

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEUREKumulierter Energieaufwand (KEA)
Begriffe, Berechnungsmethoden

Cumulative energy demand (KEA)
Terms, definitions, methods of calculation

VDI 4600

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English*Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.**The German version of this guideline 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	3	2 Terms and definitions	3
3 Formelzeichen und Indizes	5	3 Symbols and indices	5
4 Definition des kumulierten Energieaufwands (KEA)	6	4 Definition of cumulative energy demand (KEA)	6
4.1 Lebenszyklus (Herstellung, Nutzung, Entsorgung)	6	4.1 Life cycle (production, use, disposal)	6
4.2 Beiträge zum kumulierten Energieaufwand	7	4.2 Contributions to the cumulative energy demand	7
5 Bereitstellungsnutzungsgrade	8	5 Overall efficiencies of supply	8
6 Bilanzen	10	6 Balances	10
6.1 Bilanzgrenzen	10	6.1 Balancing boundaries	10
6.2 Bilanzelemente	11	6.2 Balance-sheet items	11
6.3 Stoffbilanzen	13	6.3 Material balances	13
6.4 Energiebilanzen	13	6.4 Energy balances	13
7 Methoden zur Ermittlung des kumulierten Energieaufwands	14	7 Methods for the determination of the cumulative energy demand	14
7.1 Abgrenzung benötigter Angaben und Randbedingungen	14	7.1 Required data and boundary conditions	14
7.2 Methoden	15	7.2 Methods	15
Schrifttum	22	Bibliography	22

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)
Fachbereich Ressourcenmanagement in der Energie- und Umwelttechnik

VDI-Handbuch Energietechnik
VDI-Handbuch Produktentwicklung und Konstruktion
VDI-Handbuch Produktionstechnik und Fertigungsverfahren, Band 1: Grundlagen und Planung
VDI-Handbuch Ressourcenmanagement in der Umwelttechnik
VDI-Handbuch Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Band 1: Bewertung/Stoffwerte
VDI-Handbuch Wärme-/Heiztechnik

[This is a preview. Click here to purchase the full publication.](#)

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

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

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/4600.

Einleitung

Im Zuge der Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung wird es mehr und mehr üblich, dass man Produkte und Dienstleistungen unter Aspekten wie Aufwand und Ressourcenbelastung – dazu gehören sowohl der Energieaufwand als auch die Emissionen – quantifiziert und analysiert, um möglichst umfangreiche Informationen für eine unter dem Aspekt Umweltverträglichkeit optimierte Konstruktion und Fertigung wie auch Gebrauch und Beseitigung der Produkte bereitzustellen.

Diese Richtlinie soll dazu beitragen, energietechnische Daten in einem einheitlichen Grundrahmen verfügbar und vergleichbar zu machen. Sie beschränkt sich auf den Teilaspekt der Bilanzierung des kumulierten Energieaufwands (*KEA*), der unter anderen bei der Ökobilanz oder Lebenszyklusanalyse (LCA) nach DIN EN ISO 14004 *ein* wichtiger Kennwert für eine energetische Ressourceneffizienz und eine ökologische Bewertung des jeweils betrachteten Systems sein kann.

Eine *Ökobilanz* konzentriert sich auf die Umweltaspekte und potenziellen Umweltwirkungen (z.B. Nutzung von Ressourcen und die Umweltauswirkungen von Emissionen) im Verlauf des Lebenswegs eines Produkts von der Rohstoffgewinnung, über Produktion, Anwendung, Abfallbehandlung, Recycling bis zur endgültigen Beseitigung.

Die Systemgrenze und der Detaillierungsgrad einer *KEA*-Berechnung und einer Ökobilanz hängen vom Untersuchungsgegenstand und von der vorgesehenen Fragestellung der Studie ab. Tiefe und Breite können je nach der Zielsetzung beträchtlich schwanken.

Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline 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 guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI Notices (www.vdi-richtlinien.de).

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

A catalogue of all available parts of this series of guidelines can be accessed on the internet at www.vdi.de/4600.

Introduction

In the course of technology assessment it is getting increasingly common to quantify and analyse products and services under aspects such as expenditure and burdens on resources – including both the demand for energy and the emissions – in order to provide the most comprehensive information for an environmentally compatible design and manufacture of the products just as their use and disposal.

