

Dr.-Ing. Jobst Klien

Dipl.-Ing. Wilfried Gabler

Datenbank Blockheizkraftwerke

Band 1: Technische Beschreibung

Darmstadt, 1990

Inhaltsverzeichnis:

- 1. Einleitung**
 - 1.1 Ausgangssituation
 - 1.2 Zielsetzung, Inhalte

- 2. Blockheizkraftwerke - Referenzanlagen**
 - 2.1 Abgrenzung - Welche Anlagen wurden aufgenommen
 - 2.2 Vorgehensweise bei der Erstellung der Datenbank
 - 2.3 Datenbankstruktur
 - 2.4 Inhalte der Datenbank
 - 2.5 Probleme bei der Erstellung der Datenbank
 - 2.6 Fortschreibung der Datenbank, Datenpflege

- 3. Motoren für Blockheizkraftwerke**
 - 3.1 Abgrenzung
 - 3.2 Datenbankstruktur
 - 3.3 Inhalte der Datenbank
 - 3.4 Fortschreibung der Datenbank, Datenpflege

- 4. Berechnungsgrundlagen**

- 5. Berechnung energetischer Kenngrößen**
 - 5.1 Abgrenzungen, Randbedingungen
 - 5.2 Der Formelapparat
 - 5.3 Berechnung zur Vervollständigung und Aktualisierung der Datenbanken/Übertragung von Daten
 - 5.4 Erstellung einer Dokumentation von BHKW-Referenzanlagen

- 6. Adressen**
 - 6.1 Hersteller/Lieferanten von Blockheizkraftwerken
 - 6.2 Betreiber von Blockheizkraftwerken
 - 6.3 Planung/Projektierung von Blockheizkraftwerken
 - 6.4 Verbände
 - 6.5 Sonstige

- 7. Literaturverzeichnis**

Anhang

Formelzeichen
Information Fachinformationszentrum Karlsruhe
Information KEV
Artikel-VDEW

1. Einleitung

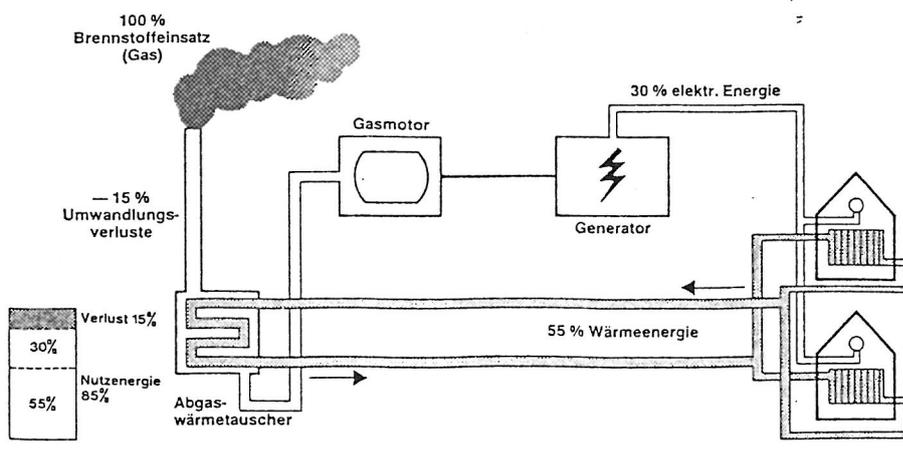
1.1 Ausgangssituation

Blockheizkraftwerke, im wesentlichen Motorheizkraftwerke, zeichnen sich durch den hohen Nutzungsgrad von Primärenergie aus. Durch ihre Technik wird die eingesetzte Primärenergie in die zwei Energieträger Strom und Wärme umgewandelt. Sie sind auf dem Stand der heutigen Technik energieeinsparender und umweltschonender als konventionelle Heizsysteme und können durch vermehrten Einsatz zur

- Einsparung nicht erneuerbarer Ressourcen
- Verminderung von Eingriffen in die Natur und Landschaft (z. B. Landschaftsverbrauch, Grundwasserabsenkungen, Braunkohletagebau etc.)
- Verringerung der Anreicherung von CO_2
- Reduzierung des Einsatzes nuklearer Brennstoffe
- Verbesserung der Luftqualität und damit der Gesundheit von Mensch und Umwelt

beitragen.

Abb. 1: Dezentrales Blockheizkraftwerk (Strom und Nahwärme)



Über die Einsatzmöglichkeiten von Blockheizkraftwerken im kommunalen Bereich, die Kostenstrukturen sowie die notwendigen wirtschaftlichen Randbedingungen gibt es z. Zt. widersprüchliche Angaben. Zudem hat sich in bisher durchgeführten Energiekonzepten gezeigt, daß Vorplanungen zum einen sehr kostenintensiv und zum anderen qualitativ sehr unterschiedlich zu bewerten sind. Durch die hohen Kosten, mangelnde bzw. auch schlechte Erfahrungen und den häufig sehr geringen Aussagewerten der Studien werden viele Gemeinden davon abgehalten, sich mit dieser rationellen Versorgungstechnik zu befassen bzw. erstellte Konzepte umzusetzen. Andererseits liegen inzwischen eine Reihe von Erfahrungen mit zum Teil öffentlichen geförderten Anlagen vor.

1.2 Zielsetzung, Inhalte

Mit Hilfe von technischen, energetischen und umweltbezogenen Daten schon bestehender Blockheizkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland soll eine Senkung der Informationskosten bei Konzepten und Vorplanungen von BHKW-Anlagen und der notwendigen Peripherie erreicht werden.

Informationsgrundlage hierfür bilden u. a. zwei Hauptdatenbanken:

- eine Datei mit BHKW-Referenzanlagen der BRD (s. Kap. 2.)
- eine Datei mit Motoren bzw. Modulen, die in Blockheizkraftwerken eingesetzt werden (s. Kap. 3.).

Weitere Datenbanken enthalten Informationen über Einsatzgebiete von BHKW, Bundesländer, Brennstoffe, Hersteller, Schadstoffreduzierungsmaßnahmen sowie energetische und emissionsseitige Kenngrößen für die Erstellung von Energie- und Emissionsbilanzen (s. Kap. 4.).

Gleichzeitig wird hiermit aufbauend auf den Ermittlungen der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke /Nitschke 1989/ eine einheitliche, öffentlich verfügbare Datengrundlage über den Stand der BHKW-Technik in der Bundesrepublik Deutschland vorgelegt.

Motorkraftwerke auf der Basis nichtregenerativer Energien (die nur aus stromwirtschaftlichen Gründen beispielsweise als Spitzenkraftwerk) werden nicht aufgenommen, soweit dies aus den vorliegenden Daten erkennbar war.

2. BHKW-Referenzanlagen [BHKW.DBF]¹

2.1 Abgrenzung - Welche Anlagen wurden aufgenommen?

Wie auch in der Umfrage der VDEW an ihre Mitgliedsunternehmen /Nitschke 1989/ von 1986 und 1988 wurden ausschließlich ortsfeste Anlagen mit Verbrennungskraftmaschinen, die in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben Strom und Wärme erzeugen, in die Datenbank aufgenommen (Motorheizkraftwerke).

Ebenfalls wurden alle Kolbenmaschinen zur Stromerzeugung, in denen regenerative Energien wie Klär-, Bio-, Holz- und Deponiegas eingesetzt werden, berücksichtigt, auch wenn nicht in jedem Fall die anfallende Abwärme genutzt werden kann (siehe auch Tab. 2.1). Diese werden aus systematischen Gründen gesondert ausgewiesen.

Aus Gründen der Abgrenzung gegen Heizkraftwerke wurden keine Gasturbinen in die Datei aufgenommen, auch da diese in ihrer Methodik anders zu behandeln sind.

Es sind z. Zt. ca. 1 050 Anlagen erfaßt.

2.2 Vorgehensweise bei der Erstellung der Datenbank

Die Grundlage zur Erstellung der Datenbank bildete die 1987 veröffentlichte Liste der VDEW (s. Anhang). Diese Liste wurde mit Angaben aus Listen von dem IWU bekannten Herstellern und Anlagenlieferanten ergänzt und vervollständigt. Die zusätzlich gewonnenen Informationen (u. a. technische Daten der Aggregate, Maß-

¹

Bezeichnung der DBASEIV-Datei
Lieferung auch in dBASE3 PLUS, Datei allerdings ohne Anmerkungen und Ergänzungen

nahmen zur Schadstoffreduzierung) dienen u. a. einer exakteren Berechnung energetischer Kenngrößen.

