

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Grundsätze für Planung, Ausführung und Abnahme  
von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen  
mit Verbrennungskraftmaschinen

VDI 3985

Principles for the design, construction and  
acceptance of combined heat and power plants  
with internal combustion engines

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
Vorbemerkungen	4	Preliminary note . . . . .	4
Geltungsbereich . . . . .	5	Scope . . . . .	5
Abkürzungen . . . . .	5	Abbreviations . . . . .	5
Formelzeichen und Indizes	5	Symbols and indices . . . . .	5
<b>Teil A: Grundsätze für die Planung . . . . .</b>	<b>6</b>	<b>Part A: Design principles . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>1 Begriffsbestimmungen . . . . .</b>	<b>6</b>	<b>1 Definitions . . . . .</b>	<b>6</b>
1.1 Blockheizkraftwerk und periphere Systeme . . . . .	6	1.1 Combined heat and power stations and peripheral systems. . . . .	6
1.2 Leistung, Wirkungs- und Nutzungsgrade . . . . .	8	1.2 Power output, efficiency and utilization ratio . . . . .	8
<b>2 Zuständigkeiten . . . . .</b>	<b>10</b>	<b>2 Competencies . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>3 Voruntersuchung . . . . .</b>	<b>14</b>	<b>3 Pre-investigation . . . . .</b>	<b>14</b>
3.1 Lokalisierung der vorhandenen und potenziellen Verbraucher . . . . .	14	3.1 Identification of existing and potential users . . . . .	14
3.2 Analyse der bestehenden Energieversorgungsstruktur . . . . .	15	3.2 Analysis of the existing energy supply structure . . . . .	15
3.3 Energierechtliche, genehmigungsrechtliche und energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen . . . . .	15	3.3 Basic conditions due to legislation, licenses and energy management policies. . . . .	15
<b>4 Planung . . . . .</b>	<b>16</b>	<b>4 Design . . . . .</b>	<b>16</b>
4.1 Bestandsaufnahme und Energiebedarfsanalyse. . . . .	16	4.1 Assessment of the current situation and analysis of the energy demand . . . . .	16
4.1.1 Energiebezug . . . . .	16	4.1.1 Energy procurement. . . . .	16
4.1.2 Ermittlung der Energiebedarfsstruktur für Strom und Wärme: messen, Ganglinien erstellen und auswerten . . . . .	17	4.1.2 Determination of the energy demand structure for electricity and heat: measuring, producing and evaluating load curves . . . . .	17
4.1.3 Verfahren zur Berechnung des Jahreswärmebedarfs . . . . .	18	4.1.3 Procedure for determining the annual heat demand . . . . .	18
4.1.4 Liefer- und Bezugsverträge . . . . .	18	4.1.4 Supply and procurement contracts . . . . .	18
4.1.5 Istsituation der Energiekosten . . . . .	19	4.1.5 Actual energy costs . . . . .	19
4.1.6 Energieverwendung in vorhandenen Anlagen	20	4.1.6 Energy use in existing plants . . . . .	20
4.1.7 Energienetze . . . . .	21	4.1.7 Energy distribution systems . . . . .	21
4.1.8 Energieflussdiagramm . . . . .	21	4.1.8 Energy flow diagram . . . . .	21
4.2 Energieeinsparung	22	4.2 Energy saving . . . . .	22
4.2.1 Energiesparmaßnahmen . . . . .	22	4.2.1 Energy saving measures. . . . .	22
4.2.2 Einfluss der Energiesparmaßnahmen auf die Energiebedarfsstruktur . . . . .	22	4.2.2 Impact of energy saving measures on the energy demand structure . . . . .	22
4.3 Korrektur des Energiebedarfs . . . . .	23	4.3 Correction to energy demand . . . . .	23
4.3.1 Reduzierter Energiebedarf aufgrund der Energieeinsparung . . . . .	23	4.3.1 Reduced energy demand as a result of energy savings. . . . .	23
4.3.2 Korrigierte Energiebedarfsstruktur . . . . .	23	4.3.2 Corrected energy demand structure . . . . .	23

VDI-Gesellschaft Energietechnik

VDI-Handbuch Energietechnik  
VDI-Handbuch Wärme-/Heiztechnik  
VDI-Handbuch Elektrotechnik (TGA)

