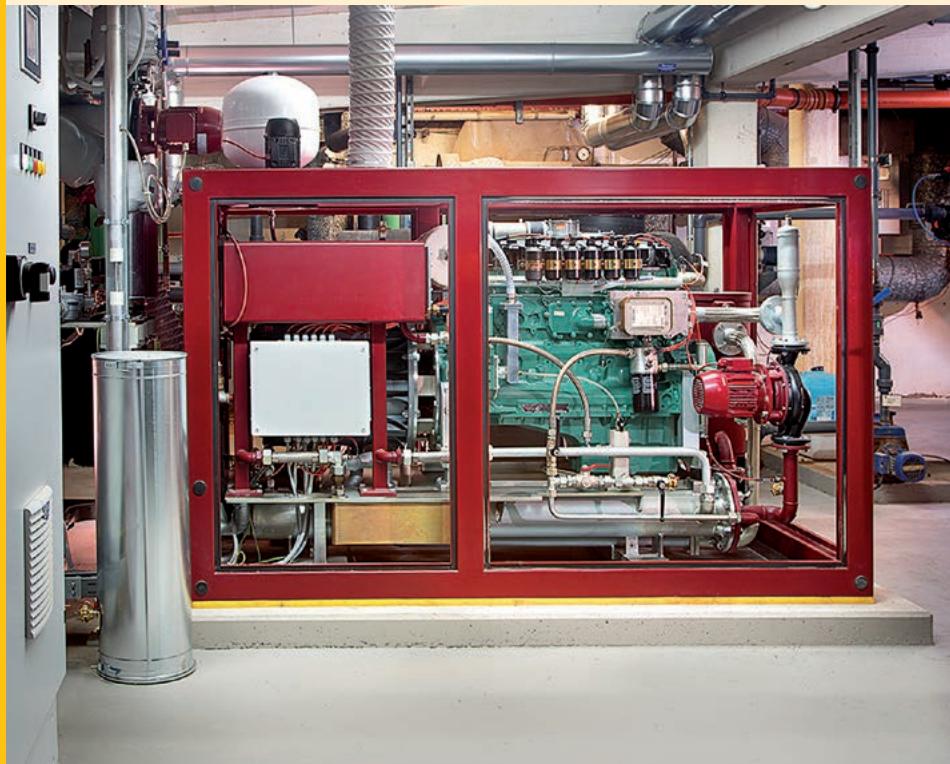


Wolfgang Suttor

# Blockheizkraftwerke

## Ein Leitfaden für den Anwender

8., überarbeitete Auflage



Fraunhofer IRB  Verlag

 **BINE**  
Informationsdienst

BINE-Fachbuch

Wolfgang Suttor

## **Blockheizkraftwerke**



BINE-Fachbuch

# Blockheizkraftwerke

Ein Leitfaden für den Anwender

8., überarbeitete Auflage

Der Autor:

Wolfgang Suttor

Herausgeber

 **FIZ Karlsruhe**

Leibniz-Institut für  
Informationsinfrastruktur

**Fraunhofer IRB**  **Verlag**

 **BINE**  
Informationsdienst

BINE Informationsdienst berichtet über Themen der Energieforschung: Neue Materialien, Systeme und Komponenten, innovative Konzepte und Methoden. BINE-Leser werden so über Erfahrungen und Lerneffekte beim Einsatz neuer Technologien in der Praxis informiert. Denn erstklassige Informationen sind die Grundlage für richtungsweisende Entscheidungen, sei es bei der Planung energetisch optimierter Gebäude, der Effizienzsteigerung industrieller Prozesse oder bei der Integration erneuerbarer Energien in bestehende Systeme.

BINE Informationsdienst ist ein Service von FIZ Karlsruhe GmbH und wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert.