Ebenso wurden folgende Listen bei dem Abgleich berücksichtigt:

- Blockheizkraftwerke in Baden-Württemberg - Eine Übersicht, Die Grünen Baden-Württemberg, Landesarbeitskreis Energie, Oktober 1989
- Blockheizkraftwerke, Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V., April 1987
- BHKW-Referenzanlagen, BINE-Fachinformationszentrum Karlsruhe, 1984
- Klärgas-KWK-Anlagen in Hessen, Hessisches Ministerium für Wirtschaft und Technik, September 1989
- Blockheizkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland, Vereinigung deutscher Elektrizitätswerke, Dezember 1988
- Gasbetriebene Wärmepumpen und Blockheizkraftwerke mit Dreiwege-Abgaskatalysatoren, Gaswärmepumpen Gesellschaft mbH, Dezember 1986

Untenstehende Hersteller/Lieferanten haben ihre Referenzlisten zur Verfügung gestellt. Diese Listen wurden bei der Erstellung der Datenbank berücksichtigt².

Blohm & Voss AG
 Comuna Metall
 DAIMLER-BENZ AG
 DYNA-THERM
 Dr. Walter Herbst
 Energiewerkstatt
 G.A.S. Energietechnik GmbH
 Haase Energietechnik GmbH
 I S T
 Jenbacher Werke
 Köhler & Ziegler OHG

² Adressen siehe 6.1

Kuntschar & Schlüter

Lothar Höfler, Energietechnik

M W M

M.A.N. Technologie AG

Rudolf Otto Meyer

Erdgas Energie Systeme GmbH (frühere Ruhrgas Energie Systeme GmbH)

SOKRATHERM GmbH

Schindler Energieanlagen

Sulzer

Turbon-Tunzini

Zeppelin Metallwerke GmbH

Die Erfassung erfolgte anlagenweise, aufgenommen wurden in Betrieb und in Bau befindliche Anlagen (in Planung befindliche Anlagen werden möglicherweise nicht gebaut). Bei Nichtübereinstimmung von Daten zweier Informationsquellen bezüglich einer Anlage sind zusätzlich telefonische bzw. schriftliche Recherchen erfolgt.

Da einige Hersteller von BHKW's noch keine Referenzlisten zur Verfügung stellen konnten oder der Informationsgehalt der Listen nicht ausreichte, liegen nicht für alle Datenfelder vollständige Informationen vor.

Diese Mängel können jedoch in Zukunft bei einer für die Fortschreibung der BHKW-Datenbank vorgesehenen Standardisierung des Fragenkatalogs für die Umfrage an Hersteller, Lieferanten und Verbände weiter beseitigt werden.

Da in mehreren Listen von Herstellern u. a. auch Motorenanlagen aufgeführt sind, die der reinen Notstromversorgung dienen oder aber direkt ein Gebläse oder einen Verdichter antreiben, soll die Abgrenzung der eingegebenen Anlagen in die Datenbank anhand von Tabelle 2.1 nochmals verdeutlicht werden. Aufgenommen wurden hiernach

- Motorheizkraftwerke zur Stromerzeugung, bei denen die Abwärme zum überwiegenden Teil genutzt wird
- Motorkraftwerke zur Stromerzeugung auf der Basis regenerativer Energien, bei denen Abwärme nicht oder nur in geringem Maße genutzt werden (diese Anla-

gen werden aber gesondert ausgewiesen)

- Motorkraft- oder Heizkraftwerke in Kläranlagen, bei denen zumindest ein Teil der mechanischen Energie in elektrische umgewandelt wird.

Nicht aufgenommen wurden Anlagen, die ausschließlich mechanische Energie nutzen, wie z. B. Antriebe von Gebläsen, Kompressoren oder Turboverdichter sowie reine Notstrom- oder Spitzenstromanlagen.

Tab. 2.1 Einsatzfälle von stationären Motorenanlagen

Objekt/Einsatz	angetriebene Maschine(n)	Strom- erzeugung	Abwärme- nutzung	Aufnahme in Datenbank "BHKW"
Diverse, laut Kap. 2.1.1	Generator	x	x	x
Deponiegas-, Biogas- und Holzgasanlagen	Generator	x	-	x
Kläranlagen	Generator	x	-	x
	Generator/Gebläse*	x	-	x
	Gebläse	-	x	-
	Gebläse	-	-	-
Müllpyrolyse	Generator	x	x	x
Pumpstation (z. B. Pipeline, Wasserwerk)	Pumpe	-	x	-
			-	
Notstromanlage	Generator	x	-	-
Spitzen- u. Eigenstromerz.	Generator	x	-	-
Diverse	Kompressor	-	x	-
			-	
Diverse	Turboverdichter	-	x	-
			-	

Kläranlage mit z. B.

1 Motor für den Antrieb eines Generators

1 Motor für den Antrieb eines Gebläses

=> Bei Eingabe der el. Leistung wird das Gebläse so behandelt, als würde hier auch eine Stromerzeugung stattfinden, da im anderen Fall die thermische Leistung im Verhältnis zur elektrischen Leistung zu hoch erscheint

$$P_{el} = P_{mech} \cdot \eta_{gen}$$

Dienen die Motoren in anderen Fällen nicht allein der Strom- und Wärmeerzeugung, (Kombinationstechnologien mit Wärmepumpen, Kompressoren, ... etc., Tandemanlagen), so werden ausschließlich die technischen Daten der Motoren aufgenommen, die einen Generator antreiben.

2.3 Datenbankstruktur

Feld	Feldname	Typ	Länge	Dez
1	NR	Numerisch	4	
2	SBLND	Numerisch	2	
3	SSTR	Zeichen	30	
4	SPLZ	Numerisch	4	
5	SORT	Zeichen	23	
6	STEL	Zeichen	20	
7	BANR	Zeichen	30	
8	BNAM1	Zeichen	30	
9	BSTR	Zeichen	30	
10	BPLZ	Numerisch	4	
11	BORT	Zeichen	23	
12	BTEL	Zeichen	20	
13	BETR	Zeichen	3	
14	HERST1	Numerisch	2	
15	HERST2	Numerisch	2	
16	GZAMOD	Numerisch	2	
17	ZAMOD1	Numerisch	2	
18	ZAMOD2	Numerisch	2	
19	ZAMOD3	Numerisch	2	
20	LELKWO1	Numerisch	5	
21	LTHKWO1	Numerisch	5	
22	LELKWO2	Numerisch	5	
23	LTHKWO2	Numerisch	5	
24	LELKWO3	Numerisch	5	
25	LTHKWO3	Numerisch	5	
26	KOMBT	Zeichen	40	
27	TVORLAUF	Numerisch	3	
28	TRUECKLAUF	Numerisch	3	
29	SRED1	Numerisch	1	
30	SRED2	Numerisch	1	
31	SRED3	Numerisch	1	
32	SREDHERST	Zeichen	1	
33	BRENN1	Numerisch	2	
34	BRENN2	Numerisch	2	
35	IBETN1	Numerisch	4	
36	IBETN2	Numerisch	4	
37	IBETN3	Numerisch	4	
38	WGRTHO1	Numerisch	4	2
39	WGRELO1	Numerisch	4	2
40	WGRTHO2	Numerisch	4	2
41	WGRELO2	Numerisch	4	2
42	WGRTHO3	Numerisch	4	2
43	WGRELO3	Numerisch	4	2
44	LELKWG	Numerisch	5	
45	LELNEU	Numerisch	5	
46	LTHKWG	Numerisch	5	
47	LTHNEU	Numerisch	5	
48	LTHUNBEKA	Logisch	1	

49	WGRELGES	Numerisch	4	2
50	WGRTHGES	Numerisch	4	2
51	WGRGES	Numerisch	4	2
52	AGGREGAT1	Zeichen	12	
53	AGGREGAT2	Zeichen	12	
54	AGGREGAT3	Zeichen	12	
55	EINSATZ	Zeichen	11	
56	OBJEKT	Zeichen	30	
57	ANMERKUNG	Memo	10	

Blockheizkraftwerke

Nummer

Objekt:Standort:Bundesland
Postleitzahl
TelefonStraße
OrtBetreiber:Straße
OrtPostleitzahl
TelefonHersteller:1)
2)

(1) (2)

Anzahl der Module el. Leistung (gesamt)
 (gesamt) th. Leistung (gesamt)
 (1) Listendaten th. Leistung ist unbekannt!
 (VDEW, etc.)
 (2) Motorendaten η_{el} (gesamt)
 (berechnet) η_{th} (gesamt)
 η_{ges} (Anlage)

	Modul1	Modul2	Modul3
Anzahl			
Bezeichnung			
P_{el} (kW)			
P_{th} (kW)			
η_{el}			
η_{th}			

Kombinationstechnologie

Vorlauftemperatur

Rücklauftemperatur

Schadstoffreduktion - Modul1
Modul2
Modul3

Hersteller (KAT, ..etc.)