	Seite		Page		
4.4	Entwicklungen berücksichtigen, die den Energieverbrauch beeinflussen . . . . .	24	4.4	Allowing for developments which influence energy consumption. . . . .	24
4.4.1	Erstellung der Energiebedarfsprognose unter Berücksichtigung von Trends, Erweiterung, Stilllegung . . . . .	24	4.4.1	Drawing up the energy demand forecast allowing for trends, future extensions, break downs . . . . .	24
4.4.2	Energiebedarfsstruktur für die Prognose . . . . .	24	4.4.2	Anticipated energy demand structure . . . . .	24
4.5	Zukünftiger Energiebedarf . . . . .	25	4.5	Future energy demand . . . . .	25
4.5.1	Ermittlung des zukünftigen Energiebedarfs . . . . .	25	4.5.1	Determination of the future energy demand . . . . .	25
4.5.2	Zukünftige Energiebedarfsstruktur . . . . .	25	4.5.2	Future energy demand structure . . . . .	25
4.6	BHKW-Einsatzmöglichkeiten . . . . .	25	4.6	Possible applications for CHPS. . . . .	25
4.6.1	Ermittlung der durch den Einsatz von BHKW ersetzbaren Energien nach Art und Menge . . . . .	25	4.6.1	Determination of the type and quantity of existing energy flows replaceable by the use of CHPS . . . . .	25
<b>5</b>	<b>Konzepterstellung für das BHKW</b> . . . . .	<b>26</b>	<b>5</b>	<b>Drawing up a concept for an CHPS</b> . . . . .	<b>26</b>
5.1	Modulvorauswahl nach Art, Größe und Anzahl . . . . .	26	5.1	Preliminary choice of type, size and number of the single modules . . . . .	26
5.2	Ganglinien für die Strom- und Wärmeerzeugung des BHKW . . . . .	26	5.2	Load curves for electricity and heat generation by CHPS . . . . .	26
5.3	Festlegung der Betriebsweise . . . . .	26	5.3	Determination of the operating mode. . . . .	26
5.4	Energiebilanzen für Strom und Wärme . . . . .	30	5.4	Energy balances for electricity and heat . . . . .	30
5.5	Berücksichtigung der gesetzlichen und umweltrelevanten Vorschriften . . . . .	31	5.5	Allowing for the legal and environmental regulations . . . . .	31
5.6	Energieflussdiagramm für das BHKW-Modul . . . . .	31	5.6	Energy flow diagram for the CHPS module . . . . .	31
<b>6</b>	<b>Variantenrechnung</b> . . . . .	<b>32</b>	<b>6</b>	<b>Alternatives</b> . . . . .	<b>32</b>
6.1	Variation der Module nach Größe und Anzahl. . . . .	32	6.1	Variations in the capacity and number of the modules . . . . .	32
6.2	Erstellen von Energiebilanzen für die Varianten . . . . .	32	6.2	Drawing up energy balances for various alternatives . . . . .	32
6.3	Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung . . . . .	32	6.3	Methods for evaluating economic efficiency . . . . .	32
6.3.1	Investitionskosten . . . . .	33	6.3.1	Investment costs . . . . .	33
6.3.2	Verbrauchsosten . . . . .	35	6.3.2	Fuel consumption costs . . . . .	35
6.3.3	Betriebskosten . . . . .	35	6.3.3	Running costs . . . . .	35
6.4	Energieflussdiagramme für die Varianten . . . . .	35	6.4	Energy flow diagrams for the alternatives . . . . .	35
<b>7</b>	<b>Wahl der Konzeptvariante</b> . . . . .	<b>36</b>	<b>7</b>	<b>Selection of the final concept</b> . . . . .	<b>36</b>
7.1	Auswahl des BHKW-Moduls nach Größe und Anzahl . . . . .	36	7.1	Selection of the capacity and number of the CHPS module. . . . .	36
7.2	Energiebilanz für das ausgewählte BHKW-Modul . . . . .	36	7.2	Energy balance for the selected CHPS module. . . . .	36
7.3	Hydraulische Einbindung . . . . .	36	7.3	Integration into the heat distribution system . . . . .	36
7.4	Elektrische Einbindung . . . . .	36	7.4	Integration into the electricity distribution system . . . . .	36
<b>8</b>	<b>Realisierungsentscheidung</b> . . . . .	<b>37</b>	<b>8</b>	<b>Implementation decision</b> . . . . .	<b>37</b>
8.1	Entscheidung für das Konzept . . . . .	37	8.1	Choosing a concept . . . . .	37

