

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Bewertung von Energie- und Stoffeffizienz
Methodische Anwendung des physikalischen Optimums
Evaluation of energy and material efficiency
Methodical application of the physical optimum

VDI 4663
Blatt 1 / Part 1

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 Begriffe	4	2 Terms and definitions	4
3 Formelzeichen und Indizes	6	3 Symbols and Indices	6
4 Methodik	8	4 Methodology	8
4.1 Physikalisches Optimum und Grenzwerte.....	8	4.1 Physical optimum and limit values	8
4.2 Systemmodelle zur Anwendung der Methodik.....	10	4.2 System models for the application the methodology	10
4.3 Definition des PhO-Faktors und der Leistungs- und Verbrauchswerte.....	13	4.3 Definition of the PhO factor and the performance and consumption values.....	13
4.4 Abgrenzung des PhO-Faktors vom Wirkungsgrad.....	23	4.4 Differentiation of the PhO factor from the efficiency factor	23
4.5 Betrachtung des Übertragungsverhaltens mit der Methodik.....	23	4.5 Consideration of the transmission behaviour with the methodology	23
4.6 Einordnung und Vergleich mit bekannten Kennzahlen	24	4.6 Classification and comparison with known key figures.....	24
5 Werkzeuge	27	5 Tools	27
5.1 Sankey-Diagramm	27	5.1 Sankey diagram	27
5.2 Erweiterte Pareto-Analyse	28	5.2 Advanced Pareto analysis	28
5.3 Bewertung des Teillastverhaltens von Systemen	29	5.3 Evaluation of the partial load behaviour of systems	29
5.4 Erweiterte Verlustkaskade	30	5.4 Extended loss cascade.....	30
5.5 Ökonomische und ökologische Prozessgestaltung	32	5.5 Economic and ecological process design.....	32
6 Referenzformeln	33	6 Reference formulas	33
6.1 Identifizierte Einflussfaktoren.....	34	6.1 Identified influencing factors.....	34
6.2 Festlegung der Kriterien.....	35	6.2 Determination of the criteria.....	35
6.3 Entwicklung der Referenzformeln	36	6.3 Development of the reference formulas	36
6.4 Definition des Aktivitätsniveaus.....	38	6.4 Definition of the activity level.....	38
Anhang A Physikalisches und betriebswirtschaftliches Optimum ...	40	Annex A Physical and economic optimum	40
Anhang B Beispiele	42	Annex B Examples.....	42
Schrifttum	56	Bibliography	56

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)

Fachbereich Energietechnik

VDI-Handbuch Energietechnik

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 und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter www.vdi.de/4663.

Einleitung

Ein wesentliches Ziel für nachhaltige Prozesse und Verfahren ist die Verbesserung der Energie- und Stoffeffizienz, womit eine nachhaltige Ressourcennutzung bewirkt wird. Viele Unternehmen nutzen zur Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz das Energiemanagement nach DIN EN ISO 50001 und entsprechend.

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.

Soll der Erfüllungsgrad der im Rahmen eines Energiemanagements gesetzten Ziele ermittelt und bewertet werden, bedarf es entsprechender physikalisch begründeter Kennzahlen, die den Energie- und Ressourcenverbrauch einer Organisation aussagekräftig abbilden können.

Ein physikalisch begründetes Kennzahlensystem einzusetzen ist deshalb von Vorteil, weil sich Organisationen hinsichtlich ihrer eingesetzten Edukte, Produkte, Prozesse, Strukturen und vieler weiterer Faktoren grundlegend unterscheiden. Für die Energie- und Ressourceneffizienz gibt es physikalische Grenzen, die bei der Bildung dieser Kennzahlen berücksichtigt werden sollen.

Die Ermittlung physikalisch begründeter Kennzahlen wird mit dieser Richtlinie für unterschiedliche Prozesse und Verfahren beschrieben.

Physikalisch begründete Kennzahlen lassen sich sowohl für die Prozess- und Verfahrensauswahl als

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 and those in preparation as well as further information, if applicable, can be accessed on the Internet at www.vdi.de/4663.

Introduction

An essential aim for sustainable processes and procedures is the improvement of energy and material efficiency, which leads to a sustainable use of resources. Many companies use energy management according to DIN EN ISO 50001 and corresponding standards to improve energy and resource efficiency.

The comparison and assessment of the energy quality of equipment, installations, systems, and their technical and economic optimisation is based on energy parameters. In most cases, the energy parameters are ratios, some of which are dimensionally dependent and some of which are dimensionless.

If the degree of fulfilment of the goals set within the framework of energy management is to be determined and evaluated, corresponding physically based key figures are required that can meaningfully depict the energy and resource consumption of an organisation.

Using a physically based key performance indicator system is advantageous because organisations differ fundamentally in terms of the reactants, products, processes, structures, and many other factors they use. There are physical limits to energy and resource efficiency that should be taken into account when creating these indicators.

The determination of physically based key figures is described in this standard for different processes and procedures.