Brennstoff - 1 -
- 2 -
Inbetriebnahme - 1 -
- 2 -
- 3 -

Einsatzfälle

Anmerkungen

2.4 Inhalte der Datenbank-BHKW

Nummer der Referenzanlage
 Bundesland des Standortes
 Standort des Blockheizkraftwerkes
 Betreiber von Blockheizkraftwerken
 Hersteller/Lieferanten von Blockheizkraftwerken
 Anzahl der eingesetzten BHKW-Module (Motoren)
 Elektrische und thermische Leistung der eingesetzten BHKW-Module
 Kombinationstechnologien
 Temperaturen des Heizwassers
 Schadstoffreduzierungsmaßnahmen
 Hersteller-Schadstoffreduzierungsmaßnahme
 Brennstoffe
 Jahr der Inbetriebnahme
 Elektrischer und thermischer Wirkungsgrad der eingesetzten BHKW-Module
 Elektrische und thermische Gesamtleistung der Referenzanlagen nach Betreiberinformation
 Elektrische und thermische Gesamtleistung der Referenzanlagen nach Herstellerinformationen
 Abwärmenutzung
 Elektrischer-, thermischer- und Gesamtnutzungsgrad der Referenzanlagen
 Typenbezeichnung der Module (Motoren)
 Einsatzfälle von Blockheizkraftwerken
 Objekte
 Anmerkungen

Tab. 2.4-1

Inhalte der Datenbank Blockheizkraftwerke

Nummer der Referenzanlage [NR]³

Jede Referenzanlage erhält bei der Eingabe eine laufende Nummer, da sich beispielsweise beim Herauslöschten von Datensätzen (stillgelegte Anlagen) die Satznummern von Anlagen verändern.

Bundesland des Standortes [SBLND]

In diesem Feld steht die dem Standort des Blockheizkraftwerkes entsprechende Kennung des Bundeslandes

1 Baden-Württemberg 2 Bayern 3 Hessen 4 Niedersachsen 5 Nordrhein-Westfalen 6 Rheinland-Pfalz 7 Saarland 8 Schleswig-Holstein 9 Hamburg 10 Bremen und Bremerhaven 11 West-Berlin	
Tab. 2.4-2	Kennnummern der Bundesländer [SBLND]

Standort des Blockheizkraftwerkes

Straße	[SSTR]
Postleitzahl	[SPLZ]
Ort	[SORT]
Telefon	[STEL]

³ Name des Feldes in der Datenbankstruktur (s. Kap. 2.3)

Betreiber von Blockheizkraftwerken

Aus Gründen des Datenschutzes werden die Adressen privater Betreiber von Blockheizkraftwerken nicht veröffentlicht. Gegebenenfalls können beim Hersteller-/Lieferanten der Module einzelne Adressen nachgefragt werden.

Adressen von Energieversorgungsunternehmen, Gebietskörperschaften und Zweckverbänden können zusätzlich aus den Verzeichnissen der Verbände entnommen werden, z. B.:

- Abwassertechnische Vereinigung e. V. /ATV 1988/
- Verband kommunaler Unternehmen e. V. /Vku 1987/
- Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e. V. /AGFW 1988/
- Vereinigung deutscher Elektrizitätswerke /VdEW 1988/
- Bundesverband der deutschen Gas- und
Wasserwirtschaft e. V. /BGW 1987/
- Vereinigung industrielle Kraftwirtschaft e. V.
- Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umwelt-
freundlichen Energieverbrauch e. V.

Institutionen bzw. Namen

[BANR, BNAM1]

- Adresse und Telefon des Betreibers

Straße

[BSTR]

Postleitzahl

[BPLZ]

Ort

[BORT]

Telefon

[BTEL]

- Betreibersparten

[BETR]

In diesem Feld steht die entsprechende Kennung der Unternehmensform des Betreibers nach Tab. 2.4-3.

A ENERGIEVERSORGUNGSUNTERNEHMEN (EVU)	
A1 Kommunal-	A2 Regional-
A11 Strom	A21 Strom
A12 Gas	A22 Gas
A13 Querverbund	A23 Querverbund
B GEBIETSKÖRPERSCHAFTEN + ÖFFENTLICHE EINRICHTUNGEN	
B1 Kommune (Stadt, Magistrat)	
B2 Kreis	
B3 Sonstige (Bundespost, Bundesbahn, Kirche u. ä.)	
C OBJEKTGESELLSCHAFTEN (z. B. Gesellschaften aus EVU und Kommunen)	
D ZWECKVERBÄNDE (z. B. Abwasserverband, Abfallbeseitigungsverband)	
E INDUSTRIE + GEWERBE	
F PRIVATE HAUSHALTE	
Tab. 2.4-3	Kennzeichnung der Betreiber-Unternehmensform [BETR]

Verbund-EVU-Strom (Mitglieder der Deutschen Verbund-Gesellschaft DVG):

Badenwerk

Bayernwerk

BEWAG (Berlin)

EVS (Energieversorgung Schwaben)

HEW (Hamburger Elektrizitätswerke)

PREAG (Preußen Elektra)

RWE (Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerke)

VEW (Vereinigte Elektrizitätswerke)

Verbund-EVU-Gas

Ruhrgas AG

Kennung des Betreibers bei verschiedenen Einsatzfällen

Falls nichts anderes bekannt ist, gilt die folgende Zuordnung

Einsatz	Kennung (Betreibersparten)
Industrie und Gewerbe	E
Öffentliche Gebäude	B
Private Gebäude	F
Deponien, Kläranlagen	D
Öffentliche Versorgung	A

Hersteller/Lieferanten von Blockheizkraftwerken (Motoren, Module) [HERST1, HERST2]

Die entsprechenden Kennungen nach Tab. 2.4-4 sind in diesen Feldern zu finden. Im allgemeinen werden Modultypen von nur einer Firma eingesetzt. Werden jedoch Module einer anderen Firma nachgerüstet, so steht deren Kennung in Feld [HERST2].

1	M.A.N. Technologie AG	21	Fichtel und Sachs AG
2	Jenbacher Werke	22	ATP GmbH & Co. KG
3	MWM	23	Aggregatebau Nord GmbH
4	Zeppelin Metallwerke GmbH (Caterpillar)	24	August Storm GmbH & Co. KG
5	IST	25	G.A.S. Energietechnik GmbH
6	SOKRATHERM GmbH	26	E E S (Waukesha)
7	Comuna Metall	27	H. Krantz GmbH & Co.
8	Energiewerkstatt	28	Henkelshausen KG
9	Dr. Walter Herbst	29	Herwi-Solar GmbH
10	Haase Energietechnik GmbH	30	J. N. Baierer
		31	Kirsch GmbH
11	Blohm & Voss AG	32	Kramb
12	Fa. Köhler & Ziegler OHG	33	Spillingwerk Hamburg GmbH
13	DAIMLER-BENZ AG	34	Turbon-Tunzini
14	Wärme-Versorgungs GmbH	35	VEB Schwermaschinenbau
15	KHD Deutz	36	Zander Wärmetechnik
16	Kuntschar & Schlüter		
17	Lothar Höfler (Totem)		
18	Schindler Energieanlagen		
19	DYNA-THERM		
20	DIMAG		
Tab. 2.4-4		Kennzahlen Hersteller [HERST1, HERST2]	

Anzahl der eingesetzten BHKW-Module (Motoren)

Es werden bis zu drei verschiedene Modultypen bei der Eingabe berücksichtigt.

Module gesamt	[GZAMOD]
Anzahl des 1. Modultyps	[ZAMOD1]
Anzahl des 2. Modultyps	[ZAMOD2]
Anzahl des 3. Modultyps	[ZAMOD3]

Elektrische und thermische Leistung der eingesetzten BHKW-Module (Motoren) (in kW)

el. Leistung des 1. Modultyps	[LELKW01]
el. Leistung des 2. Modultyps	[LELKW02]
el. Leistung des 3. Modultyps	[LELKW03]
th. Leistung des 1. Modultyps	[LTHKW01]
th. Leistung des 2. Modultyps	[LTHKW02]
th. Leistung des 3. Modultyps	[LTHKW03]

Ist der entsprechende Motorentyp in der "Motorendatei" (s. Kap. 3) mit seinen technischen Daten vorhanden, so werden diese Felder mit den Daten dieser Datei aufgefüllt.

Kombinationstechnologien [KOMBT]

Steht die Kraft-Wärme-Kopplungsanlage noch mit anderen Maschinen in Verbindung, oder hat sie Besonderheiten aufzuweisen, so werden diese hier aufgeführt, u. a.:

KWK ⁴ mit Heißkühlung KWK in Verbindung mit Kühlanlagen bzw. Kältemaschinen, Klimatisierung KWK in Verbindung mit Wärmepumpen (z. B. Tandemanlagen) KWK in Verbindung mit Solaranlagen KWK in Verbindung mit Kompressoren Besonderheiten der Kesselanlage (z. B. Wärmerückgewinnung mit Abhitzekeessel) KWK in Verbindung mit Windenergieanlagen KWK im Inselbetrieb	
Tab. 2.4-5	Beispiele Kombinationstechnologien [KOMBT]

Temperaturen des Heizwassers (in °C)

Vorlauftemperatur [TVORLAUF]

Rücklauftemperatur [TRUECKLAUF]

⁴ KWK - hier Erzeugung von Strom und Wärme

Schadstoffreduzierungsmaßnahmen

Schadstoffreduzierung des 1. Modultyps [SRED1]

Schadstoffreduzierung des 2. Modultyps [SRED2]

Schadstoffreduzierung des 3. Modultyps [SRED3]

In diesen Feldern stehen die entsprechenden Kennungen der Schadstoffreduzierungsmaßnahmen an den Motoren nach Tab. 2.4-6. Ist der Motortyp einer Referenzanlage bekannt, aber nicht die Maßnahme der Schadstoffreduzierung, so wird dieses Feld wiederum mit den Daten aus der "Motorendatei" aufgefüllt.

