

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Kumulierter Energieaufwand  
Beispiele

VDI 4600

Blatt 1 / Part 1

Cumulative energy demand  
Examples

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         |
| <b>1 Anwendungsbereich . . . . .</b>  | <b>3</b>  | <b>1 Scope . . . . .</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2 Normative Verweise . . . . .</b>   | <b>4</b>  | <b>2 Normative references . . . . .</b>   | <b>4</b>  |
| <b>3 Begriffe . . . . .</b>   | <b>4</b>  | <b>3 Terms and definitions . . . . .</b>  | <b>4</b>  |
| <b>4 Formelzeichen und Indizes . . . . .</b>  | <b>4</b>  | <b>4 Symbols and indices . . . . .</b>  | <b>4</b>  |
| <b>5 Beispiele zur methodischen Vorgehensweise bei der Ermittlung des kumulierten Energieaufwands der Herstellung . . . . .</b>                 | <b>5</b>  | <b>5 Examples of methodological procedures for determination of the cumulative energy demand of production . . . . .</b>                                    | <b>5</b>  |
| 5.1 Amorphe Fotovoltaikmodule . . . . .   | 5         | 5.1 Amorphous photovoltaic panels . . . . .   | 5         |
| 5.2 Kleinblockheizkraftwerk . . . . .   | 12        | 5.2 Compact combined heat and power unit . . . . .  | 12        |
| 5.3 Berechnung und Interpretation des $KEA_H$ mit Stoff- und Energieflussanalysen am Beispiel „Bereitstellung von Rapsöl-methylester“ . . . . . | 16        | 5.3 Calculation and interpretation of the $KEA_H$ with material and energy flow analyses using the example “supply of rape seed oil methyl ester” . . . . . | 16        |
| 5.4 Herstellung eines Waschmitteltensids . . . . .  | 25        | 5.4 Production of a detergent surfactant . . . . .  | 25        |
| 5.5 Kupfererzeugung und -verarbeitung aus primären und sekundären Rohstoffen . . . . .  | 32        | 5.5 Copper production and processing from primary and secondary raw materials . . . . .   | 32        |
| <b>6 Kumulierter Energieaufwand von Herstellung und Nutzung am Beispiel der Kraftstoffbereitstellung an einer Tankstelle . . . . .</b>          | <b>40</b> | <b>6 Cumulative energy demand of production and use, with the example of fuel supply at a filling station . . . . .</b>                                     | <b>40</b> |
| <b>7 Beispiele zur methodischen Vorgehensweise bei der Ermittlung des kumulierten Energieaufwands in der Lebenszyklusbetrachtung . . . . .</b>  | <b>44</b> | <b>7 Examples of methodological procedure in the determination of cumulative energy demand in life cycle assessments . . . . .</b>                          | <b>44</b> |
| 7.1 Kraftwerke . . . . .  | 44        | 7.1 Power plants . . . . .  | 44        |
| 7.2 Offshorewindpark <i>alpha ventus</i> . . . . .  | 51        | 7.2 Offshore wind farm <i>alpha ventus</i> . . . . .  | 51        |

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)

Fachbereich Ressourcenmanagement

**VDI-Handbuch Energietechnik**  
**VDI-Handbuch Produktionstechnik und Fertigungsverfahren, Band 1: Grundlagen und Planung**  
**VDI-Handbuch Ressourcenmanagement in der Umwelttechnik**  
**VDI-Handbuch Wärme-/Heiztechnik**

|  | Seite     |
|--|-----------|
| 7.3 Niedrigenergiegebäude . . . . .  | 57        |
| 7.4 Fahrtkilometer mit Elektrostraßen-<br>fahrzeugen unter verschiedenen<br>Einsatzbedingungen . . . . . | 64        |
| <b>8 Beispieldaten zum kumulierten Energie-<br/>aufwand zur Herstellung von Stoffen . . . . .</b>        | <b>72</b> |
| Schrifttum . . . . .   | 82        |

|   | Page      |
|---|-----------|
| 7.3 Low-energy buildings . . . . .  | 57        |
| 7.4 Kilometres travelled by electric road<br>vehicles under different conditions of use .   | 64        |
| <b>8 Typical data on cumulative energy demand<br/>for production of materials . . . . .</b> | <b>72</b> |
| Bibliography . . . . .  | 82        |

**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](http://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/4600](http://www.vdi.de/4600).

**Einleitung**

Im Zuge der Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung versucht man zunehmend, Produkte und Dienstleistungen im Hinblick auf den Aufwand und die Ressourcenbelastung bei ihrer Erstellung zu quantifizieren und zu analysieren. Diese Bilanzierung soll möglichst umfangreiche Informationen für eine unter dem Aspekt der Umweltverträglichkeit optimierte Konstruktion und Fertigung wie auch Gebrauch und Beseitigung der ökonomischen Güter bereitstellen. Der Energieaufwand und die durch ihn verursachten Ressourcenbelastungen und Emissionen sind dabei von besonderer Bedeutung.

Die Richtlinie VDI 4600 soll dazu beitragen, energietechnische Daten in einem einheitlichen Grundrahmen verfü- und vergleichbar zu machen. Sie beschränkt sich auf den Teilaspekt der Bilanzierung des kumulierten Energieaufwands (*KEA*), der unter anderen bei der Ökobilanz oder Lebenszyklusanalyse nach DIN EN ISO 14040 (LCA – Life Cycle Assessment) ein wichtiger Kennwert für eine energetische Ressourceneffizienz und eine ökologische Bewertung des jeweils betrachteten Systems sein kann.

**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](http://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/4600](http://www.vdi.de/4600).

