

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Energiekenngößen
Grundlagen – Methodik

VDI 4661

Energetic characteristics
Fundamentals – methodology

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 Formelzeichen und Indizes	4	2 Symbols and indices	4
3 Grundlagen	6	3 Fundamentals	6
3.1 Physikalische Fachtermini	6	3.1 Physical technical terms	6
3.2 Energiewirtschaftliche Fachtermini	11	3.2 Technical terms of energy economy	11
3.3 Energietechnische Fachtermini	14	3.3 Power engineering technical terms	14
3.4 Energiekenngößen	16	3.4 Energetic characteristics	16
3.5 Energiekennwerte für die ganzheitliche Bewertung	22	3.5 Energetic characteristics for an integral evaluation	22
4 Energiebilanzen	28	4 Energy balances	28
4.1 Energiebilanzen für technische Systeme	28	4.1 Energy balances for technical systems	28
4.2 Energiebilanzen für Wirtschaftsräume	30	4.2 Energy balances for economic areas	30
4.3 Umrechnungsfaktoren	32	4.3 Conversion factors	32
4.4 Bewertung der Energieträger	32	4.4 Evaluation of the energy carriers	32
5 Anwendungsmöglichkeiten von Energiekenngößen	34	5 Possible applications for energetic characteristics	34
5.1 Energiekenngößen im betrieblichen Energiemanagement	34	5.1 Energetic characteristics in operational energy management	34
5.2 Energiekennwerte in Benchmarking-Projekten	37	5.2 Energetic characteristics in benchmarking projects	37
6 Methodik zur Ermittlung und zum Vergleich von Energiekenngößen	39	6 Methods of determining and comparing energetic characteristics	39
6.1 Wesentliche Einflussfaktoren auf Energiekenngößen	39	6.1 Important factors affecting energetic characteristics	39
6.2 Datenerfassung und -verarbeitung	45	6.2 Data acquisition and processing	45
Schrifttum	51	Bibliography	51
Anhang Energieeinheiten	52	Annex Units of energy	52

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)

Fachbereich Sicherheit und Management

VDI-Handbuch Energietechnik
VDI-Handbuch Management und Sicherheit in der Umweltechnik

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.

Einleitung

Die Diskussionen um eine sichere, umweltschonende und nachhaltige Energieversorgung und -anwendung führen durch unklare Vorstellungen über die Begriffsinhalte, mangelnde Klarheit begrifflicher Definitionen und oft allein schon durch die missverständliche Verwendung des Begriffs „Energie“ zu Fehlmeinungen und -urteilen. Eine einheitliche Festlegung von Fachtermini ist die erste Voraussetzung für das Verständnis energiewirtschaftlicher Grundlagen.

Diese VDI-Richtlinie soll und kann nicht ein Compendium aller im energietechnischen und energiewirtschaftlichen Bereich verwendeten Kenngrößen darstellen. Spezielle Kenngrößen müssen von den entsprechenden Fachgremien diskutiert und festgelegt werden.

Einige der in der Energietechnik und -wirtschaft üblichen Begriffe sind physikalisch und thermodynamisch inkorrekt. So geben z.B. Anlagen der Kraftwerks- oder der Heizkraftwerkstechnik nicht „Kraft“, sondern mechanische bzw. elektrische Energie ab. Gerade aber bei dem Begriff „Kraft“ hat sich der Sprachgebrauch – und dies keineswegs nur in der Umgangssprache – von den physikalischen Sachverhalten völlig gelöst. Man denke nur an die auch in der Fachwelt gängigen Begriffe „Kraftmaschine“, „Kraftfahrzeug“, „Kraftwerke“ oder „Kraftstoff“.

Der Versuch, hier eine Wende zur Verwendung physikalisch korrekter Ausdrücke bewirken zu wollen, ist sicherlich ebenso zum Scheitern verurteilt wie der den Begriff „Energieverbrauch“ oder „Energieerzeugung“ ersetzen zu wollen, denn beide sind im streng wissenschaftlichen Sprachgebrauch inkorrekt, weil sie der Aussage des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik widersprechen.

Solange und sofern eine Verständigung auch außerhalb von Expertenkreisen gewünscht und notwendig

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.

Introduction

Due to an indistinct understanding of the meaning of terms and a lack of clarity regarding the definitions of the terms, and frequently simply due solely to a misguided use of the term “energy”, discussions about a safe and sustained energy supply and utilization with low environmental impact often results in misled opinions and judgments. A uniform explanation of technical terms is the first condition of understanding fundamentals of energy economy.

This VDI Standard should not and cannot be a compendium of all of the characteristics used in energy technology or energy economy. Special characteristics will need to be discussed and defined by the appropriate technical committees.

Some terms used in energy technology and energy economy are both physically and thermodynamically incorrect. For example, power plants or district heating power plants do not supply “power” but rather mechanical or electrical energy. It is, however, precisely with the term “power” in practical usage – and this is by no means restricted to colloquial speech only – has divorced itself entirely from the physical facts. It is only necessary to recall expressions used by technicians, such as “power engine”, “power plant” or power stroke.

There is little doubt that an attempt to bring about a changeover to using physically correct expressions is as doomed to fail as the attempt to replace the terms “energy consumption” or “energy generation” since in strict scientific usage both are in fact incorrect as they contradict the first law of thermodynamics.

