

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Kumulierter 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
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>3</b>	<b>1 Scope</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Begriffe</b> .....	<b>3</b>	<b>2 Terms and definitions</b> .....	<b>3</b>
<b>3 Formelzeichen und Indizes</b> .....	<b>5</b>	<b>3 Symbols and indices</b> .....	<b>5</b>
<b>4 Definition des kumulierten Energieaufwands (KEA)</b> .....	<b>6</b>	<b>4 Definition of cumulative energy demand (KEA)</b> .....	<b>6</b>
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
<b>5 Bereitstellungsnutzungsgrade</b> .....	<b>8</b>	<b>5 Overall efficiencies of supply</b> .....	<b>8</b>
<b>6 Bilanzen</b> .....	<b>10</b>	<b>6 Balances</b> .....	<b>10</b>
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
<b>7 Methoden zur Ermittlung des kumulierten Energieaufwands</b> .....	<b>14</b>	<b>7 Methods for the determination of the cumulative energy demand</b> .....	<b>14</b>
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**

## 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](http://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](http://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](http://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](http://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.

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.