This guideline shall assist in making energy technological data available and comparable within a uniform framework. It is confined to the partial aspect of balancing the cumulative energy demand (*KEA*) which is among others in the ecological balance or LCA (life cycle assessment) in accordance with the DIN EN ISO 14004 *one* possible important characteristic value for an ecological assessment of the respective system under consideration.

A life cycle assessment focuses on the environmental aspects and potential environmental impacts (e.g. use of resources and the environmental effects of emissions) in the course of the life cycle of a product from raw material recovery, through production, use, waste treatment, recycling up to final disposal.

The system boundary and the level of detail of a *KEA* calculation and of a life cycle assessment depend on the object of investigation and on the foreseen question that the study attempts to answer. Depth and breadth can vary significantly depending upon the objective.

Die Phase der Erstellung einer *Sachbilanz* ist die zentrale Phase einer Ökobilanz. Sie ist die Bestandsaufnahme von Input-/Outputdaten in Bezug auf das zu untersuchende System. Sie umfasst die Sammlung der Daten. Genau in dieser Arbeitsphase der Datenerfassung bietet der *KEA* wichtige Unterstützung.

Da viele Auswirkungen mit dem *KEA* verbunden sind, kann die Bilanzierung des Kumulierten Energieaufwands auch als Kurzökobilanz dienen [1].

1 Anwendungsbereich

In dieser Richtlinie wird bewusst nicht jedes Detail vorgeschrieben, sodass der methodischen Weiterentwicklung und Anwendung Möglichkeiten offen gelassen werden.

Bei der Ermittlung des *KEA* für Produkte und Dienstleistungen erhält man eine Basis für die Berechnung bzw. Hinweise auf

- die damit verbundenen Materialaufwendungen,
- die Wahl der Werkstoffe und der Prozesstechnik unter energetischen Gesichtspunkten,
- die energetische Bedeutung der Behandlung benutzter Güter durch Teil-, Komponenten- oder Stoffrückführung, energetische Nutzung und Entsorgung,
- den Einfluss der Nutzungsdauer energieverbrauchender oder umwandelnder ökonomischer Güter (Produkte und Dienstleistungen) unter energetischen Gesichtspunkten und
- mit Energieumwandlungen bei Herstellung, Betrieb und Beseitigung verbundene Emissionen.

Der *KEA* ermöglicht die energetische Beurteilung und den Vergleich von Produkten und Dienstleistungen. Die mit dieser Richtlinie quantifizierbaren Daten des *KEA* bilden eine wichtige Basis, um die Prioritäten von Energieeinsparpotenzialen in ihrem komplexen Zusammenhang zwischen Konstruktion, Herstellung, Nutzung und Entsorgung aufzuzeigen.

Sofern es die Datenbasis ermöglicht, kann der *KEA* in fossile, nukleare und regenerative Anteile aufgeteilt werden. Dies kann bei der Ermittlung von energiebedingten Emissionsbilanzen von Vorteil sein.

2 Begriffe

In der vorliegenden Richtlinie werden die nachfolgend aufgeführten Begriffe verwendet:

Anmerkung: Weitere Begriffe finden sich in der Richtlinie VDI 4661.

The phase of preparation of a life cycle inventory analysis is the central phase of a life cycle assessment. It is the inventory of input/output data with respect to the system to be investigated. It includes the collection of data. The *KEA* offers important support precisely in this phase of data compilation.

Since many effects are associated with the *KEA*, the balancing of cumulative energy demand can also serve as short life cycle assessment [1].

1 Scope

In a conscious move, not every detail is prescribed in this guideline, so that possibilities are left open for methodical further development and application.

In the course of determining the *KEA* of products and services one obtains a basis for the calculation of respectively indications on

- the related materials expenditures,
- the selection of materials and process technology with respect to energy criteria,
- the relevance of the treatment of used goods through energetic exploitation and disposal as well as through the recycling of parts, components or materials under energy aspects,
- the influence of the service life of energy consuming or energy converting economic goods (products and services) under energy aspects, and
- the emissions related to energy conversions during production, use and disposal.

The *KEA* allows the evaluation and comparison of products and services with respect to energy criteria. The data on the *KEA* which can be quantified by means of this guideline form an important base in order to point out the priorities of energy saving potentials in their complex relationship between design, production, use and disposal.