Physically based key figures can be applied for process and procedure selection as well as for the

auch für die Bewertung des Betriebs von Verfahren und Prozessen anwenden.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie richtet sich an Personen, die eine Verminderung der Energieintensität ihrer Organisation (Unternehmen, Kommunen, Liegenschaften, Energieversorger und sonstige energieintensive Nutzer) anstreben. Der erste Schritt auf dem Weg eines solchen Vorhabens, das idealerweise in der Umsetzung von wirtschaftlich identifizierten Maßnahmen mündet, ist das Aufstellen eines Kennzahlensystems. Die mit dieser Aufgabe betrauten Personen sollten sowohl über eine gute Kenntnis organisatorischer Abläufe als auch über ein tiefgehendes Verständnis technischer Anlagen, wie Druckluftanlagen, Produktionsanlagen, Wärme- und Kälteerzeugungsanlagen oder Beleuchtung, verfügen.

Diese Richtlinie ist als ein Leitfaden über den gesamten Optimierungsprozess der Energiewandlung, -verteilung und -nutzung zu sehen: vom

- Entschluss, auf diesem Feld aktiv zu werden, über das
- Bilden, Aus- und Bewerten von Kennzahlen bis zur
- Ableitung, Vermittlung und Umsetzung von energetisch und wirtschaftlich vorteilhaften Maßnahmen.

Als Hilfsmittel zur Bewertung wird der Begriff das „physikalische Optimum“ (abgekürzt PhO) als idealer Referenzwert definiert. Der Vorteil, den realen Prozess mit dem PhO zu vergleichen, ist, dass der Referenzpunkt, das *PhO*, nicht unterschritten werden kann, solange die physikalischen Gesetze gelten. Somit ist ausgeschlossen, dass zu einem späteren Zeitpunkt, zu dem der Stand der Technik fortgeschritten ist, ein neuer Referenzpunkt bestimmt werden muss.

Unter Nutzung von geeigneten Werkzeugen zur Bewertung und Verbesserung von Prozessen und Verfahren können mithilfe der Kennzahlen Potenziale ermittelt werden.

Der sich daraus ergebende wirtschaftliche Aufwand muss bewertet werden und ist nicht Gegenstand dieser Richtlinie.

Die so beschriebene Methode steht im Einklang mit den sich aus der DIN EN ISO 50001 abzuleitenden Forderung, Kenngrößen, die sogenannten Energy Performance Indicators (EnPI), zu bilden, die für die Verwirklichung ihrer Energiepolitik repräsentativ sind.

assessment of the operation of procedures and processes.

1 Scope

This standard is aimed to people who want to reduce the energy intensity of their organisation (companies, municipalities, properties, energy suppliers and other energy-intensive users). The first step on the path of such a project, which ideally results in the implementation of economically identified measures, is the establishment of a key performance indicator system. The persons entrusted with this task should have a good knowledge of organisational processes as well as a deeper understanding of technical systems, such as compressed air systems, production systems, heating and cooling systems or lighting.

This standard is to be seen as a guide over the entire optimisation process of energy conversion, distribution and use: from the

- decision to become active in this field, across the
- forming, evaluating, and assessing key figures, to the
- deriving, communicating, and implementing energetically and economically advantageous measures.

As an aid for assessment, the term the “physical optimum” (abbreviated PhO) is defined as an ideal reference value. The advantage of comparing the real process with the PhO is that the reference point, the *PhO*, cannot be undershot as long as the laws of physics apply. This rules out the possibility of having to determine a new reference point at a later point in time when the state of the art has advanced.

Using suitable tools to evaluate and improve processes and procedures, potential can be identified with the help of the key figures.

The resulting economic effort must be assessed and is not the subject of this standard.

The method described in this way is in line with the requirement derived from DIN EN ISO 50001 to form parameters, the so-called energy performance indicators (EnPI), which are representative for the realisation of their energy policy.

Bei der Festlegung der EnPI ist es sehr wichtig, immer Systemgrenzen und Betriebsbedingungen festzulegen, um eine verfälschte Darstellung zu vermeiden. Es ist Ziel, künftige Veränderungen mit Blick auf den Energieverbrauch und -einsatz sinnvoll bewerten zu können und eine Vergleichsperiode festzulegen (siehe auch DIN ISO 50006).

Analog zu VDI 4661 stützen sich alle in dieser Richtlinie angesprochenen Kenngrößen neben der Auswertung vorhandener Daten auf Messungen, die vom einfachen Zählen bis zum Einsatz komplexer Messsysteme reichen können.

Die Fachkenntnis über technische Details wie die organisatorischen Abläufe von Managementsystemen ist in Organisationen vorhanden, allerdings oft nur innerhalb verschiedener Organisationseinheiten oder Personenkreise. Dieser Umstand bedingt einen hohen Kommunikationsaufwand und bewirkt häufig ein Scheitern des Projekts „Kennzahlbildung“ an den verschiedenen Zielen oder Arbeits- und Denkweisen der Beteiligten.

When defining the EnPI, it is very important to always set system limits and operating conditions in order to avoid a distorted representation. The aim is to be able to meaningfully evaluate future changes with regard to energy consumption and use and to define a comparison period (see also DIN ISO 50006).

Analogous to VDI 4661, all parameters addressed in this standard are based not only on the evaluation of existing data but also on measurements, which can range from simple counting to the use of complex measuring systems.

The expertise on technical details as well as the organisational processes of management systems is available in organisations, but often only within different organisational units or groups of people. This circumstance requires a high communication effort and often causes a failure of the project “indicator development” due to the different goals or ways of working and thinking of those involved.