Für weitere Fragen steht Ihnen zur Verfügung:

Uwe Friedrich (Redaktion)

BINE Informationsdienst, FIZ Karlsruhe GmbH, Büro Bonn

Kaiserstraße 185–197, 53113 Bonn

Tel. +49 2 28 9 23 79-0, E-Mail: [bine@fiz-karlsruhe.de](mailto:bine@fiz-karlsruhe.de), [www.bine.info](http://www.bine.info)

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-9303-8 | ISBN (E-Book): 978-3-8167-9304-5

Layout: Dietmar Zimmermann | Umschlaggestaltung: Martin Kjer | Herstellung: Angelika Schmid  
Satz: Fotosatz Buck, Kumhausen | Druck: Gulde Druck GmbH & Co. KG, Tübingen

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürfen. Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Titelbild: Jürgen Escher, COMUNA-metall Vorrichtungs- und Maschinenbau GmbH

Umschlagrückseite: Duisburger Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft mbH (links); Fraunhofer UMSICHT (Mitte); TU München, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik (rechts)

© FIZ Karlsruhe GmbH, 2014

Verlag und Vertrieb:

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart

Telefon +49 7 11 9 70-25 00

Telefax +49 7 11 9 70-25 08

[irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	9
<b>1 Energiepolitische Zielsetzung und Rahmenbedingungen</b> .....	11
1.1 Energieeinsparung, Klimaschutz und Perspektiven .....	12
1.2 Energiewirtschaft im Umbruch .....	15
1.2.1 Vorräte, Verfügbarkeit und Verteilung von Energieträgern .....	15
1.2.2 Erzeuger, Verbraucher, Prosumer .....	16
1.2.3 Strompreise, Stromkosten, Einspeisevergütungen .....	16
1.2.4 Steuerungsmechanismen der Politik .....	19
1.3 Gesetzliche Rahmenbedingungen .....	20
1.3.1 Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) .....	22
1.3.2 Ökosteuer (Strom- und Energiesteuer) .....	22
1.3.3 Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Gesetz [7]) .....	23
1.3.4 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) .....	25
1.3.5 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – (EEWärmeG) .....	27
1.3.6 Energieeinsparverordnung (EnEV) .....	27
1.3.7 Sonstige Gesetze und Regelwerke .....	27
1.4 Förderprogramme .....	29
1.5 Forschungsförderung .....	31
1.5.1 Das E-Energy Programm: Smart Grids made in Germany .....	31
1.5.2 Weitere Projekte der Bundesenergieforschung .....	31
1.5.3 Energieeffiziente Wärme- und Kältenetze (EnEff:Wärme) .....	33
1.6 Hemmnisse .....	34
<b>2 Von der KWK zum BHKW</b> .....	37
2.1 Die Grundidee der Kraft-Wärme-Kopplung .....	37
2.2 KWK-Techniken .....	40
2.2.1 Kleinanlagen von 50 kW <sub>el</sub> bis 2 MW <sub>el</sub> und Großanlagen über 2 MW <sub>el</sub> .....	40
2.2.2 Kleinstanlagen unter 50 kW <sub>el</sub> .....	45
2.3 Kältetechnologien .....	50
2.4 Speichertechnologien .....	51
2.4.1 Stromverbrauchsoptimierte Betriebsweise .....	51
2.4.2 Strompreis- und stromvergütungsoptimierte Betriebsweise .....	51
2.4.3 Überregionale Power-to-Gas Speicherung .....	51
<b>3 Auslegung, Einsatzbereiche und Umweltauswirkungen</b> .....	53
3.1 Auslegung .....	53
3.1.1 Mehrfamilienhäuser, Gewerbe und Industrie .....	53
3.1.2 Einfamilienhäuser .....	56
3.1.3 Einsatz eines Pufferspeichers .....	57
3.2 Zukünftige Einsatzbedingungen für die KWK .....	58
3.3 Umweltauswirkungen .....	59

