

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Abnahme- und Leistungsversuche an Verdichtern
(VDI-Verdichterregeln)
Grundlagen und Beispiele
Acceptance and Performance Tests
on Turbo Compressors and Displacement Compressors
Theory and Examples

VDI 2045

Blatt 2 / Part 2

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this Guideline shall be taken as authoritative.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary Note	2
1 Formelzeichen, Definitionen	4	1 Symbols Used and Definitions	4
1.1 Formelzeichen und Einheiten	4	1.1 Symbols and Units	4
1.1.1 Lateinische Buchstaben	4	1.1.1 Latin Letters	4
1.1.2 Griechische Buchstaben	5	1.1.2 Greek Letters	5
1.1.3 Indizes	5	1.1.3 Indices	5
2 Spezielle Begriffe für Verdichter	7	2 Special Terms for Compressors	7
2.1 Thermodynamischer Zustand	7	2.1 Thermodynamic State	7
2.1.1 Thermische Zustandsgrößen	7	2.1.1 Thermal Variables of State	7
2.1.2 Kalorische Zustandsgrößen	9	2.1.2 Caloric Variables of State	9
2.1.3 Thermische und kalorische Zustandsgleichung	11	2.1.3 Thermal and Caloric Equation of State	11
2.2 Ermittlung der Gaseigenschaften bei Gemischen	14	2.2 Determination of Gas Properties in the Case of Mixtures	14
2.2.1 Gemische aus Gasen	14	2.2.1 Mixtures of Gases	14
2.2.2 Gemische aus Gasen und Dämpfen	17	2.2.2 Mixtures Consisting of Gases and Vapours	17
2.3 Bezugsraumgrenzen des Verdichters	19	2.3 Reference Boundaries of the Compressor	19
2.3.1 Definition	19	2.3.1 Definition	19
2.3.2 Eintritt	22	2.3.2 Inlet	22
2.3.3 Austritt	22	2.3.3 Outlet	22
2.4 Fluidströme	23	2.4 Fluid Flows	23
2.4.1 Massenstrom	23	2.4.1 Mass Flow	23
2.4.2 Volumenstrom	23	2.4.2 Volume Flow	23
2.4.3 Zusätzliche Begriffe bei Kolbenverdichtern	24	2.4.3 Additional Terms for Piston Compressors	24
2.5 Änderung des thermodynamischen Zustands und spezifische Verdichtungsarbeit	26	2.5 Change in Thermodynamic State and Specific Compression Work	26
2.5.1 Wahl des Vergleichsprozesses	26	2.5.1 Selection of the Reference Process	26
2.5.2 Isotherme	28	2.5.2 Isothermal Compression	28
2.5.3 Isentrope	29	2.5.3 Isentropic Compression	29
2.5.4 Polytrope	30	2.5.4 Polytropic Compression	30
2.6 Leistungen und Wirkungsgrade	32	2.6 Power and Efficiencies	32
2.6.1 Leistungsbegriffe	32	2.6.1 Power Terms	32
2.6.2 Verdichtungsleistung der Vergleichsprozesse	33	2.6.2 Compression Power of the Reference Processes	33
2.6.3 Innere Leistung	33	2.6.3 Gas Power	33
2.6.4 Mechanische Verlustleistung	34	2.6.4 Mechanical Power Losses	34
2.6.5 Kupplungsleistung	34	2.6.5 Power at Coupling	34
2.7 Wirkungsgrade von Verdichtern	35	2.7 The Efficiencies of Compressors	35
2.8 Kennzahlen für Turboverdichter	35	2.8 Characteristic Numbers for Turbo Compressors	35
2.8.1 Bedeutung der Kennzahlen	35	2.8.1 Significance of the Characteristic Numbers	35
2.8.2 Kennzahlen	35	2.8.2 Characteristic Numbers	35
2.9 Kennlinien und Kennfelder	37	2.9 Performance Curves and Performance Maps	37
2.9.1 Kennlinien für Turboverdichter	37	2.9.1 Performance Curves for Turbo Compressors	37
2.9.2 Kennlinien für Verdrängungsverdichter	40	2.9.2 Performance Curves for Displacement Compressors	40

VDI-Gesellschaft Energietechnik
Ausschuß VDI 2045 – Verdichterregeln

VDI-Handbuch Energietechnik

Frühere Ausgabe: 2/91 Entwurf, deutsch
Former edition: 2/91 draft, in German only

Zu beziehen durch / Available from Beuth Verlag GmbH, Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 1993

