sollen Grundlagen von allgemeiner Gültigkeit für Abnahme- und Leistungstests auf dem Gebiet der Ventilatoren schaffen. Sie sind Festlegungen, die dem gegenwärtigen Stand der Technik entsprechen und den durchschnittlich vorkommenden Verhältnissen angepasst sind. Sie gelten daher in vollem Umfang.

Sind Tests nach diesen Regeln vorgesehen, so ist bereits bei der Ausführung der Anlage darauf zu achten, dass die Tests nach diesen Regeln auch durchgeführt werden können (z.B. Festlegung der Messquerschnitte und Anordnung geeigneter Messstellen).

Die Regeln betreffen, soweit nichts anderes besonders vereinbart wurde, nur den Ventilator selbst. Es empfiehlt sich jedoch, in allen Fällen vorher festzulegen, welche Teile als zum Ventilator gehörig betrachtet werden sollen.

## 1 Scope

The term “fans” signifies turbo-machines for the conveyance of gases at a pressure ratio of up to  $p_2/p_1 = 1,3$ . This boundary has been selected on the basis of a general agreement, and the option of classifying a machine, the operating data of which are located in the immediate vicinity of this figure, either as a fan or a compressor (see VDI 2045), naturally remains.

The present code of practice for fans is intended to provide generally valid principles for acceptance and performance tests in the field of fans. It comprises a series of specifications which reflect the present-day level of technology and are tailored to conditions such as typically occur. They therefore apply in their full scope.

Where tests based on this code of practice are planned, it must be ensured as early as the design of the system stage that tests in conformity with this code of practice can actually be performed (e.g. stipulation of measuring cross-sections and incorporation of suitable measuring points).

Where no separate agreement to the contrary has been made, the code of practice shall be deemed to be concerned only with the fan itself. It is, however, recommendable to specify in all cases the components which are to be regarded as being constituent components of or appurtenant to the fan.