<b>4 BHKW-Technik</b>	61
4.1 Definition	61
4.2 Bewertungskriterien	62
4.3 Flächenbedarf und Gewicht	63
4.4 Anlagenkomponenten	65
4.4.1 Motoren	65
4.4.2 Generatoren	66
4.4.3 Steuerungstechnik	67
4.4.4 Abgastechnik	68
4.4.5 Schallschutztechnik	71
4.5 BHKW-Integration	72
4.5.1 Hydraulische Einbindung	72
4.5.2 Steuer- und Regelungstechnische Einbindung	75
4.6 Wartungs- und Überwachungskonzepte	76
4.6.1 Vollwartung	76
4.6.2 Eigene Wartung und Teilwartung	78
4.6.3 Betriebsüberwachung	78
4.7 Technologische Einbindung	79
4.7.1 Kälteerzeugung	79
4.7.2 Speichertechnologien	82
<b>5 Wirtschaftlichkeit</b>	85
5.1 Grundlagen	85
5.1.1 Berechnungsverfahren	86
5.1.2 Beurteilungskriterien	87
5.2 Kostenermittlung	88
5.2.1 Kapitalkosten	88
5.2.2 Brennstoffkosten	91
5.2.3 Zusatz- und Reservekosten	92
5.2.4 Sonstige Kosten	93
5.3 Erlöse, Einsparungen	94
5.3.1 Strom	94
5.3.2 Wärme	95
5.4 Beispiele	95
5.4.1 BHKW mit 1 und 5,5 kW <sub>el</sub>	95
5.4.2 Holz-BHKW mit 30 kW <sub>el</sub>	99
5.4.3 BHKW mit 75 kW <sub>el</sub> in einer Biogasanlage	99
5.4.4 Lichtblick-BHKW mit 19 kW <sub>el</sub> und 36 kW <sub>th</sub>	102
<b>6 Organisatorische Konzepte, Betriebs- und Vermarktungsmodelle</b>	103
6.1 Eigenversorgung	104
6.1.1 Gewerbebetrieb, Eigentümer	105
6.1.2 Gemeinschaften	106
6.2 Fremdversorgung (Contracting)	107
6.2.1 Contracting im Gewerbe	107
6.2.2 Contracting in der Wohnungswirtschaft	108
6.3 Betriebskonzepte	109

---

6.3.1	Wärme- und Stromführung . . . . .	109
6.3.2	Optimierung der Betriebsführung . . . . .	109
6.3.3	Beispiele . . . . .	110
6.4	Vermarktsmodelle. . . . .	113
6.4.1	Netzeinspeisung . . . . .	113
6.4.2	Stromabgabe an einen Fremdversorger (Contractor) . . . . .	114
6.4.3	Teilnahme an einem virtuellen Kraftwerk . . . . .	114
6.4.4	Verkauf am Regelleistungsmarkt . . . . .	114
6.4.5	Stromverkauf an Dritte . . . . .	115
6.4.6	Stromverkauf im »Objekt« aus einer Kundenanlage . . . . .	116
6.4.7	Deckung des Strom-Eigenbedarfs . . . . .	117
6.5	Ausblick . . . . .	118
6.5.1	Zukünftiger Strom- und Wärmemarkt . . . . .	118
6.5.2	Rolle der Kommunen . . . . .	118
<b>7</b>	<b>Anmeldung, Genehmigung, Anträge . . . . .</b>	<b>121</b>
7.1	Vor Inbetriebnahme . . . . .	121
7.2	Nach Inbetriebnahme . . . . .	121
7.3	Versicherungen. . . . .	122
<b>8</b>	<b>Planungsschritte . . . . .</b>	<b>124</b>
8.1	BHKW-Größe . . . . .	125
8.2	Pflichtenheft für den Objekt-Anwender . . . . .	125
8.3	Ausschreibung und Lieferumfang . . . . .	126
8.4	Beteiligung des Handwerks. . . . .	127
8.5	Pflichtenheft für den Projektbeauftragten . . . . .	128
<b>9</b>	<b>Neue Forschungstrends: KWK-Projekte der Förderinitiative</b>	
	<b>EnEff:Wärme . . . . .</b>	<b>129</b>
9.1	Anlagentechnik . . . . .	129
9.2	Kombination von Technologien. . . . .	131
9.3	Dienstleistungs-, Betriebs- und Marktkonzepte sowie Kommunikations- und Informationstechniken. . . . .	136
9.4	Zusammenfassung – Forschungstrends . . . . .	138
9.5	Ausblick . . . . .	139
<b>10</b>	<b>Serviceteil . . . . .</b>	<b>140</b>
10.1	Förderung . . . . .	140
10.2	Baugenehmigung . . . . .	140
10.3	Zulassung und Meldung nach dem KWK-Gesetz. . . . .	140
10.4	Energiesteuerentlastung . . . . .	140
10.5	Stromlieferung . . . . .	140
10.6	Anmeldung beim örtlichen Stromversorger (Netzbetreiber) . . . . .	141
10.7	Ausschreibungsbeispiel für ein Energieliefer-Contracting. . . . .	141