For as long as and if understanding and communication outside expert circles is seen as desirable and

ist, müssen Fachleute derartige sprachliche Unschärfen und Unkorrektheiten hinnehmen. Sie beseitigen zu wollen, stößt auf Unverständnis und erzeugt Verwirrung. Gleichfalls muss man wegen der Breite und Vielfalt der behandelten physikalischen und technischen Bereiche die Doppelbelegung von Formelzeichen hinnehmen.

Diese VDI-Richtlinie hat diese Fakten in ihre Festlegungen mit einbezogen. Sie versucht, eine Reihe definitorischer Lücken zu schließen, die bislang auch in Fachgesprächen immer wieder zu Missverständnissen führen.

1 Anwendungsbereich

Der Vergleich und die Beurteilung der energetischen Qualität von Geräten, Anlagen, Systemen und ihre technische und wirtschaftliche Optimierung erfolgt auf der Grundlage von Energiekenngrößen. Die Energiekenngrößen sind in den meisten Fällen Verhältniszahlen, die zum Teil dimensionsbehaftet und zum Teil dimensionslos sind. Im Allgemeinen sind neben den Energiekenngrößen noch zusätzliche Angaben notwendig, um eine eindeutige Bewertung zu ermöglichen.

Energieumwandlungen können durch die Gesetze der Thermodynamik beschrieben werden. Allerdings ist das Gleichungssystem der Thermodynamik nur für ideale, das heißt reversible Prozesse geschlossen. In der Praxis ist die exakte analytische Bestimmung von energietechnischen Vorgängen meist nicht möglich. Dazu sind die Verknüpfungen der energetischen Bestimmungsgrößen mit anderen Bestimmungsfaktoren, wie fertigungstechnische Bedingungen, wirtschaftliche und soziale Strukturen und Umweltbedingungen, zu komplex, zum Teil nicht bekannt und unwägbar. Die Einflussfaktoren sind oft stochastisch und nur schwer reproduzierbar.

Die Bestimmung aller in dieser Richtlinie angesprochenen Kenngrößen muss sich daher neben der Auswertung vorhandener Daten auf Messungen stützen, die vom einfachen Zählen bis zum Einsatz komplexer Messsysteme reichen können. Eine Ermittlung von Energiekenngrößen verlangt:

- das Prüfen vorhandener Daten bzw. das Realisieren eines Messkonzepts, das alle für die jeweilige Fragestellung relevanten, den Prozess und seinen Energieverbrauch beeinflussenden Daten in einer Form und Art liefert, die für die Beantwortung der Fragestellung notwendig sind
- das zielorientierte Verarbeiten und Darstellen von Messdaten, um die den Leistungs- und Energiebe-

necessary, the specialist will need to accept linguistic inexactitudes and incorrectness of this kind. Attempts to get rid of them will only meet with misunderstanding and generate confusion. Likewise on account of the extent and great variety of scientific and technological fields, it will also be necessary to deal with conventional symbols having multiple meanings assigned to them.

This VDI Standard has taken into account these circumstances. It attempts to fill in a number of definition gaps which have so far, even in technical discussions, resulted again and again in misunderstandings.

1 Introduction

Comparison and evaluation of the energetic quality of equipment, plants, systems and also their technical and economic optimization is made on the basis of energetic characteristics. In most cases these energetic characteristics are relative values some of which are dimensionalized and others non-dimensionalized. In general, further items of information are required in addition to the energetic characteristics until an unambiguous assessment can be made.

The various types of energy conversion can be described by the laws of thermodynamics. However, the system of equations in thermodynamics is a closed system only for ideal – i.e. reversible – processes. In practice, it is sometimes not possible to obtain an exact analytical estimation of energetic processes. Therefore energetic fundamental variables are linked to other determining factors, such as technical conditions of production, economical and social structures and environmental conditions, in a way which is too complex, and in some cases not known and therefore imponderable. Commonly, the affecting factors are stochastic and only reproducible with difficulty.

For this reason, determining all of the characteristics mentioned in this standard must be based not only on an evaluation of existing data but also on measurements which may range from simple counting to the employment of complex measurement systems. Determining energetic characteristics demands:

- the existing data be checked or a measurement concept to be implemented which provides all of the data both relevant to the problem in question and also which have an influence on the process and its associated energy consumption, providing the data in the form and way required for obtaining an answer to the problem in question
- the measured data be processed and presented in a manner so as to enable recognition and quantifica-

darf beeinflussenden und bestimmenden Parameter und ihre Wirkungen sowie die technische Qualität der Energieumwandlung und -anwendung zu erkennen und zu quantifizieren

Die Aufgabe der Richtlinie VDI 4661 ist:

- das Festlegen physikalischer und technischer Fachtermini
- die Definition von einigen typischen speziellen Kenngrößen
- das beispielhafte Aufzeigen der Ermittlung der Quantifizierung und der Anwendung von Kenngrößen

tion of the parameters affecting and determining power and energy requirements, the effects of these parameters and also the technical quality of the energy conversion and utilization

The task of standard VDI 4661 is:

- to define both physical and technical terms
- to define a number of typical special characteristics
- to provide examples of how characteristics are determined, quantified and utilized