

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Ermittlung des Wirkungsgrads von
konventionellen Kraftwerken

VDI 3986

Determination of efficiencies of
conventional power stations

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

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

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	4	Preliminary note	4
1 Anwendungsbereich	4	1 Scope	4
2 Begriffe	5	2 Terms and definitions	5
3 Formelzeichen und Indizes	5	3 Symbols and indices	5
4 Definition der Wirkungsgrade	7	4 Definition of efficiency	7
4.1 Allgemeines	7	4.1 General	7
4.2 Thermischer Wirkungsgrad	8	4.2 Thermal efficiency	8
4.2.1 Allgemein	8	4.2.1 General	8
4.2.2 Dampfkraftprozess	8	4.2.2 Steam power process	8
4.2.3 Gas-und-Dampfturbinen-Prozess	9	4.2.3 Gas/steam turbine process	9
4.3 Blockwirkungsgrad	11	4.3 Unit efficiency	11
4.3.1 Allgemein	11	4.3.1 General	11
4.3.2 Dampfkraftprozess	11	4.3.2 Steam power process	11
4.3.3 GuD-Prozess	12	4.3.3 Gas/steam turbine process	12
4.4 Blockwirkungsgrad von Dampfkraft- werken mit Dampfentnahme	12	4.4 Unit efficiency steam power stations with for steam withdrawal	12
4.4.1 Allgemein	12	4.4.1 General	12
4.4.2 Heißdampf	13	4.4.2 Heating steam	13
4.4.3 Prozessdampf	15	4.4.3 Process steam	15
4.5 Blockwirkungsgrad bei GuD-Prozessen mit Dampfentnahme	21	4.5 Unit efficiency of gas/steam turbine processes for steam withdrawal	21
4.5.1 Heißdampfentnahme	21	4.5.1 Heating steam withdrawal	21
4.5.2 Prozessdampfentnahme	23	4.5.2 Process steam withdrawal	23
5 Bezugszustände, Voraussetzungen, Versuchsbedingungen	25	5 Reference conditions, prerequisites, test conditions	25
5.1 Bezugszustände	25	5.1 Reference conditions	25
5.1.1 Allgemeines	25	5.1.1 General	25
5.1.2 Heizwert, Brennwert	25	5.1.2 Inferior/superior calorific value	25
5.1.3 Dampfturbine	25	5.1.3 Steam turbine	25
5.1.4 Gasturbine	26	5.1.4 Gas turbine	26
5.1.5 Kühlturm	26	5.1.5 Cooling tower	26
5.1.6 Phasenwinkel	26	5.1.6 Phase angle	26

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)
Fachbereich Energiewandlung und -anwendung

VDI-Handbuch Energietechnik
VDI/VDE-Handbuch Prozessmesstechnik und Strukturanalyse

	Seite		Page
5.2 Voraussetzungen, Bedingungen,		5.2 Prerequisites, conditions,	
Schaltungen	27	circuit condition	27
5.2.1 Allgemein	27	5.2.1 General	27
5.2.2 Schaltung	27	5.2.2 Circuit condition	27
5.2.3 Lastpunkt	27	5.2.3 Load point	27
5.2.4 Wirkungsgrad	27	5.2.4 Efficiency	27
5.2.5 Beharrungszustand,		5.2.5 Stationary state, start of test	27
Versuchsbeginn	27		
5.2.6 Istzustand	28	5.2.6 Actual condition	28
5.2.7 Elektrischer Eigenbedarf	28	5.2.7 Auxiliary load	28
5.2.8 Nettoleistung	28	5.2.8 Net output	28
5.2.9 Leistung des Generators	29	5.2.9 Generator output	29
5.2.10 Heizwert/Brennwert.	30	5.2.10 Superior/inferior calorific value	30
6 Messungen zur Ermittlung des		6 Measurements to ascertain efficiency	30
Wirkungsgrads	30		
6.1 Thermischer Wirkungsgrad	30	6.1 Thermal efficiency	30
6.1.1 Mechanische Leistung der		6.1.1 Mechanical output of the	
Dampfturbine.	30	steam turbine	30
6.1.2 Mechanische Leistung der		6.1.2 Mechanical output of the	
Gasturbine	31	gas turbine	31
6.1.3 Mechanische Leistung der		6.1.3 Mechanical input of the	
Speisepumpe	31	feed pump	31
6.1.4 Übertragener Wärmestrom	32	6.1.4 Transferred heat flow	32
6.2 Blockwirkungsgrad	33	6.2 Unit efficiency	33
6.2.1 Brennstoffmassenstrom	33	6.2.1 Fuel mass flow.	33
6.2.2 Heizwert oder Brennwert.	33	6.2.2 Superior or inferior calorific value	33
6.2.3 Elektrische Leistung	33	6.2.3 Electrical output	33
6.3 Messverfahren und Messgeräte	34	6.3 Measuring procedures and measuring	
		equipment	34
6.3.1 Allgemeines	34	6.3.1 General	34
6.3.1.1 Messgeräte	34	6.3.1.1 Measuring equipment.	34
6.3.1.2 Messaufbau	35	6.3.1.2 Measuring configuration	35
6.3.1.3 Messstellen.	35	6.3.1.3 Measuring sites	35
6.3.2 Brennstoffmassenstrom	35	6.3.2 Fuel mass flows	35
6.3.2.1 Gasförmige Brennstoffe,		6.3.2.1 Gaseous fuels, burnable gas	35
Brenngase	35		
6.3.2.2 Flüssige Brennstoffe, Heizöl	36	6.3.2.2 Liquid fuels, fuel oil	36
6.3.2.3 Feste Brennstoffe	37	6.3.2.3 Solid fuels.	37
6.3.3 Heizwert	38	6.3.3 Calorific value	38
6.3.3.1 Heizwert der Brennstoffe	38	6.3.3.1 Calorific value of the fuels	38
6.3.3.2 Probenahme von		6.3.3.2 Sampling fuels	39
Brennstoffen	39		
6.3.4 Druck	39	6.3.4 Pressure	39
6.3.4.1 Druckentnahmestelle.	39	6.3.4.1 Pressure tap	39
6.3.4.2 Druckmessgerät	39	6.3.4.2 Pressure measuring unit.	39
6.3.4.3 Hinweise	40	6.3.4.3 Remarks.	40
6.3.5 Temperatur	40	6.3.5 Temperature	40
6.3.5.1 Temperaturmessstelle im		6.3.5.1 Temperature measuring site	
Wasser-/Dampfkreislauf	40	in water/steam circuit	40
6.3.5.2 Temperaturmessstelle im		6.3.5.2 Temperature measuring site	
Luft-/Rauchgasweg	40	in air/flue gas lines	40
6.3.5.3 Temperaturmessstelle im		6.3.5.3 Temperature measuring site	
Kühlwasserkreislauf	41	in the coolant circuit	41