1	geregelter Katalysator
2	Magermotor
3	SCR-Verfahren
4	Sonstige
5	Keine
6	nachrüstbar mit Katalysator
7	nachrüstbar als Magermotor
8	nachrüstbar mit Kat. oder als Magermotor
9	ungeregelter Katalysator
Tab. 2.4-6	Kennzahlen für Schadstoffrückhaltemaßnahmen [SRED1-3]

Hersteller-Schadstoffreduzierungsmaßnahme [SREDHERST]

Die Kennung von z. B. Katalysatoren-Herstellern (nach Tab. 2.4-7) findet man in diesem Feld.

D	Degussa
E	Engelhard
H	Heraeus.
Tab. 2.4-7	Kennung der Hersteller-Schadstoffreduzierung [SREDHERST]

Brennstoffe

Die Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen werden mit Brennstoffen nach untenstehender Liste, die wiederum für jeden Brennstoff eine Kennung enthält, betrieben.

Hauptbrennstoff [BRENN1]
2. Brennstoff (Reserve-) [BRENN2]

1	Erdgas
2	Klärgas
3	Wasserstoffgas
4	Biogas
5	Deponiegas
6	Flüssiggas (Propan-, Butan-)
7	Kokereigas (Stadtgas)
8	Heizöl leicht/Diesel
9	Heizöl schwer/Schweröl
10	Pyrolysegas
11	Holzgas
12	Erdölgas
13	Erdgas-Diesel Gemisch
Tab. 2.4-8	Kennziffer Brennstoffe [BRENN1, BRENN2]

Wenn es bei der Bearbeitung von Referenzlisten unklar war, welcher der Hauptbrennstoff ist, so wurde nach Tab. 2.4-9 vorgegangen.

Hauptbrennstoff	2. Brennstoff	3. Brennstoff (s. Anmerkungen)
Erdgas	Diesel Flüssiggas	- -
Klärgas	Erdgas Diesel Flüssiggas Erdgas Erdgas	- - - Diesel Biogas
Biogas	Erdgas Erdgas Erdgas	- Klärgas Diesel
Deponiegas	andere Brennstoffe	-
Tab. 2.4-9	Priorität Brennstoffe	

- Stehen 3 Brennstoffe zur Verfügung, u. a. Klär- und Biogas, so entscheidet der Einsatzfall, welcher Brennstoff in der Datei als Hauptbrennstoff eingesetzt wird (Kläranlage => Hauptbrennstoff Klärgas, landwirtschaftlicher Betrieb => Hauptbrennstoff Biogas).

Wird als Hauptbrennstoff ein gasförmiger Brennstoff, und als 2. Brennstoff ein Flüssigbrennstoff (in unserem Fall Heizöl-leicht) angegeben, so bestehen 4 Kombinationsmöglichkeiten verschiedener Motorentypen bei der Referenzanlage.

- a) Gasmotor/Dieselmotor
- b) Gasmotor/Dieselmotor/Diesel-Gas-Motor
- c) Gasmotor/Diesel-Gas-Motor
- d) Diesel-Gas-Motor (Zündstrahlmotor)

Anhand der Bezeichnung des Aggregates kann man erkennen, um welchen Typ es sich hierbei handelt (s. Kap. 3.).

Typ	Aggregatbezeichnung	Beispiel
Gasmotor	G	G 234V12
Dieselmotor	D	TBD 44V12
Diesel-/Gasmotor (Zündstrahlmotor)	DG	DG 440L6

Jahr der Inbetriebnahme

Inbetriebnahme der Anlage	[IBETN1]
1. Nachrüstung von Aggregaten	[IBETN2]
2. Nachrüstung von Aggregaten	[IBETN3]

Das Jahr der Inbetriebnahme wurde bei im Bau befindlichen Anlagen um 1 Jahr verschoben (Bauzeit).

Listen von Herstellern enthielten zum Teil nur das Datum der Bestellung oder Lieferung der Anlage. In diesen Fällen wurde bei den Herstellern rückgefragt oder, falls vorhanden, die Information der Betreiber eingegeben.

Elektrischer und thermischer Wirkungsgrad der eingesetzten BHKW-Module (Motoren)

- el. Wirkungsgrad des 1. Modultyps [WGREL01]
- el. Wirkungsgrad des 2. Modultyps [WGREL02]
- el. Wirkungsgrad des 3. Modultyps [WGREL03]
- th. Wirkungsgrad des 1. Modultyps [WGRTH01]
- th. Wirkungsgrad des 2. Modultyps [WGRTH02]
- th. Wirkungsgrad des 3. Modultyps [WGRTH03]

Ist der entsprechende Motorentyp in der "Motorendatei" (s. Kap. 3) mit seinen technischen Daten vorhanden, so werden die Felder mit den Daten dieser Datei aufgefüllt.

Elektrische und thermische Gesamtleistung der Referenzanlagen nach Betreiberinformationen (in kW)

el. Leistung der Anlage [LELKWG]

th. Leistung der Anlage [LTHKWG]

In diese Felder wurden Betreiberdaten eingegeben. Es wurde also u. a. auch berücksichtigt, wenn die thermische Leistung nicht vollständig genutzt wird. Waren die Angaben der Betreiber jedoch unvollständig, so wurden die Daten der Hersteller eingesetzt.

Elektrische und thermische Gesamtleistung der Referenzanlagen nach Herstellerinformationen (in kW)

el. Leistung der Anlage [LELNEU]

th. Leistung der Anlage [LTHNEU]

Die Leistungsangaben in diesen Feldern bilden die Grundlage für die Berechnung energetischer Kenngrößen (s. Kap. 5).

Die Felder werden vorerst mit den Angaben der Betreiber gefüllt. Anschließend werden innerhalb der BHKW-Referenzanlagendatenbank die Gesamtleistungen über die Leistungsangaben der einzelnen Module errechnet und eingesetzt. Die Betreiberdaten werden also mit den errechneten Werten (Herstellerangaben) überschrieben, sofern die jeweiligen Aggregattypen der Anlagen bekannt sind.

Die in den Herstellerlisten aufgeführten Leistungsangaben beziehen sich auf die Leistung der Motoren und nicht auf die tatsächlich erbrachten Leistungen der Referenzanlagen.

Abwärmenutzung [LTHUNBEKA]

Diese logische Variable wurde eingeführt, um zu veranschaulichen, ob die ther-

mische Gesamtleistung der Anlage nach Betreiberangaben unbekannt (in dem Feld steht ein T für True) oder gleich Null ist, da es u. a. bei Deponiegasanlagen des öfteren vorkommt, daß die anfallende Wärme nicht genutzt wird.

In beiden Fällen steht im Feld thermische Leistung nach Betreiberangaben [LTHKWG] eine 0.

Elektrischer-, thermischer und Gesamtnutzungsgrad der Referenzanlagen

elektrischer Anlagennutzungsgrad	[WGRELGES]
thermischer Anlagennutzungsgrad	[WGRTHGES]
Gesamtnutzungsgrad der Anlage	[WGRGES]

Die Nutzungsgrade werden nach (Kap. 5.3) errechnet und in die entsprechenden Felder eingesetzt.

Typenbezeichnung der Module (Motoren)

Typenbezeichnung des 1. Moduls [AGGREGAT1]

Typenbezeichnung des 2. Moduls [AGGREGAT2]

Typenbezeichnung des 3. Moduls [AGGREGAT3]

Findet sich der in die BHKW-Datei eingegebene Modultyp in der "Motorendatei", so werden die Leistungen und Wirkungsgrade sowie die Schadstoffreduzierungsmaßnahme des entsprechenden Motortyps in die Datei der BHKW-Referenzanlagen übertragen.

Einsatzfälle von Blockheizkraftwerken [EINSATZ]

In diesem Feld steht die entsprechende Kennung des Einsatzfalles nach Tab. 2.4-10.

Unter Berücksichtigung von Energiekonzepten sind hier mehrere Eingaben offen gehalten.

Bei Deponie- und Klärgasanlagen ist aufgrund der speziellen Bedarfscharakteristiken dieser Anlagen nur eine Eingabe offen gehalten - diese Anlagen werden bei der Berechnung energetischer Kenngrößen anders behandelt (s. Kap. 5.4.1).