	Seite		Seite
<b>9 Detailplanung</b> . . . . .	37	<b>9 Detailed design</b> . . . . .	37
9.1 Ausführungsplanung . . . . .	37	9.1 Assembly plan . . . . .	37
9.2 Genehmigungsplanung . . . . .	37	9.2 Approval . . . . .	37
9.3 Erstellen von Ausschreibungsunterlagen . . . . .	38	9.3 Drawing up tender documents . . . . .	38
<b>10 Angebote und Auftragsvergabe</b> . . . . .	40	<b>10 Bids and contract award procedure</b> . . . . .	40
10.1 Angebotsvergleich . . . . .	40	10.1 Bid evaluation . . . . .	40
10.2 Vergabeverhandlung . . . . .	40	10.2 Establishing final contract conditions . . . . .	40
<b>11 Aktualisierung der Energiebezugsverträge</b> . . . . .	41	<b>11 Updating the energy procurement contracts</b> . . . . .	41
11.1 Liefer- und Bezugsverträge . . . . .	41	11.1 Supply and procurement contracts . . . . .	41
<b>Teil B: Ausführung</b> . . . . .	42	<b>Part B: Construction</b> . . . . .	42
<b>1 Vertragsabschluss/Auftrag</b> . . . . .	42	<b>1 Conclusion of the contract/order</b> . . . . .	42
<b>2 Festlegung des terminlichen Ablaufes des Auftrages</b> . . . . .	42	<b>2 Defining the time schedule for the execution phase</b> . . . . .	42
<b>3 Anpassung der Ausführungsplanung</b> . . . . .	42	<b>3 Adaptation of the assembly plan</b> . . . . .	42
3.1 Überprüfung, Korrektur und Festlegung der Ausführungsplanung . . . . .	42	3.1 Checking, correcting and determining the assembly plan for the assembly plan . . . . .	42
3.2 Erstellen von auftragsbezogenen Unterlagen . . . . .	43	3.2 Drawing up order-related documents . . . . .	43
3.3 Bereitstellung der für die Genehmigungsverfahren erforderlichen Unterlagen . . . . .	43	3.3 Provision of documents required for the approval procedure . . . . .	43
<b>4 Bauabwicklung</b> . . . . .	43	<b>4 Construction management</b> . . . . .	43
4.1 Koordinierung des fachlichen und terminlichen Ablaufes in der Auftragsbearbeitung . . . . .	43	4.1 Coordination of the content and time schedule for the order processing . . . . .	43
4.2 Abnahme von Komponenten im Herstellerwerk . . . . .	43	4.2 Acceptance of components at the manufacturer's site . . . . .	43
4.3 Zusammenstellung der Dokumentationsunterlagen im Laufe der Auftragsabwicklung . . . . .	43	4.3 Provision of the documents during the execution phase . . . . .	43
<b>Teil C: Inbetriebnahme/Abnahme</b> . . . . .	44	<b>Part C: Commissioning/acceptance</b> . . . . .	44
<b>1 Voraussetzungen zur Inbetriebnahme</b> . . . . .	44	<b>1 Conditions for commissioning</b> . . . . .	44
<b>2 Inbetriebsetzung</b> . . . . .	45	<b>2 Start-up</b> . . . . .	45
<b>3 Abnahme</b> . . . . .	45	<b>3 Acceptance</b> . . . . .	45
<b>Anhang A Bilanzierung einer Wärme- und Strombedarfstagesganglinie</b> . . . . .	46	<b>Annex A Setting up of daily demand curves for electricity and heat</b> . . . . .	47
<b>Anhang B Wesentliche Betriebseigenschaften der einzelnen in Blockheizkraftwerken eingesetzten Verbrennungskraftmaschinen in Kombination mit dem jeweils angewendeten Verfahren zur Verminderung der Abgasschadstoffe</b> . . . . .	48	<b>Annex B Important operating characteristics for individual internal combustion engines depending on measures taken to reduce pollution levels in the exhaust</b> . . . . .	49
<b>Anhang C Sammlung zugehöriger Normen, Richtlinien und Vorschriften</b> . . . . .	50	<b>Annex C Associated standards, guidelines and specifications</b> . . . . .	50
<b>Anhang D Arbeitsablaufdiagramm mit allen im Text verwendeten Tabellen als Arbeitsblätter</b> . . . . .	52	<b>Annex D Operational flow diagram with all the tables used in the text as work sheets</b> . . . . .	53