	Seite		Page
6.3.5.4	41	6.3.5.4	41
6.3.5.5	42	6.3.5.5	42
6.3.6	42	6.3.6	42
6.3.6.1	42	6.3.6.1	42
6.3.6.2	43	6.3.6.2	43
6.3.6.3	45	6.3.6.3	45
6.3.6.4	46	6.3.6.4	46
6.3.7	46	6.3.7	46
6.3.7.1	46	6.3.7.1	46
6.3.7.2	47	6.3.7.2	47
6.3.7.3	47	6.3.7.3	47
6.3.7.4	47	6.3.7.4	47
6.3.8	48	6.3.8	48
6.3.9	48	6.3.9	48
6.3.10	48	6.3.10	48
6.4	49	6.4	49
6.4.1	49	6.4.1	49
6.4.2	49	6.4.2	49
7	51	7	51
7.1	51	7.1	51
7.2	51	7.2	51
7.3	52	7.3	52
7.4	54	7.4	54
8	55	8	55
Schrifttum	59	Bibliography	59

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

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

1 Anwendungsbereich

Der Wirkungsgrad eines Kraftwerks ist ein Maß für die Güte der Umsetzung von Wärme in elektrische Energie. Er wurde bisher im Wesentlichen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten gesehen, denn eine Verbesserung des Wirkungsgrads ist mit einer Brennstoffeinsparung verbunden. Heute ist der Wirkungsgrad eine wichtige Größe auch im Hinblick auf die Abgasemissionen, die von den klassischen Luftverunreinigungen Staub, Schwefeldioxid u. a. bis zu den klimabeeinflussenden Emissionen (insbesondere CO₂) reichen. Ein geringerer Brennstoffaufwand bedeutet gleichzeitig eine geringere Abgasmenge und damit, bei sonst gleichen Bedingungen, auch eine niedrigere Stofffracht. Während der wirtschaftliche Gesichtspunkt im Wesentlichen eine Angelegenheit des Kraftwerksbetreibers ist, haben luft- und klimabelastende Emissionen eine allgemeine Bedeutung.

Da der Wirkungsgrad unterschiedlich definiert werden kann, ist es notwendig zu sagen, wie er definiert ist, auf welches System er sich bezieht und unter welchen Voraussetzungen er gemessen werden soll. Diese Richtlinie gibt dazu Regeln und Hinweise. Besonderes Augenmerk wird dabei der Wärmeauskoppelung aus Kraftwerken gewidmet. Die Richtlinie soll auch zur Harmonisierung der Begriffe beitragen.

Diese Richtlinie gilt für konventionelle Wärmekraftwerke, die als Blockanlagen ausschließlich oder überwiegend der Stromerzeugung dienen. Sie gilt nicht für Gegendruckanlagen sowie für Kraftwerke, deren Stromkennzahl weniger als 2,0 beträgt, oder für Blockheizkraftwerke.

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 specified in the VDI Notices (www.vdi.de/richtlinien).

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

1 Scope

The efficiency of a power station is a measure for the quality of the conversion of heat into electrical energy. Up to now, this was mainly seen under economic aspects, because an improvement in efficiency goes hand in hand with fuel savings. Today, efficiency is an important parameter with regard to exhaust emissions, ranging from the classical air pollutants dust, sulphur dioxide, etc. all the way to emissions having an effect on the climate (particularly CO₂). Smaller fuel quantities also mean smaller exhaust quantities and thus lower substance transportation under otherwise equivalent conditions. While the economic aspect is essentially the power station owner's business, emissions which affect the quality of the air and the climate are of general significance.

There are different ways of defining power station efficiency, so that it is necessary to say how efficiency is to be defined, which system it refers to and under which prerequisites it is to be measured. This standard provides appropriate rules and instructions. The standard will devote particular attention to thermal outcoupling from power stations. The standard also aims at harmonising the definitions used.

This standard applies to conventional thermal power stations which are used as units exclusively or primarily for power generation. It does not apply to back-pressure systems or to power stations with a power characteristic less than 2,0, or to unit heating power stations.