A	INDUSTRIE- UND GEWERBE
A01	Brauerei/Mälzerei
A02	Molkerei
A03	Gärtnerei/Saatzucht
A04	Kaufhaus/Supermarkt
A05	Brotfabrik
A06	Hotel/Gaststätte/Pension
A07	Landwirtschaft/Tierhaltung
A08	Textilindustrie
A09	Metallindustrie
A10	Wäscherei
A11	Metzgerei/Fleischfabrik/Schlachtere
A12	Sägewerk/Holzverarbeitung
A13	Müllpyrolyse
A14	Kunststoffverarbeitung
A15	Kosmetika-Herstellung
A16	Zigarettenfabrik
A17	KFZ-Betrieb/-industrie/-handel/Autohaus
A18	Nahrungsmittelindustrie/-gewerbe (sonstige)
A19	Brennerei
A20	Verpackungsindustrie
A21	Baustoffindustrie
A22	Papierindustrie
A23	Kieswerk
A24	Elektrobranche/-industrie
A25	Banken/Versicherungen
B	ÖFFENTLICHE GEBÄUDE
B01	Sport- und Freizeiteinrichtungen
B02	Verwaltungsgebäude
B03	Veranstaltungsgebäude
B04	Schule (incl. Berufsschulen)
B05	Vollzugsanstalt
B06	Altenwohnheim/Altenpflegeheim/Sanatorium/Kurheim bzw. -anlage
B07	Kloster
B08	Wasserwerk
B09	Militärische Einrichtungen
B10	Behindertenheim
B11	
B12	Elektrizitätswerk
B13	Universität/Hochschule/Fachhochschule/Akademie
B14	Sonstige Bildungseinrichtungen (Volkshochschule, Bundesfinanzschule, Berufsbildungswerk)
B15	Soziale Einrichtungen
C	PRIVATE GEBÄUDE
C01	Wohngebäude
D	SCHWIMMBAD/HALLENBAD
E	KRANKENHAUS (INCL. KURKLINIK)
F	KLÄRANLAGE
G	DEPONIE
H	ÖFFENTLICHE VERSORGUNG
I	VERSUCHSANLAGE/FORSCHUNGSANLAGE
Tab. 2.4-10 Kennung der Einsatzfälle [EINSATZ]	

Objekte [OBJEKT]

Es handelt sich um ein Textfeld, in dem zusätzliche Informationen abgelegt werden können über

- Objekte, in denen sich eine Kraft-Wärme-Kopplungsanlage befindet
- Objekte, die die anfallende Wärme nutzen.

Anmerkungen [ANMERKUNG]

In diesem Feld stehen in Textform Zusatzinformationen zur Verfügung, u. a. über

- Temperaturen und Dampfleistung bei Heißkühlung
- Abgastemperaturen
- Klärgasvollentschwefelung
- Betriebsstunden
- Sonstige Maßnahmen zur Verringerung des Schadstoffausstoßes
- Umbau von Anlagen
- Methan-Anteil bei Klärgasnutzung
- vom Motor angetriebene Maschinen
- Besonderheiten der Anlage
- 3. Brennstoff
- Literaturhinweise und sonstige Anmerkungen

2.5 Probleme bei der Erstellung der Datenbank

- In den Herstellerlisten werden unter der Rubrik Betreiber auch Zwischenlieferanten oder Besteller von Blockheizkraftwerken aufgeführt
- Listen der Hersteller genügen den Anforderungen der Datenbank nicht und weisen unterschiedliche Strukturen auf

- Verschiedene Listen weisen für eine Referenzanlage unterschiedliche Daten bezüglich des Jahres der Inbetriebnahme aus. Ist die Differenz größer als 15 Jahre, so kann davon ausgegangen werden, daß die Module vollständig ausgetauscht wurden. In anderen Fällen ist eine Rücksprache erforderlich.
- In den Herstellerlisten wird u. a. bei Kläranlagen die mechanische Leistung angegeben. Für die Umrechnung in die elektrische Leistung wurde hier ein Generatorwirkungsgrad von $\eta_{\text{gen}} = 0,94$ angesetzt ($P_{\text{el}} = \eta_{\text{gen}} \cdot P_{\text{mech}}$).
- Da einige Hersteller in ihren Listen bei den Standorten der BHKW's keine Angaben zur Postleitzahl gemacht haben, - kam es vor, daß der Standort bei Namensgleichheit von Ortschaften erst nach Rücksprache ausfindig gemacht werden konnte.
- Eine Gefahr der Doppeleingabe von BHKW ist gegeben, da häufiger verschiedene Herausgeber von Listen für ein BHKW verschiedene Standorte angeben (Vororte, eingemeindete Orte, auch Sitz des Bestellers). Nach vorläufiger Fertigstellung der Liste wurde diese jedoch nochmals nach Postleitzahlen, sowie nach Ortschaften sortiert, daraufhin überprüft.
- Stilllegungen von Anlagen sind aus den Listen nicht ersichtlich, diese können nur durch die VDEW-Umfrage bei ihren Mitgliedsunternehmen festgestellt werden.
- Es ist nicht deutlich, ob eine Anlage nach den Kriterien (s. Kap. 2.1 u. 2.2) einzugeben ist oder nicht, da in den Listen die entsprechenden Informationen fehlen.
Die Hersteller geben im allgemeinen die Leistungsdaten der Module an. Ein Einsatz der Motoren als Notstromaggregate kann aber hierbei beispielsweise nicht ausgeschlossen werden.

Viele der Probleme können durch Rücksprache mit Herstellern, Betreibern, Lieferanten oder Versorgungsunternehmen ausgeräumt werden. In anderen Fällen ist es möglich, unterschiedliche Angaben verschiedener Listen über eine Plausibilitätsprüfung der Daten zu durchleuchten (z. B.: Totemaggregat \neq Notstromaggregat, bei den verschiedenen Modultypen sind nur bestimmte Abgasreinigungsverfahren möglich, BHKW mit Katalysator lassen nur bestimmte Brennstoffe zu, ... u. a. m.).

Bei der Fortschreibung der Datenbank soll in Zukunft gewährleistet werden, daß die zu bearbeitenden Listen eine einheitliche Struktur und somit eine andere Qualität aufweisen. Viele Unklarheiten können somit schon im Vorfeld beseitigt werden.

2.6 Fortschreibung der Datenbank

Es ist wichtig, daß die Datenbank der Referenzanlagen auf dem neusten Stand gehalten wird. Die Fortschreibung und Datenpflege wird das

Fachinformationszentrum Karlsruhe
Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Informationen mbH
Meckenstraße 57
5300 Bonn 1

im Rahmen der Erstellung eines Informationssystems - kommunale Energieversorgung (KEV) übernehmen. Grundlage hierfür wird u. a. eine organisierte, in regelmäßigen Zeitintervallen stattfindende Umfrage an Energieversorgungsunternehmen, Betreiber, Verbände und Hersteller bzw. Lieferanten von Blockheizkraftwerken sein.

3. Motoren für Blockheizkraftwerke [MOTOREN.DBF]

3.1 Abgrenzung

Die Grundlage zur Erstellung der Datenbank bildeten technische Unterlagen der Hersteller von Aggregaten.

Aufgenommen wurden Gas-, Diesel- und Diesel/Gas-Verbrennungskraftmaschinen, welche in Blockheizkraftwerken zum Einsatz kommen. Die verschiedenen Aggregattypen werden u. a. auch als Kompakt-Module geliefert.

Die Motoren-Datei bildet die Grundlage für die Berechnung energetischer Kenngrößen und Emissionsbilanzen von BHKW-Referenzanlagen. Sind die Motorentypen einer Anlage bekannt, so werden die Leistungsdaten und Wirkungsgrade in die Datenbank der Referenzanlagen übertragen und stehen dort für die weiteren Berechnungen zur Verfügung (s. Kap. 5.3).

Es sind zur Zeit ca. 250 Aggregattypen erfaßt.

3.2 Datenbankstruktur

Feld	Feldname	Typ	Länge	Dez
1	NR	Numerisch	3	
2	FIRMA	Zeichen	20	
3	TYP	Zeichen	14	
4	W_EL	Numerisch	6	1
5	W_TH	Numerisch	6	1
6	W_MECH	Numerisch	6	1
7	ETA_EL	Numerisch	4	2
8	ETA_TH	Numerisch	4	2
9	ETA_MECH	Numerisch	4	2
10	ETA_GES	Numerisch	4	2
11	PRIMÄRVERB	Numerisch	7	1
12	TVORLAUF	Numerisch	3	
13	TRUCK_MIN	Numerisch	2	
14	TRUCK_MAX	Numerisch	2	
15	TABGAS	Numerisch	3	
16	SRED1	Numerisch	1	

17	NOX_MIN	Numerisch	4
18	NOX_MAX	Numerisch	4
19	CO_MIN	Numerisch	3
20	CO_MAX	Numerisch	3
21	HC_MIN	Numerisch	3
22	HC_MAX	Numerisch	3
23	SYNCHRON	Logisch	1
24	ASYNCHRON	Logisch	1
25	DREHZAHL	Numerisch	4
26	DIESEL	Logisch	1
27	GAS_DIESEL	Logisch	1

Motoren für Blockheizkraftwerke

Nr.

