

# Kraft-Wärme-Kopplung

Anlagenauswahl - Dimensionierung -  
Wirtschaftlichkeit - Emissionsbilanz

Zweite, überarbeitete Auflage

Dipl.-Ing. Karl W. Schmitz  
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Günther Koch

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	1
<b>2</b>	<b>Systemübersicht</b>	5
<b>3</b>	<b>Methodisches Vorgehen bei der Vorbereitung von Systementscheidungen (Überblick)</b>	13
3.1	Darstellung der Rahmenbedingungen	13
3.2	Zusammenstellung der technischen und kaufmännischen Grundlagen für Auswahl und Berechnung der Varianten	14
3.3	Ermittlung und Analyse der Bedarfswerte	15
3.4	Darstellung und Analyse der vorhandenen Energieversorgungsanlagen	16
3.5	Auswahl und Dimensionierung technisch sinnvoller Energieversorgungsvarianten	17
3.6	Berechnung der ökonomischen Eckdaten und Variantengegenüberstellung	17
3.7	Ökologische Systemanalyse und Variantengegenüberstellung	18
3.8	Zusammenfassende Bewertung und Systemempfehlung	18
<b>4</b>	<b>Anlagenauswahl und Dimensionierung</b>	19
4.1	Auswahl der einsetzbaren KWK-Anlagen	19
4.2	Festlegung der Betriebsart	22
4.3	Leistungsauslegung der Gesamtanlage und zweckmäßige Aufteilung der Aggregateleistungen	24
4.4	Auswahl und Dimensionierung der peripheren Anlagen und Hilfseinrichtungen für jede ausgewählte Variante	27
4.5	Erstellen der Aufstellungskonzepte	27
4.6	Festlegung der Mengengerüste und Ermittlung der Investitionen und der dazugehörigen Kapitalkosten	27
4.7	Ermittlung der Bedarfswerte	27

4.8	Ermittlung der Kosten	28
4.9	Ökonomische und ökologische Gegenüberstellung der Varianten	28
4.10	Optimierung der Auslegungsdaten	28
<b>5</b>	<b>Technische Grundlagen</b>	<b>31</b>
5.1	KWK-Anlagen mit Diesel-/Otto-Motor	47
5.1.1	Gesamtanlage	48
5.1.2	Aufstellungsverhältnisse/Gesamtanlagenumfang	52
5.1.3	Motorbauarten/Aggregatetechnik	59
5.1.4	Emissionen/Emissionsminderungsmaßnahmen	62
5.1.5	Basisdaten der Wirtschaftlichkeitsberechnung	73
5.1.5.1	Leistungswerte	73
5.1.5.2	Jahresarbeit	76
5.1.5.3	Investitionen	80
5.1.5.4	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	80
5.1.5.5	Personalaufwand	84
5.2	KWK-Anlagen mit Gasturbinen	85
5.2.1	Gesamtanlage	86
5.2.1.1	Einfacher, offener Gasturbinenprozeß mit Abhitzeessel	90
5.2.1.2	Gas- und Dampfturbinenprozeß	90
5.2.1.3	Gasturbine mit Dampfeinspritzung (Cheng-Prozeß)	93
5.2.2	Aufstellungsverhältnisse/Gesamtanlagenumfang	95
5.2.3	Gasturbinenbauarten	106
5.2.4	Emissionen/Emissionsminderungsmaßnahmen	107
5.2.5	Basisdaten der Wirtschaftlichkeitsberechnung	109
5.2.5.1	Leistungswerte	110
5.2.5.2	Jahresarbeit	113
5.2.5.3	Investitionen	117
5.2.5.4	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	119
5.2.5.5	Personalaufwand	122
5.3	KWK-Anlagen mit Dampfturbinen	123
5.3.1	Gesamtanlagenprozeß	125
5.3.2	Aufstellungsverhältnisse/Gesamtanlagenumfang	127
5.3.3	Bauarten und technische Rahmenbedingungen für die Konzeptionierung von Heizkraftwerken mit Dampfturbinen	141
5.3.4	Emissionen/Verbrennungsrückstände	144
5.3.4.1	Emissionen	144

5.3.4.2	Verbrennungsrückstände	149
5.3.5	Basisdaten der Wirtschaftlichkeitsberechnung	150
5.3.5.1	Leistungswerte	151
5.3.5.2	Jahresarbeit	176
5.3.5.3	Investitionen	179
5.3.5.4	Wartungs- und Instandhaltungsaufwand	182
5.1.5.5	Personalaufwand	183
5.4	Sonstige KWK-Anlagen	185
5.4.1	Direktantrieb von Arbeitsmaschinen durch Verbrennungskraftmaschinen oder Dampfturbinen	185
5.4.2	KWK-Anlagen auf Basis von Dampfmotoren	186
5.4.3	Verbrennungsmotorwärmepumpen	187
5.4.4	Absorptionskälteanlagen	191
5.4.5	Adsorptionskälteanlagen	197

## **6 Betriebswirtschaftliche Grundlagen** 201

6.1	Allgemeines zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung von Investitionen	201
6.2	Statische Verfahren der Investitionsrechnung	203
6.2.1	Kostenvergleichsrechnung	204
6.2.2	Gewinnvergleichsrechnung	207
6.2.3	Rentabilitätsvergleichsrechnung	208
6.2.4	Amortisationsrechnung	210
6.2.5	Zusammenfassende Wertung der statischen Verfahren der Investitionsrechnung	212
6.3	Dynamische Verfahren der Investitionsrechnung	214
6.3.1	Kapitalwertmethode	217
6.3.2	Methode des internen Zinsfußes	219
6.3.3	Annuitätenmethode	220
6.3.4	Zusammenfassende Wertung der dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung	221
6.4	Anwendung der Investitionsrechnung in der Praxis	223

## **7 Wirtschaftlichkeitsberechnung** 225

7.1	Zusammenstellung der Kostenansätze	227
7.2	Berechnung der Leistungs- und Arbeitswerte	227

7.3	Zusammenstellung der Investitionen und der Kapitalkosten	239
7.4	Zusammenstellung der betriebsgebundenen Kosten	242
7.5	Jahreskostenberechnung einschließlich Gegenüberstellung der Varianten	245
7.6	Sensitivitätsanalyse	249
<b>8</b>	<b>Ökologische Systemanalyse</b>	<b>251</b>
8.1	Schadstoffbilanz	251
8.2	Ökologische Bewertung der Systeme	256
8.2.1	Emissionsbewertung	257
8.2.2	Immissionsbewertung	260
<b>9</b>	<b>Berechnungsbeispiele</b>	<b>263</b>
9.1	Beispiel 9.1: Gasturbinenanlage als Erweiterung eines bestehenden Heizkraftwerkes	263
9.1.1	Aufgabenstellung	263
9.1.2	Ergebnisse der Bestandsaufnahme	264
9.1.3	Auswahl und Dimensionierung technisch sinnvoller Varianten	264
9.1.4	Ökonomische und ökologische Gegenüberstellung der ausgewählten Varianten	265
9.2	Beispiel 9.2: Gegenüberstellung der Varianten - Motorenanlage - Dampfturbinenanlage für eine Wärmeversorgungszentrale	287
9.2.1	Aufgabenstellung	287
9.2.2	Auswahl und Dimensionierung technisch sinnvoller Varianten	287
9.2.3	Ökonomische und ökologische Gegenüberstellung der ausgewählten Varianten	288
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>311</b>
<b>11</b>	<b>Sachwortverzeichnis</b>	<b>317</b>