As far as the database permits, the *KEA* can be divided into fossil, nuclear and regenerative shares. This can be advantageous while determining energy-induced emission balance-sheets.

2 Terms and definitions

For the purposes of this guideline, the following terms and definitions apply:

Note: For further terms and definitions see guideline VDI 4661.

Abwärme

Alle den betrachteten Bilanzraum verlassende thermische Energieströme.

Anmerkung: Sie ist Bestandteil der Energieverluste und setzt sich aus Konvektions-, Leitungs- und Strahlungsverlusten sowie der thermischen Enthalpie der austretenden Stoffströme zusammen. Sie kann im Rahmen einer Abwärmenutzung in einem anderen Prozess gezielt genutzt werden.

Brennwert (oberer Heizwert, H_s)

Der Brennwert gibt die Reaktionsenthalpie bei vollständiger Verbrennung an, sofern der bei der Verbrennung gebildete Wasserdampf vollständig kondensiert wird.

Endenergie (EE)

Energieinhalt aller primären und sekundären Energieträger, die dem Verbraucher letztlich zur Verfügung stehen.

Anmerkung: Dieser Wert ist bereits vermindert um sämtliche Transport- und Umwandlungsverluste, den nicht energetischen Verbrauch und den Eigenbedarf – etwa bei der Stromerzeugung in Kraftwerken – die auf dem Weg zum Endverbraucher anfallen. Beispiele sind Benzin an der Tankstelle, Strom aus der Steckdose oder Fernwärme im Haushalt.

Energieverbrauch

Für die Deckung des Energiebedarfs aufgewendete Menge bestimmter Energieformen unter realen Bedingungen.

Heizwert (unterer Heizwert, H_i)

Der Heizwert gibt die Reaktionsenthalpie bei vollständiger Verbrennung an, sofern das bei der Verbrennung gebildete Wasser in gasförmigem Zustand anfällt.

Anmerkung: Die Differenz zwischen Brennwert und Heizwert entspricht (siehe auch DIN 5499) der Verdampfungsenthalpie des entsprechenden Wasserdampfs bei 25 °C (2442 kJ/kg).

Kuppelproduktion

Herstellung zumindest zweier Produkte, wobei die Produktion des einen zwangsläufig den Anfall des anderen verursacht.

Kuppelprodukte

In einem Produktionsgang zwangsläufig und gleichzeitig anfallenden zwei oder mehrere Produkte.

Nutzenergie

Alle technischen Formen der Energie, die der Verbraucher letztlich benötigt, also Wärme, mechanische Energie, Licht, elektrische und magnetische Feldenergie (z.B. für Galvanik und Elektrolyse) und elektromagnetische Strahlung, um Energiedienstleistungen ausführen zu können.

Waste heat

All the energy flows dissipating from the balancing space under consideration.

Note: It is a component of the energy losses and is composed of convection, conduction and radiation losses as well as the thermal enthalpy of the emergent mass flows. It can be used selectively in another process in the course of waste heat recovery.

Superior calorific value (upper calorific value, H_s)

The superior calorific value specifies the reaction enthalpy during complete combustion, provided the water vapour formed during combustion is fully condensed.

Final energy (EE)

Energy content of all primary and secondary energy carriers that are ultimately available to the consumer.

Note: This value is already reduced by all kinds of transport and conversion losses, non-energy consumption and auxiliary power – for instance during power generation in power plants – which accrue on the way to the end consumer. Examples are petrol at the petrol pump, power from the power socket or district heating in the household.

Energy consumption

Energy consumption is the quantity of certain energy forms spent for meeting energy demand under real conditions.

Inferior calorific value (lower calorific value, H_i)

The inferior calorific value specifies the reaction enthalpy during complete combustion, provided the water formed during combustion accrues in gaseous state.

Note: The difference between superior calorific value and inferior calorific value (see also DIN 5499) corresponds to the vaporisation enthalpy of the respective water vapour at 25 °C (2442 kJ/kg).

Co-production

Production of at least two products, the production of one necessarily causing the occurrence of the other.

Co-products

Two or more products arising necessarily and simultaneously in one production process.

Effective energy

All technical forms of energy which the consumer ultimately needs, i.e. heat, mechanical energy, light, electrical and magnetic field energy (e.g. for electroplating and electrolysis) and electromagnetic radiation, to permit the execution of energy services.