

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Energiesysteme  
Kraft-Wärme-Kopplung  
Allokation und Bewertung

VDI 4608

Blatt 2 / Part 2

Energy systems  
Combined heat and power  
Allocation and evaluation

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 Formelzeichen und Abkürzungen . . . . .</b>	<b>3</b>	<b>2 Symbols and abbreviations . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>3 Vorteile und Besonderheiten der KWK . . . . .</b>	<b>6</b>	<b>3 Advantages and special features of the cogeneration plant . . . . .</b>	<b>6</b>
3.1 Koppelprodukte . . . . .	6	3.1 Cogeneration products . . . . .	6
3.2 Vorteile der KWK . . . . .	6	3.2 Advantages of the cogeneration plant . . . . .	6
3.3 Aspekte der Allokation . . . . .	8	3.3 Aspects of allocation . . . . .	8
<b>4 Bewertung der KWK . . . . .</b>	<b>8</b>	<b>4 Evaluating the cogeneration plant . . . . .</b>	<b>8</b>
4.1 Referenzsysteme . . . . .	8	4.1 Reference systems . . . . .	8
4.2 Leistungsflüsse und Energiemengen . . . . .	11	4.2 Power flows and energy quantities . . . . .	11
4.3 Primärenergiebedarf . . . . .	12	4.3 Primary energy demand . . . . .	12
4.4 Emissionen . . . . .	14	4.4 Emissions . . . . .	14
4.5 Investitionen . . . . .	16	4.5 Investments . . . . .	16
<b>5 Zeitpunktbezogene Allokation der Primärenergie . . . . .</b>	<b>19</b>	<b>5 Time-point-related allocation of primary energy . . . . .</b>	<b>19</b>
5.1 Energetische Methode . . . . .	20	5.1 Energy method . . . . .	20
5.2 Arbeitswertmethode . . . . .	20	5.2 Electricity reduction method . . . . .	20
5.3 Exergetische Methode . . . . .	21	5.3 Exergy method . . . . .	21
5.4 Exergieverlust-Methode . . . . .	21	5.4 Exergy loss method . . . . .	21
5.5 Restwertmethode für die Primärenergie . . . . .	23	5.5 Remainder value method for primary energy . . . . .	23
<b>6 Zeitpunktbezogene Allokation der Emissionen . . . . .</b>	<b>23</b>	<b>6 Time-point-related allocation of emissions . . . . .</b>	<b>23</b>
<b>7 Zeitraumbezogene Allokation . . . . .</b>	<b>23</b>	<b>7 Time-period-related allocation . . . . .</b>	<b>23</b>
7.1 Primärenergie . . . . .	23	7.1 Primary energy . . . . .	23
7.2 Emissionen . . . . .	25	7.2 Emissions . . . . .	25

VDI-Gesellschaft Energietechnik

Ausschuss Energiesysteme

VDI-Handbuch Energietechnik

VDI-Handbuch Technische Gebäudeausrüstung, Band 4: Wärme-/Heiztechnik

VDI-Handbuch Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Band 1: Bewertung/Stoffwerte

	Seite
<b>8 Allokation der Kosten</b> . . . . .	26
8.1 Variable Kosten . . . . .	26
8.2 Fixe Kosten . . . . .	27
8.3 Gesamtkosten . . . . .	27
8.4 Restwertmethode für die Gesamtkosten . . . . .	27
<b>Anhang A</b> Berechnung der Exergieverluste . . . . .	30
<b>Anhang B</b> Beispiele . . . . .	37
<b>Anhang C</b> Tabellen . . . . .	62
Schrifttum . . . . .	71

	Page
<b>8 Allocation of costs</b> . . . . .	26
8.1 Variable costs . . . . .	26
8.2 Fixed costs . . . . .	27
8.3 Total costs . . . . .	27
8.4 Remainder value method for total costs . . . . .	27
<b>Annex A</b> Calculation of exergy losses . . . . .	30
<b>Annex B</b> Examples . . . . .	37
<b>Annex C</b> Tables . . . . .	66
Bibliography . . . . .	71

**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.

**Einleitung**

Der Begriff der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) steht für alle die Verfahren, bei denen in einer Energieanlage aus den zugeführten Energien gleichzeitig mehrere Zielenergien, das heißt z.B. mechanische oder elektrische Energie und Wärme oder Kälte, erzeugt werden. Die gekoppelte Erzeugung, Wandlung oder Umformung zweier oder mehrerer Zielenergien unterschiedlicher Wertigkeit kann sowohl zu Primärenergieeinsparungen als auch zur Reduktion von Emissionen und Anlagenkosten führen. Dies setzt aber voraus, dass die erzeugten Zielenergien auch tatsächlich genutzt werden. Erst die gleichzeitige Beachtung der Erzeuger- und Abnehmersituation lässt Schlüsse auf die Effizienz der gekoppelten Erzeugung oder Umwandlung zu. Daher werden in dieser Richtlinie sowohl zeitpunkt- als auch zeitraumbezogene Allokationen von Brennstoffen, Kosten und Emissionen behandelt.