**Introduction**

In the course of assessing technology and estimating its consequences, there are increasing attempts to quantify and analyse products and services in terms of the expenditure and burden on resources involved in their provision. This analysis is intended to supply as extensive information as possible to be used in optimized design and manufacture from the point of view of ecological impact, and also optimized use and disposal of the commercial goods. The energy demand and the burden on resources and emissions it causes are of especial importance in that context.

The standard VDI 4600 is intended to assist in making energy technological data available and comparable within a uniform framework. It is confined to the partial aspect of calculating the cumulative energy demand (*KEA*) which is one possible important characteristic value among others in the ecological balance or LCA (life cycle assessment) in accordance with DIN EN ISO 14004 for an ecological assessment of the system under consideration.

## 1 Anwendungsbereich

Der kumulierte Energieaufwand *KEA* stellt eine aggregierte Kenngröße dar. Die einzelnen Beiträge, die zu seiner Ermittlung führen, können in zeitlich und räumlich sehr unterschiedlichen Bilanzgrenzen entstehen. Die Bilanzelemente können zum Teil direkt gemessen und andere durch indirekte Bestimmungsverfahren ermittelt werden. Auch gibt es in manchen Bereichen der unvermeidbaren Zuordnung und Zurechnung keine eindeutig als falsch oder richtig festlegbaren Verfahren. Eine begriffliche Festschreibung in der Richtlinie VDI 4600 erfolgt demnach in der Weise, dass nicht jedes Detail vorgeschrieben wird. Die zur Anwendung kommenden methodischen Alternativen werden grundsätzlich anhand jeweils verschiedener Möglichkeiten aufgezeigt. Ihre Auswahl durch die Anwender richtet sich letztendlich nach Plausibilitäts Gesichtspunkten im Rahmen der jeweiligen Fragestellung im Untersuchungsrahmen. Auch sollen der methodischen Weiterentwicklung Möglichkeiten bewusst offengelassen werden.

Die in VDI 4600 Blatt 1 zusammengestellten Beispiele sollen potenziellen Anwendern der Richtlinie anhand von ausgewählten Produkten und Dienstleistungen eine praxisbezogene Hilfestellung geben, wie die Definitionen methodisch ergebnisorientiert eingesetzt werden können. Daher wurden bewusst Beispiele aus verschiedenen Gebieten ausgewählt. An dieser Stelle muss auch deutlich darauf hingewiesen werden, dass die methodische Herangehensweise im Vordergrund steht und weniger die Aktualität der Daten und Ergebnisse.

Die hier vorliegende Beispielsammlung zeigt, in welcher vielseitigen Weise der kumulierte Energieaufwand von ökonomischen Gütern bestimmt werden kann und wie die verschiedenen Vorgehensweisen miteinander zum Einsatz kommen. Sie macht deutlich, wie notwendig die in die Richtlinie eingebauten Bemessungs- und Bewertungsspielräume sind. Es wird deutlich, dass selbst bei den Sachbilanzen Elemente auftreten, die sich einer eindeutigen objektiven Quantifizierung entziehen, z. B. die primärenergetische Bewertung von Abfall- und Reststoffen oder auch die örtliche und zeitliche Abgrenzung von Bilanzgrenzen.

**Anmerkung:** Im Sinne dieser Richtlinie wird unter dem Begriff „Herstellung“ auch der Bau von Gebäuden, Anlagen und Kraftwerken verstanden.

Beispieldaten für Bereitstellungsnutzungsgrade sowie den *KEA* und begleitende Emissionen für die Herstellung von ausgewählten Metallen, Bau- und Kunststoffen sind am Ende dieser Richtlinie zusammengestellt.

## 1 Scope

The cumulative energy demand *KEA* is an aggregated characteristic. The individual amounts from which its calculation results may arise at highly different times and within highly divergent spatial balancing boundaries. Some of the elements of the assessment can be measured directly, and others calculated by indirect methods. In some areas of unavoidable assignment and attribution, it is also impossible to classify methods as clearly wrong or right. Accordingly, the terminological stipulations of the standard VDI 4600 consciously refrain from specifying every detail. The alternative methods applied are fundamentally illustrated on the basis of different possibilities. In the final analysis, their selection by the user is determined by aspects of plausibility within the framework of the actual question to be answered within the study. Opportunities for further methodical development are also consciously left open.

The examples presented in VDI 4600 Part 1 are intended to provide a practical aid to potential users of the standard on the basis of selected products and services, indicating how the definitions can be used systematically in a result-oriented manner. It must be clearly pointed out here that the methodical approach is in the foreground, rather than the topicality of the data and results.

The collection of examples presented here shows the diversity of ways in which the cumulative energy demand of commercial goods can be determined, and how the various procedures are applied together. It makes clear how necessary the room for discretion in calculation and assessment incorporated in the standard is. It becomes apparent that, even in the life cycle inventory analysis, elements which cannot be finally and objectively quantified occur, e.g. the primary energy assessment of waste and residues, or indeed the demarcation of balancing boundaries in space and time.

**Note:** In this standard, the term “production” is also understood to include the construction of buildings, plant and power plants.

Example data on overall efficiencies of supply and the *KEA* and accompanying emissions for the production of selected metals, construction materials and plastics are presented at the end of this standard.

## **2 Normative Verweise**

Das folgende zitierte Dokument ist für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

VDI 4600:2012-01 Kumulierter Energieaufwand (KEA); Begriffe, Berechnungsmethoden

## **2 Normative references**

The following referenced document is indispensable for the application of this standard:

VDI 4600:2012-01 Cumulative energy demand (KEA); Terms, definitions, methods of calculation