<b>11</b>	<b>Zitierte Literatur und Abbildungsverzeichnis</b>	142
11.1	Zitierte Literatur	142
11.2	Abbildungsverzeichnis	144
<b>12</b>	<b>Forschungsvorhaben der Bundesregierung</b>	147
12.1	Laufende und kürzlich abgeschlossene Forschungsvorhaben	147
12.2	Forschungsberichte	150
<b>13</b>	<b>Weiterführende Literatur</b>	152
13.1	Kraft-Wärme-Kopplung, Blockheizkraftwerke, Mini-Blockheizkraftwerke	152
13.2	Stirling-Motoren	155
13.3	Brennstoffzellen	156
13.4	Zeitschriften	157
13.5	Internet	157
13.6	BINE Informationsdienst	158
13.7	Forschungsportale des BMWi	159
<b>14</b>	<b>Zum Autor</b>	160

---

## Vorwort

Auch wenn sich die Versorgung mittels Kraft-Wärme-Kopplung in den letzten Jahrzehnten stark ausgebreitet hat, deckt sie aus der Sicht der gesamten Stromerzeugung bisher nur einen bescheidenen Anteil ab. Doch mit der im Sommer 2011 beschlossenen Energiewende hat sich die Bundesregierung ein ambitioniertes Ziel gesetzt: Bis 2050 soll die annähernde Vollversorgung mit Erneuerbaren Energien sichergestellt werden. Die Energiewende bedeutet deshalb auch eine Abkehr von den zentralen zu mehr dezentralen Versorgungsstrukturen. Dabei zählt die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zu den effizientesten dezentralen Energiesystemen. Die rechtlichen und finanziellen Bedingungen werden nun so gestaltet, dass der KWK-Stromanteil von heute 13 auf 25 Prozent bis 2020 ausgebaut wird.

Die achte, überarbeitete Auflage dieses BINE-Fachbuchs trägt diesen neuen energiepolitischen Zielsetzungen und gesetzlichen Rahmenbedingungen Rechnung – und stellt ihre Auswirkungen für die KWK, für Blockheizkraftwerke und ihre Betreiber ausführlich vor. Das BINE-Fachbuch konzentriert sich dabei auf Fragen der praktischen Anwendung von BHKW. Schließlich soll dieser Leitfaden helfen, Hemmnisse bei der Umsetzung der Kraft-Wärme-Kopplung zu überwinden und u.a. einen einfachen und kostengünstigen Zugang zum Stromnetz zu ermöglichen.

Den thematischen Schwerpunkt bilden somit weiterhin technische und Betriebskonzepte, die Wirtschaftlichkeitsermittlung von BHKW-Anlagen sowie Organisations-, Finanzierungs- und Genehmigungsfragen. Der Serviceteil bietet in übersichtlicher Form neben Literatur und Links auch Hinweise auf Antrags- und Vertragsmuster für notwendige Genehmigungsschritte, für Betrieb und Wartung.

FIZ Karlsruhe GmbH  
BINE Informationsdienst

