

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Ermittlung zielenergiebezogener Emissionen
bei der Energieumwandlung
Calculation of emissions related to target energy
for energy conversion

VDI 4660

Blatt 2 / Part 2

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	2	Preliminary note.....	2
Einleitung	2	Introduction.....	2
1 Anwendungsbereich	3	1 Scope	3
2 Normative Verweise	3	2 Normative references	3
3 Begriffe	3	3 Terms and definitions	3
4 Formelzeichen, Abkürzungen und Indizes	5	4 Symbols, abbreviations, and indices	5
5 Systemgrenze	7	5 System boundary	7
6 Umrechnung spezifischer Emissionen in zielenergiebezogene Emissionen	7	6 Conversion of specific emissions into target energy related emissions	7
7 Aufteilung von zielenergiebezogenen Emissionen bei der Kraft-Wärme-Kopplung	8	7 Allocation of target energy related emissions in combined heat and power generation	8
7.1 Energetische (kalorische) Methode.....	11	7.1 Energy (calorific) method.....	11
7.2 Arbeitswertmethode	11	7.2 Electricity reduction method.....	11
7.3 Exergetische Methode.....	11	7.3 Exergy method.....	11
7.4 Methoden auf Grundlage der Brennstoffeinsparung.....	12	7.4 Methods based on fuel savings.....	12
7.5 Restwertmethode.....	13	7.5 Remainder value method	13
7.6 Substitutionsmethode	14	7.6 Substitution method	14
7.7 Beispielrechnungen	15	7.7 Example calculations	15
8 Zielenergiebezogene CO₂-Emissionen bei CO₂-Rückhaltung in Kondensationskraftwerken	19	8 Target energy related CO₂ emissions with CO₂ retention in condensing power plants	19
8.1 Minderung der Kohlendioxidemissionen durch Steigerung des Wirkungsgrads.....	19	8.1 Reduction of carbon dioxide emissions by increasing efficiency.....	19
8.2 Rückhaltung von Kohlendioxidemissionen und Wirkungsgradeinbuße	20	8.2 Retention of carbon dioxide emissions and losses of efficiency	20
8.3 Leistungseinbuße bei der Nachrüstung von Kraftwerken mit CO ₂ -Rückhaltung.....	25	8.3 Loss of output on retrofitting power plants with CO ₂ retention systems.....	25
Anhang A Exergieverlustmethode	27	Annex A Exergy loss method	27
Anhang B Bundeseinheitliche Liste der Emissionsfaktoren (Auszug)	30	Annex B National German List of Emission Factors (excerpt)	30
Anhang C Weitere Beispiele für die Anwendung von Aufteilungsverfahren	31	Annex C Further examples of the application of allocation methods	31
Schrifttum	32	Bibliography	32

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)

Fachbereich Energiewandlung und -anwendung

VDI-Handbuch Energietechnik
VDI-Handbuch Ressourcenmanagement in der Umwelttechnik
VDI-Handbuch Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Band 1: Bewertung/Stoffwerte

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), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

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

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/4660.

Einleitung

In der Energiewirtschaft werden Emissionen vorwiegend auf das Abgas bezogen (siehe VDI 4660 Blatt 1). Für umwelt- und energiepolitische Entscheidungen wie auch für den Verbraucher sind Angaben von Emissionen häufig aufschlussreicher, wenn sie zu den Energien in Relation gesetzt werden, die das Ziel des jeweiligen Energieumwandlungsprozesses sind. Diese Energien werden im Folgenden als Zielenergien bezeichnet (elektrische Arbeit, Nutzwärme usw.), die Emissionen als zielenergiebezogene Emissionen.