Hersteller

Motortyp

Diesel ?

Gas-Diesel ?

elektrische Leistung (kW)

thermische Leistung (kW)

mechanische Leistung (kW)

 η_{el} η_{th} η_{mech} η_{ges}

Brennstoffverbrauch (kW)

Vorlauftemperatur (°C)

min. Rücklauftemperatur (°C)

max. Rücklauftemperatur (°C)

Abgastemperatur (°C)

Abgasreinigungsverfahren

min. NO_x-Ausstoß (mg/Nm³)max. NO_x-Ausstoß (mg/Nm³)min. CO-Ausstoß (mg/Nm³)max. CO-Ausstoß (mg/Nm³)min. HC-Ausstoß (mg/Nm³)max. HC-Ausstoß (mg/Nm³)

Synchronmotor

Asynchronmotor

Motordrehzahl (1/min)

3.3 Inhalte der Datenbank-Motoren

Nummer des Aggregates Motorenhersteller Typenbezeichnung des Motors elektrische, thermische und mechanische Leistung der Motoren elektrischer, thermischer, mechanischer und Gesamtwirkungsgrad der Motoren Primärenergieverbrauch/Brennstoffleistung Temperaturen des Heizwassers Temperatur der Abgase Schadstoffreduzierungsmaßnahme Emissionen Generatorprinzip Drehzahl des Motors bei Nennleistung Brennstoffe bei verschiedenen Motortypen	
Tab. 3.3-1	Inhalte der Datenbank Motoren

Nummer des Aggregates [NR]

Jedes Aggregat erhält bei der Eingabe eine lfd. Nummer, da sich beispielsweise beim Herauslöschten von Datensätzen (Motortyp wird aus der Produktion herausgenommen) die Satznummern von Aggregaten verändern.

Motorenhersteller [FIRMA]

In diesem Feld steht der Hersteller bzw. der Lieferant des eingegebenen Motorentyps.

Typenbezeichnung des Motors [TYP]

Die Bezeichnung des Motorentyps ist das Kriterium für die Übertragung technischer Daten in die Datenbank der BHKW-Referenzanlagen. Ist der Motorentyp mit einem der Aggregattypen in der Datei der BHKW-Referenzanlagen identisch, so werden die Leistungen (elektrisch, thermisch), die Wirkungsgrade (elektrisch, thermisch) und die Schadstoffreduzierungsmaßnahme in die entsprechenden Felder der BHKW-Datenbank übertragen und stehen dort für weitere Berechnungen zur Verfügung.

Elektrische, thermische und mechanische Leistung der Motoren (in kW)

elektrische Leistung [W_EL]

thermische Leistung [W_TH]

mechanische Leistung [W_MECH]

Die Leistungsangaben beziehen sich immer auf die angegebenen Abgasreinigungsverfahren, bei Gasmotoren unter Einsatz von Erdgas, bei Dieselmotoren unter Einsatz von Heizöl leicht und bei Diesel-/Gas-Motoren im Dieselbetrieb. Es werden die Leistungen bei Vollast angegeben (Nennleistung).

Da in einigen Herstellerunterlagen die thermische Leistung in ihre Komponenten zerlegt wurde, ist noch zu bemerken, daß sich die thermische Gesamtleistung aus der Wärme des Kühlwassers, des Öls und der Abgase zusammensetzt. Strah-

lungswärme kann nicht direkt genutzt werden.

Fehlende Leistungsangaben werden nach Kap. 5.3 berechnet. Datentransfer siehe Typenbezeichnung des Motors.

Elektrischer, thermischer, mechanischer und Gesamtwirkungsgrad der Motoren

elektrischer Wirkungsgrad [ETA_EL]

thermischer Wirkungsgrad [ETA_TH]

mechanischer Wirkungsgrad [ETA_MECH]

Gesamtwirkungsgrad [ETA_GES]

Fehlende Angaben werden nach Kap. 5.3 berechnet. Datentransfer siehe Typenbezeichnung des Motors.

Primärenergieverbrauch (in kW) [PRIMÄRVERB]

Der Primärenergieverbrauch bzw. die Brennstoffleistung (Primärleistung) der Motoren wird mit einer Toleranz von $\pm 5\%$ angegeben (lt. Hersteller).

Fehlende Angaben werden nach Kap. 5.3 berechnet.

Temperaturen des Heizwassers (in °C)

Vorlauftemperatur [TVORLAUF]

min. Rücklauftemperatur [TRUCK_MIN]

max. Rücklauftemperatur [TRUCK_MAX]

Temperatur der Abgase (in °C) [TABGAS]

Es werden die Temperaturen hinter dem Abgaswärmetauscher eingegeben (Abgas-temperatur bei Otto-Gasmotoren in der Regel 120°C, bei Diesel-Gasmotoren 180°C).

Schadstoffreduzierungsmaßnahme [SRED1]

In diesem Feld steht die entsprechende Kennung des Abgasreinigungsverfahrens an dem Modul nach untenstehender Liste.

Datentransfer siehe Typenbezeichnung des Motors.

1	geregelter Katalysator
2	Magermotor
3	SCR-Verfahren
4	Sonstige
5	Keine
6	nachrüstbar mit Katalysator
7	nachrüstbar als Magermotor
8	nachrüstbar mit Katalysator oder als Magermotor
9	ungeregelter Katalysator
Tab. 3.3-2	Abgasreinigungsverfahren [SRED1]

Emissionen (in mg/Nm³)

min. NO_x-Ausstoß [NOX_MIN]

max. NO_x-Ausstoß [NOX_MAX]

min. CO-Ausstoß [CO_MIN]

max. CO-Ausstoß [CO_MAX]

min. HC-Ausstoß [HC_MIN]

max. HC-Ausstoß [HC_MAX]

Die Angaben beziehen sich auf die angegebenen Abgasreinigungsverfahren, bezogen auf 5 % O₂ im Abgas bei Nennleistung.

Generatorprinzip

Synchron -Generator [SYNCHRON]

Asynchron-Generator [ASYNCHRON]

In diesen Feldern wird gekennzeichnet, ob der Motor einen Synchron- oder einen Asynchrongenerator antreibt.

Drehzahl des Motors bei Nennleistung (in 1/min) [DREHZAHL]

Werden die technischen Daten für einen Motor bei Drehzahlen von 1500/min und 1800/min angegeben (Synchrongenerator), so wurden in diesem Fall die Angaben bei 1500/min in die Datenbank eingegeben, da die Ausführung des Moduls bei 1800/min in der Regel für den Export bestimmt ist.

Brennstoffe bei verschiedenen Motortypen [DIESEL, GAS_DIESEL]

Über logische Variablen wird hier gekennzeichnet, um welchen Motortyp es sich handelt

Typ	[DIESEL]	[GAS_DIESEL]
Gasmotor	F	F
Dieselmotor	T	F
Diesel-/Gasmotor (Zündstrahlmotor)	F	T

T = true (wahr)

F = false (unwahr)

3.4 Fortschreibung der Datenbank

Im Zuge technischer Verbesserungen ist es wichtig, die Datenbank auf dem neuesten Stand zu halten. Neue Modultypen werden hinzukommen, veraltete Module werden aus der Produktion heraus genommen werden. Auch kommt es vor, daß an bestehenden Modulen Veränderungen vorgenommen werden, die sich u. a. auf

die Leistungsangaben und die Wirkungsgrade auswirken.

Die Fortschreibung und Datenpflege wird das Fachinformationszentrum Karlsruhe (Adresse s. Kap. 2.6) übernehmen. Grundlage werden die technischen Datenblätter der Hersteller sein. Die Daten werden im Rahmen der Umfrage bei den Herstellern bzw. Lieferanten von Blockheizkraftwerken erfragt werden.

4. Berechnungsgrundlagen

Für die Berechnung energetischer Kenngrößen von BHKW-Referanzanlagen stehen Informationen zur Verfügung, die Angaben über Vollbenutzungsstunden der Motoren, Anteil des Spitzenkessels am Jahresheizwärmebedarf, Nutzungsgrade, spezifische Emissionsfaktoren und Klärschlamm-/Gasanfall in der BRD enthalten.

Die Werte der spezifischen Emissionsfaktoren basieren auf der Zusammenstellung von energiebezogenen Emissionsdaten /ÖKO 1989/.