## Vorbemerkungen

Die allgemein anerkannte Umweltproblematik führt dazu, dass in allen Bereichen zunehmend Initiativen zur Energieeinsparung ergriffen werden. Eine der wichtigsten Maßnahmen ist dabei der Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), insbesondere der Blockheizkraftwerke (BHKW), da diese Technik eine wirtschaftliche und ökologisch sinnvolle Umwandlung der Primärenergieträger in sekundäre Energieformen wie Wärme und Elektrizität ermöglicht.

Ziel des 1976 vom VDI-GET gegründeten Fachausschusses Verbrennungskraftmaschinenanlagen (VKMA) ist es, die Kenntnisse im Bereich neuer Technologien zu erweitern und entsprechende Informationen an Interessierte zu verbreiten.

Die Erfahrungen der Vergangenheit zeigen, dass KWK-Konzepte teilweise unausgereift waren. Anlagen wurden falsch konzipiert, so dass die gewünschte Funktion nicht sichergestellt und die erwarteten Primärenergieeinsparungen und Emissionsreduzierungen nicht erzielt wurden und nicht zu der kalkulierten Wirtschaftlichkeit führten. Um diese Ziele zu erreichen, ist ein zunehmend steigendes Qualitätsniveau bei der Realisierung der Technik und für die Nutzung des Kraft-Wärme-Kopplungs-Potenzials erforderlich.

Inzwischen sind aber zahlreiche gut geplante und funktionierende Anlagen in Betrieb, die den Beweis für eine erfolgreiche Entwicklung liefern.

Es ist daher jetzt notwendig, diese Erkenntnisse festzuhalten und zu formalisieren, damit sie so der fortschreitenden Entwicklung sowie Initiativen neuer Anwender und der Zulieferindustrie von Nutzen sind.

In der vorliegenden Ausgabe der Richtlinie wird auf die neue TA Luft (2002) sowie die geänderten energie-wirtschaftlichen Rahmenbedingungen Bezug genommen.

Die gesamte Richtlinie bezieht sich auf folgende Aspekte:

- Grundlagen
- Planung
- Ausführung
- Inbetriebnahme/Abnahme

## Preliminary note

As a result of the generally recognized problems facing the environment, energy saving measures are increasingly being applied in all areas. One of the most important measures is the use of combined heat and power generation (CHP), in particular in combined heat and power stations (CHPS) as this technology represents an economically viable and environmentally friendly method of converting primary energy carriers into secondary forms of energy, such as heat and electricity.

The objective of the special committee for Plants Using Internal Combustion Engines (VKMA) formed by VDI-GET in 1976 is to extend knowledge of new technology and disseminate the relevant information to interested parties.

Past experiences have shown that CHP concepts have not always been fully developed. Plants were designed incorrectly so that the desired function was not assured and the expected primary energy savings and reductions in emissions were not achieved and hence the calculated efficiency was not reached. The achievement of these objectives will require a continuous increase in quality both with regard to the implementation of the technology and the utilization of the potential heat and power generation.

However, there are now numerous well-planned and properly functioning plants in operation which are evidence of successful development work.

Therefore, it is now necessary to record and formalise this knowledge so that it may be of benefit to further developments and initiatives on the part of new users and ancillary branches of industry.

Among others, the up-dated edition of the guideline refers to the new TA Luft (2002) and the changed energy-economical framework conditions.

The overall guideline covers the following aspects:

- basics
- design
- construction
- commissioning/acceptance