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

	Seite
3 Beispiele für Abnahme-Versuchsberichte	42
3.1 Allgemeines	42
3.2 Versuchsbeispiele für Verdrängungsverdichter	42
3.2.1 Verdrängungsverdichter: Versuchsbeispiel 1	42
3.2.2 Verdrängungsverdichter: Versuchsbeispiel 2	46
3.3 Versuchsbeispiele für Turboverdichter	48
3.3.1 Turboverdichter: Versuchsbeispiel 1	48
3.3.2 Turboverdichter: Versuchsbeispiel 2	55
3.3.3 Turboverdichter: Versuchsbeispiel 3	64
3.3.4 Turboverdichter: Versuchsbeispiel 4	71
Schrifttum	78

	Page
3 Examples of Acceptance Test Reports	42
3.1 General	42
3.2 Test Examples for Displacement Compressors	42
3.2.1 Displacement Compressors: Test Example 1	42
3.2.2 Displacement Compressors: Test Example 2	46
3.3 Test Examples for Turbo Compressors	48
3.3.1 Turbo Compressors: Test Example 1	48
3.3.2 Turbo Compressors: Test Example 2	55
3.3.3 Turbo Compressors: Test Example 3	64
3.3.4 Turbo Compressors: Test Example 4	71
References	78

Vorbemerkung

Von der ersten Ausgabe der Richtlinie VDI 2045 (Wärmetechnische Abnahme- und Leistungsversuche an Verdichtern) bestand Blatt 1 (Versuchsdurchführung und Garantievergleich) seit Oktober 1973, Blatt 2 (Grundlagen und Beispiele) seit Mai 1979. Diese Richtlinie ist seitdem bei vielen Abnahmeversuchen verwendet worden. Der Anwendungsbereich umfaßte dabei Versuche an kleinen Verdrängungsverdichtern mit wenigen kW Antriebsleistung und an großen Turboverdichtern mit Leistungen über 50 MW. Ernstliche Einwände gegen die Richtlinie sind dem Ausschuß nicht bekanntgeworden.

Während jedoch früher der größte Teil der Versuche der Abnahme von Luftverdichtern ungekühlter und zwischengekühlter Bauart diente, sind inzwischen zahlreiche Versuche an Prozeßgasverdichtern dazugekommen, die bei sehr unterschiedlichen Drücken und Temperaturen betrieben werden und deren zu verdichtende Gase oft ein stark reales Gasverhalten zeigen. Das führte in damit befaßten Firmen zur Erstellung neuer Berechnungsverfahren für das reale Gasverhalten und den Reynoldszahleinfluß. Aus den Versuchen zahlreicher Firmen konnte insbesondere eine einheitliche Methode zur Umrechnung von Reynoldszahleinflüssen entwickelt werden.

Seit Oktober 1986 wurde daher die Richtlinie VDI 2045 von einem neuen Ausschuß überarbeitet, dem in bewährter Weise Betreiber, Hersteller und Neutrale (TÜV und Hochschulen) angehören, unter Protokollführung der VDI-GET. Ziel des Ausschusses war die Einarbeitung der neuen Erkenntnisse, um bisherige Lücken in der Anwendung der Ähnlichkeitstheorie zu schließen.

Preliminary Note

Of the first edition of Guideline VDI 2045 Part 1 (Thermodynamic Acceptance and Performance Test on Compressors; Test Procedure and Comparison with Guaranteed Values) had been in existence since October, 1973, Part 2 (Theory and Examples) since May, 1979. This Guideline has been used in the meantime at numerous acceptance tests. Its applications encompassed tests on small displacement compressors with a few kilowatt drive rating and large turbo compressors with ratings over 50 MW. No serious objections to the Guideline have been brought to the committee's attention.

However, although the majority of the tests were concerned with the acceptance testing of air compressors of uncooled and intercooled types, numerous tests on process-gas compressors, which are operated at greatly differing pressures and temperatures and the compressed gases of which frequently exhibit a pronounced real gas behaviour have been added in the meantime. This has resulted in drafting new calculation methods for real gas behaviour and the influence of Reynolds number by the companies involved. It has, in particular, been possible to elaborate from the tests performed by numerous companies a standardized method for conversion of the influences of Reynolds number.

Since October, 1986, therefore, Guideline VDI 2045 has been revised by a new committee, consisting, in the tried and proven manner, of operators, manufacturers and neutral bodies (the TÜV [Technical Supervisory Authority] and the universities), with the VDI-Gesellschaft Energietechnik (VDI-GET) playing the coordinating role. The committee's objective was the integration of new knowledge, in order to fill the gaps previously existing in the application of similarity theory.