Vollbenutzungsstunden (BHKW)	4500 h/a
Vollbenutzungsstunden (Deponiegasanlage)	8000 h/a
Vollbenutzungsstunden (Kläranlage)	7000 h/a
Spitzenkesselanteil (Jahresheizwärmebedarf)	0,35
Nutzungsgrad (Kondensationskraftwerk)	0,38
Nutzungsgrad (Gas-Brennwertkessel)	0,99
Nutzungsgrad (Öl-Brennwertkessel)	0,95
Nutzungsgrad (Spitzenkessel)	0,88
Verteilungsnutzungsgrad (Wärmenetz)	0,92
Tab. 4-1	Grundlagen zur Berechnung

Bezeichnung	Wert	Einheit
BHKW, Spitzenkessel (Erdgas)	55	t/TJ
BHKW, Spitzenkessel (Klär gas, Faulgas, Biogas)	0	t/TJ
BHKW, Spitzenkessel (Wasserstoffgas)	0	t/TJ
BHKW, Spitzenkessel (Deponiegas) ⁵	95	t/TJ
BHKW, Spitzenkessel (Flüssiggas)	64	t/TJ
BHKW, Spitzenkessel (Heizöl leicht/Diesel)	73	t/TJ
BHKW, Spitzenkessel (Holzgas)	0	t/TJ
BHKW, Spitzenkessel (Erdöl gas)	55	t/TJ
BHKW (Erdgas-Diesel Gemisch) ⁶	56	t/TJ
Steinkohle-Kondensationskraftwerk (Mittellast)	93	t/TJ
Kondensationskraftwerk (Kraftwerkspark)	65	t/TJ
Brennwertkessel (Erdgas)	55	t/TJ
Brennwertkessel (Heizöl leicht)	73	t/TJ
Tab. 4-2	Spezifische Emissionsfaktoren (CO ₂)	

⁵ Gaszusammensetzung - 55 % Methan, 40 % Kohlendioxid, 5 % Stickstoff /DEPOGAS 1988/

⁶ Bei einer Zugabe von Dieselöl von 5 %

Bezeichnung	Wert	Einheit
BHKW, Spitzenkessel (Erdgas)	0,3	kg/TJ
BHKW, Spitzenkessel (Klärgas, Faulgas, Biogas)	26,0	kg/TJ
BHKW, (Klärgas, Faulgas, Biogas) - TOTEM	13,0	kg/TJ
BHKW, Spitzenkessel (Wasserstoffgas)	0,0	kg/TJ
BHKW, Spitzenkessel (Flüssiggas)	0,0	kg/TJ
BHKW, Spitzenkessel (Heizöl leicht/Diesel)	75,0	kg/TJ
BHKW, Spitzenkessel (Holzgas)	0,0	kg/TJ
BHKW, Spitzenkessel (Erdölgas)	1,4	kg/TJ
BHKW (Erdgas-Diesel Gemisch)	4,0	kg/TJ
Steinkohle-Kondensationskraftwerk (Mittellast)	71,0	kg/TJ
Kondensationskraftwerk (Kraftwerkspark)	50,0	kg/TJ
Brennwertkessel (Erdgas)	0,3	kg/TJ
Brennwertkessel (Heizöl leicht)	75,0	kg/TJ
Tab. 4-3	Spezifische Emissionsfaktoren (SO ₂)	

Vorgabe	Bezeichnung	Wert	Einheit
TA-Luft	Blockheizkraftwerk (Erdgas)	157	kg/TJ
"	Blockheizkraftwerk (Wasserstoffgas)	157	kg/TJ
"	Blockheizkraftwerk (Heizöl leicht/Diesel)	1200	kg/TJ
"	Blockheizkraftwerk ab 5MWel (Heizöl leicht/Diesel)	256	kg/TJ
Magermotor	Blockheizkraftwerk (Erdgas)	125	kg/TJ
"	Blockheizkraftwerk (Klär gas, Faulgas, Biogas)	83	kg/TJ
"	Blockheizkraftwerk (Wasserstoffgas)	125	kg/TJ
"	Blockheizkraftwerk (Flüssiggas)	126	kg/TJ
"	Blockheizkraftwerk (Holzgas)	126	kg/TJ
"	Blockheizkraftwerk (Erdöl gas)	126	kg/TJ
Katalysator	Blockheizkraftwerk (Erdgas)	63	kg/TJ
"	Blockheizkraftwerk (Klär gas, Faulgas, Biogas) - best	50	kg/TJ
"	Blockheizkraftwerk (Wasserstoffgas)	63	kg/TJ
"	Blockheizkraftwerk (Flüssiggas)	78	kg/TJ
SCR-Verf.	Blockheizkraftwerk (Erdgas)	125	kg/TJ
"	Blockheizkraftwerk (Wasserstoffgas)	125	kg/TJ
"	Blockheizkraftwerk (Heizöl leicht/Diesel) - best	320	kg/TJ
"	Blockheizkraftwerk ab 5MWel (Heizöl leicht/Diesel) - best	144	kg/TJ
Standard	Spitzenkessel (Erdgas) (1)	55	kg/TJ
"	Spitzenkessel (Klär gas, Faulgas, Biogas)	59	kg/TJ
"	Spitzenkessel (Wasserstoffgas)	55	kg/TJ
"	Spitzenkessel (Flüssiggas)	56	kg/TJ
"	Spitzenkessel (Heizöl leicht/Diesel)	40	kg/TJ
"	Spitzenkessel (Holzgas)	56	kg/TJ
"	Spitzenkessel (Erdöl gas)	56	kg/TJ
"	Steinkohle-Kondensationskraftwerk (Mittellast) - best	35	kg/TJ
"	Kondensationskraftwerk (Kraftwerkspark) - best	24	kg/TJ
"	Brennwertkessel (Erdgas) - best	30	kg/TJ
"	Brennwertkessel (Heizöl leicht) - best	40	kg/TJ
beste Syst.	Blockheizkraftwerk (Erdgas)	16	kg/TJ
"	Blockheizkraftwerk (Wasserstoffgas)	16	kg/TJ
"	Blockheizkraftwerk (Flüssiggas)	15	kg/TJ
"	Blockheizkraftwerk (Holzgas)	16	kg/TJ
"	Blockheizkraftwerk (Erdöl gas)	16	kg/TJ
"	Kessel (Erdgas) (2)	5	kg/TJ
"	Kessel (Klär gas, Faulgas, Biogas)	27	kg/TJ
"	Kessel (Wasserstoffgas)	5	kg/TJ
"	Kessel (Flüssiggas) (2)	5	kg/TJ
"	Kessel (Heizöl leicht/Diesel) (3)	25	kg/TJ
"	Kessel (Holzgas)	25	kg/TJ
"	Kessel (Erdöl gas)	25	kg/TJ
Tab. 4-4	spezifische Emissionsfaktoren (NO _x)		

(1) Gas-Heizung mit Gebläseburner

(2) Gas-Heizung mit Gebläseburner und 3-Wege-Katalysator (Lambdasonde)

(3) Hei-Heizung mit Raketenburner

Mit Hilfe der untenstehenden Daten lassen sich Bilanzen erstellen, welche die Nutzung von Klärgas für die Energieerzeugung auf Kläranlagen und die vorhandenen Gaspotentiale in der Bundesrepublik abwägen. Erfahrungswerte für den Energiegehalt produzierter Gasmengen aus Klärschlamm und die Umrechnung auf die entsprechenden Einwohnergleichwerte sind dem Artikel 'Faulgas aus Klärschlamm' /Loll 1987/ entnommen. Die Zahlen über die Mengen des jährlichen Klärschlammmanfalls pro Bundesland entstammen aus 'Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung' /StBU 1983/. Eine Aktualisierung der Daten ist nach Erscheinung der neuesten statistischen Werte geplant.

Bundesland	Schlammmenge (m ³)	EW-Wert ('Einwohner-Wert')	Gasanfall (m ³ /(EW*a))	anfallende Energie (GWh/(EW*a))
Schleswig-Holstein	1526100	3183200	19735850	126,30
Hamburg	1063800	2218920	13757290	88,04
Niedersachsen	4473200	9330380	57848360	370,23
Bremen	258100	538360	3337800	21,36
Nordrhein-Westfalen	17282800	36049160	223504800	1.430,43
Hessen	4249000	8862740	54948960	351,67
Rheinland-Pfalz	3288700	6859700	42530160	272,19
Baden-Württemberg	7735700	16135440	100039700	640,25
Bayern	7203600	15025560	93158470	596,21
Saarland	380600	793870	4922000	31,50
Berlin (West)	2398400	5002680	31016610	198,50
Bundesrepublik Deutschland	49860000	104000010	644800000	4.126,68
Literaturhinweis: /Menje 1989/				
Tab. 4-5	Klärschlamm und Gasanfall in der Bundesrepublik Deutschland			

5. Berechnung energetischer Kenngrößen

In diesem Kapitel sollen Rechengvorgänge beschrieben werden, die dazu dienen,

- nach einer Neueingabe oder Änderung von Daten in der BHKW-Referenzanlagen - oder Motorendatenbank fehlende Kenngrößen zu ermitteln und in die entsprechenden Datenbanken einzusetzen. Dies schließt auch eine Übertragung von Daten aus der Motorendatei in die Daten der BHKW-Referenzanlagen ein. Somit ist eine Aktualisierung der beiden Datenbanken gewährleistet (s. Kap. 5.3)
- unplausible Eingangsdaten zu korrigieren
- die Referenzanlagen von Blockheizkraftwerken mit energetischen Kenngrößen und Emissionsbilanzen zu dokumentieren.