Zielenergiebezogene Emissionen sind anlagenspezifische Emissionen. Sie sind aus Messungen oder aus den in der Richtlinie VDI 4660 Blatt 1 behandelten Emissionsangaben und zusätzlichen Leistungsmessungen oder zusätzlichen Wirkungsgradangaben zu ermitteln. Vergleiche zwischen unterschiedlichen zielenergiebezogenen Emissionsangaben und von verschiedenen Energieumwandlungsanlagen und Verfahren sind möglichst eindeutig durchzuführen. Dazu sind neben der in VDI 4660 Blatt 1 empfohlenen Vorgehensweise noch Bilanzgrenzen und Umgebungsbedingungen festzulegen. Bei Energieumwandlungsanlagen mit mehreren Zielenergien (z.B. Gegendruck-Dampfkraftwerk: elektrische Arbeit und Nutzwärme) ist außerdem eine Vereinbarung über die Aufteilung der Emissionen auf die verschiedenen Zielenergien erforderlich.

Unter Zielenergie bzw. Zielleistung wird in den folgenden Betrachtungen stets die Nettozielenergie bzw. Nettozielleistung verstanden. Dies ist die von der Energieumwandlungsanlage abgegebene gewünschte Energie bzw. Leistung unter Anrechnung

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) specified in the VDI Notices.

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

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at www.vdi.de/4660.

Introduction

In the energy industry, emissions are predominantly considered in relation to the exhaust gas (see VDI 4660 Part 1). For the purpose of environmental and energy policy decisions, and for consumers, statements of emissions are frequently more informative when they are set in relation to the energy which is the product of the energy conversion process concerned. That resulting type of energy is referred to below as the target energy (electrical power, useful heat, etc.), the emissions as target energy related emissions.

Target energy related emissions are plant-specific emissions. They are to be calculated from measurements, or from the emission data dealt with in standard VDI 4660 Part 1 and additional power measurements or additional data on efficiency. Comparisons between different statements of target energy related emissions and between different energy conversion systems and processes are to be made as clearly as possible. For that purpose, the procedures recommended in VDI 4660 Part 1 are to be followed and assessment limits and ambient conditions stipulated. In the case of energy conversion systems with more than one target energy (e.g. back-pressure steam turbine power plants producing electrical power and useful heat), a convention is also to be established on the allocation of the emissions to the different target energies.

In the following considerations, target energy or target power is always taken to mean the net target energy or net target power. This is the desired energy or power output from the system taking account of all energy and power expended on auxiliary

sämtlicher Energie- bzw. Leistungsaufwendungen für Hilfsantriebe, die zum Betrieb der Anlage erforderlich sind (Eigenbedarf).

1 Anwendungsbereich

In dieser Richtlinie werden keine vor- oder nachgelagerten Energieumwandlungsketten berücksichtigt. Nachfolgend wird die Vorgehensweise bei der Umrechnung von spezifischen Emissionen in zielenergiebezogene Emissionen beschrieben. Dabei sind folgende Fälle zu unterscheiden:

- Umrechnung brennstoffenergiebezogener Emissionen in zielenergiebezogene Emissionen mithilfe von Wirkungsgraden
- Aufteilung von Emissionen auf verschiedene Zielenergien bei der Koppelproduktion

Die Richtlinie wendet sich an Betreiber energietechnischer Anlagen, Überwachungsbehörden und -institute sowie an auf diesem Gebiet tätige Wissenschaftler.

2 Normative Verweise

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

VDI 4608 Blatt 2:2008-07 Energiesysteme; Kraft-Wärme-Kopplung; Allokation und Bewertung

VDI 4660 Blatt 1:2013-11 Umrechnung spezifischer Emissionen bei der Energieumwandlung

drives which are required for operation of the system (station service).

1 Scope

This standard takes no account of any upstream or downstream energy conversion chains. The procedure for conversion of specific emissions into target energy related emissions is described below. Distinctions are to be made between the following cases:

- mathematical conversion of fuel energy related emissions into target energy related emissions with the aid of efficiency data
- allocation of emissions to various target energy types in combined production

The standard is addressed to the operators of energy systems, to supervisory authorities and institutes, and to scientists working in this field.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this standard:

VDI 4608 Part 2:2008-07 Energy systems; Combined heat and power; Allocation and evaluation

VDI 4660 Part 1:2013-11 Conversion factors for specific emissions from energy-conversion systems