**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.

**Introduction**

The term “combined heat and power” (c.h.p. or co-generation) represents all those processes whereby an energy plant, from the energies with which it is supplied, simultaneously generates several types of target energy – in other words, mechanical energy, electrical energy, heat or coldness. The coupled generation or conversion of two or several target energies of different value can result in savings in primary energy and even to reductions in emissions and plant costs. This does, however, assume that the generated target energies are also actually used. Not unless there is simultaneous consideration of the situations at both the generating and consuming ends will it be possible to come to any useful conclusions regarding the efficiency of such coupled generation or conversion. For this reason the present guideline will look at both time-point-based and time-period-based allocations of fuels, costs and emissions.

## 1 Anwendungsbereich

Ziel dieser Richtlinie, die an die Definitionen und Beispiele in VDI 4608 Blatt 1 anschließt, ist die Beurteilung der Effizienz der gekoppelten Erzeugung oder Umwandlung unterschiedlicher Zielenergien und die Darlegung unterschiedlicher Methoden zur Allokation, verbunden mit einer Empfehlung für eine wissenschaftlich begründete Vorgehensweise.

In der Praxis werden bisher die Gesamtkosten häufig nach der Restwertmethode auf die Zielprodukte aufgeteilt. In dieser Richtlinie wird dazu eine differenzierte Vorgehensweise vorgeschlagen: Für die Allokation der Primärenergie, der Emissionen und der variablen Kosten auf die Zielenergien wird die Exergieverlust-Methode [1 bis 3] zur Anwendung empfohlen. Für die Allokation der fixen Kosten empfiehlt es sich, falls keine einfache Zuordnung möglich ist, für die Aufteilung das Verhältnis der Anlagekosten zum Investitionszeitpunkt für die Referenzanlagen zur Bereitstellung von Strom und Wärme heranzuziehen.

Um die Einführung dieser Richtlinie in die Praxis zu erleichtern, ist ihr eine CD-ROM mit einem Tabellenkalkulationsprogramm beigelegt. Dieses enthält folgende Berechnungsblätter:

Brennstoffeinsparung:	Berechnung der Einsparung an Primärenergie zur Effizienzbewertung einer KWK-Anlage für eine definierte Versorgungsaufgabe
Beispiel 1 und Beispiel 2:	Zu Nachvollziehung der Beispiele in Anhang B
Allokation:	Zur Durchrechnung der hier beschriebenen Allokationsverfahren
Kosten:	Zur Allokation von variablen und fixen Kosten sowie Gesamtkosten
Exergie:	Zur Berechnung der spezifischen Exergien, Enthalpien und Entropien nach VDI 4670 für feuchte Luft und Verbrennungsgase für die Anwendung der Allokationsmethoden

## 2 Formelzeichen und Abkürzungen

In dieser Richtlinie werden die nachfolgend aufgeführten Formelzeichen und Abkürzungen verwendet:

Formelzeichen	Einheiten (Beispiele)
$b$ Annuität	1/a oder %/a
$E$ Energie	J, Wh
$e$ spezifische Energie	kJ, kg
$f_{ex}$ Exergieanteil bezogen auf den Heizwert	–
$H$ Enthalpie	J, Wh

## 1 Scope

The aim of this guideline, which follows on from the definitions and examples provided in VDI 4608 Part 1, is to evaluate the efficiency of the combined generation or conversion of different target energies and to present different allocation methods, in conjunction with a recommendation for a scientifically based procedure.

In practice total costs have until now frequently been apportioned to the target products by the remainder value method. The present guideline proposes a differentiated procedure for this: It is recommended that the exergy loss method [1 to 3] be applied for allocating the primary energy, emissions and variable costs to the target energies. As regards allocation of fixed costs, it is recommended, in the event that a straightforward assignment is not possible, that apportionment be based on the ratio of plant costs at the time of investment in the reference plants and supplying heat and power.

In order to make the practical implementation of this guideline easier it includes a CD-ROM with a spreadsheet program which contains the following calculation sheets:

Fuel saving:	Calculation of savings in primary energy for an efficiency assessment of a cogeneration plant for a defined supply task
Example 1 and Example 2:	As an aid to understanding the examples in Annex B
Allocation:	For calculations based on the allocation methods described here
Costs:	For allocating variable and fixed costs and also total costs
Exergy:	For calculating the specific exergies, enthalpies and entropies according to VDI 4670 for moist air and combustion gases in the application of the allocation methods

## 2 Symbols and abbreviations

The following symbols and abbreviations are used throughout this guideline:

Symbol	Units (examples)
$b$ annuity	1/a or %/a
$E$ energy	J, Wh
$e$ specific energy	kJ, kg
$f_{ex}$ proportion of exergy with respect to the caloric value	–
$H$ enthalpy	J, Wh