5.1 Abgrenzungen, Randbedingungen

- bei Anlagen in Kombination mit weiteren Technologien, z. B. Tandemanlagen, wird ausschließlich die Seite der Kraft-Wärme-Kopplung bei Strom- und Wärmeerzeugung betrachtet
- eine Heißkühlung wird in den Berechnungen vorläufig nicht berücksichtigt
- bei der Berechnung der eingesparten Primärenergie bei Deponiegasanlagen findet die thermische Nutzung keine Berücksichtigung, da in vielen Anlagen die anfallende Wärme nicht oder nur zum Teil genutzt wird und Betriebsdaten nicht vorliegen
- den Berechnungen liegen die technischen Daten der Motoren zu Grunde; eine Berechnung der Stromkennziffer mit den Leistungsangaben der Betreiber würde beispielsweise bei unvollständiger thermischer Nutzung einen unplausiblen Wert

ergeben. Es wird also davon ausgegangen, daß die Wärme voll genutzt wird. Eine Ausnahme stellen die Deponiegasanlagen dar; hier wird ausschließlich mit den Leistungsangaben der Betreiber gerechnet (bei der Berechnung der Stromkennziffer, der Jahresstromerzeugung und der eingesparten Primärenergie), da bei diesen Anlagen eine unvollständige thermische Nutzung realistisch ist. Stromkennziffern größer als 1 können daher in diesen Fällen vorkommen.

- Kenngrößen, die aus dem vorhandenen Datenmaterial nicht errechnet werden können, oder nach Berechnung unplausibel erscheinen, bekommen innerhalb der Berechnungsprogramme einen realistischen Wert zugewiesen. Anschließend findet mit diesen Werten eine Neuberechnung statt (Kap. 5.3/5.4).

Ansätze: Generatorwirkungsgrad $\eta_{\text{gen}} = 0,94$

Gesamtnutzungsgrad
der Referenzanlage $\eta_{\text{ges}} = 0,86$

Stromkennziffer
(Heizöl,
Erdgas-Diesel Gemisch) $\delta = 0,8$

Stromkennziffer
(andere Brennstoffe) $\delta = 0,6$

5.2 Der Formelapparat

Berechnung der Leistungen einzelner Aggregate

$$P_{el} = \eta_{el} * \dot{W}_{pr} = \eta_{gen} * P_{mech}$$

$$P_{mech} = \eta_{mech} * \dot{W}_{pr} = \frac{P_{el}}{\eta_{gen}}$$

$$P_{th} = \eta_{th} * \dot{W}_{pr}$$

Berechnung der Wirkungs- und Nutzungsgrade einzelner Aggregate

$$\eta_{el} = \frac{P_{el}}{\dot{W}_{pr}} = \eta_{gen} * \eta_{mech} \qquad \eta_{th} = \frac{P_{th}}{\dot{W}_{pr}}$$

$$\eta_{mech} = \frac{P_{mech}}{\dot{W}_{pr}} = \frac{\eta_{el}}{\eta_{gen}} \qquad \eta_{gen} = \frac{\eta_{el}}{\eta_{mech}} = \frac{P_{el}}{P_{mech}}$$

$$\eta_{ges} = \eta_{el} + \eta_{th}$$

Berechnung der Leistungen von BHKW - Referenzanlagen

$$P_{el} = A_1 * P_{el1} + A_2 * P_{el2} + \dots + A_n * P_{eln}$$

$$P_{th} = A_1 * P_{th1} + A_2 * P_{th2} + \dots + A_n * P_{thn}$$

n = Anzahl der verschiedenen Aggregattypen in einer Referenzanlage

Berechnung der Anlagenwirkungsgrade von BHKW - Referenzanlagen bei Vollbetrieb

$$\eta_{el} = \frac{A_1 * P_{el1} + A_2 * P_{el2} + \dots + A_n * P_{eln}}{\left[\frac{P_{el1} * A_1}{\eta_{el1}} + \frac{P_{el2} * A_2}{\eta_{el2}} + \dots + \frac{P_{eln} * A_n}{\eta_{eln}} \right]}$$

$$\eta_{th} = \frac{A_1 * P_{th1} + A_2 * P_{th2} + \dots + A_n * P_{thn}}{\left[\frac{P_{th1} * A_1}{\eta_{th1}} + \frac{P_{th2} * A_2}{\eta_{th2}} + \dots + \frac{P_{thn} * A_n}{\eta_{thn}} \right]}$$

$$\eta_{ges} = \eta_{el} + \eta_{th}$$

Berechnung der Stromkennziffer

$$\delta = \frac{\eta_{el}}{\eta_{th}} = \frac{P_{el}}{P_{th}}$$

Berechnung der Primärleistung

$$\dot{W}_{pr} = \frac{P_{el}}{\eta_{el}} = \frac{P_{mech}}{\eta_{mech}} = \frac{P_{th}}{\eta_{th}} = \frac{(P_{el} + P_{th})}{\eta_{ges}}$$

Berechnung der Jahresstromerzeugung

$$W_{el} = P_{el} * T$$

Berechnung der Jahreswärmeerzeugung
(BHKW + Spitzenkessel)

$$Q_{erz} = \frac{Q_{ges}}{\eta_v} = \frac{\dot{W}_{pr} * \eta_{th} * T}{(1 - s)}$$

Berechnung der Heizzahl (BHKW)

$$\dot{f}_{\text{bhkw}} = \frac{1}{\left[\frac{1}{\eta_{\text{th}}} - \frac{\delta}{\eta_{\text{kon}}} \right]} = \frac{1}{\left[\frac{\dot{W}_{\text{pr}}}{P_{\text{th}}} - \frac{\delta}{\eta_{\text{kon}}} \right]}$$

Berechnung der Heizzahl (gesamt)

$$\dot{f}_{\text{ges}} = \frac{\eta_{\text{v}}}{\left[\frac{s}{\eta_{\text{k}}} + \frac{(1-s)}{\dot{f}_{\text{bhkw}}} \right]}$$

ist $\dot{f} \leq 0$ wird gesetzt:

$$\dot{f}_{\text{ges}} = \frac{\eta_{\text{v}} * \eta_{\text{k}}}{s}$$

Emission - BHKW

$$E_{\text{bhkw}_i} = e_{\text{bhkw}_i} * \frac{(1-s) * Q_{\text{erz}}}{\eta_{\text{th}}}$$

Emission - Spitzenkessel

$$E_{k_i} = e_{k_i} * \frac{s * Q_{erz}}{\eta_k}$$

Emissionsgutschrift

$$E_{kon_i} = e_{kon_i} * \frac{\delta * (1 - s) * Q_{erz}}{\eta_{kon}}$$

Emissionsbilanz

$$E_{bil_i} = E_{bhkw_i} + E_{k_i} - E_{kon_i}$$

Emission - Brennwertkessel

$$E_{br_i} = e_{br_i} * \frac{Q_{erz}}{\eta_{br}}$$

Berechnung der eingesparten Primärenergie bei Deponiegasanlagen
--

$$\Delta \dot{W}_{pr} = W_{el} * \left[\frac{1}{\eta_{kon}} + \frac{1}{(\delta * \eta_k)} \right]$$

Berechnung der eingesparten Primärenergie
bei Kläranlagen

$$\Delta \dot{W}_{\text{pr}} = W_{\text{el}} * \left[\frac{1}{\eta_{\text{kon}}} - \frac{(\eta_{\text{k}} - \eta_{\text{th}})}{(\eta_{\text{k}} * \eta_{\text{el}})} \right]$$

Berechnung der eingesparten Oelmenge

$$\Delta V_{(\text{Oel})} = \frac{\Delta \dot{W}_{\text{pr}}}{H_{\text{u}(\text{Oel})}}$$

5.3 Berechnungen zur Vervollständigung und Aktualisierung der Datenbanken (BHKW-Referenzanlagen, Motoren)/Übertragung von Daten

Energetische Kenngrößen, welche nicht in technischen Datenblättern (bei Motoren) oder Referenzlisten (bei BHKW-Referenzanlagen) aufgeführt sind, können nach dem Formelapparat (Kap. 5.2) ermittelt werden. Hierzu wurde ein Programm entwickelt, in dem die fehlenden Kenngrößen der Motorendatei berechnet werden. Anschließend werden die für die Datei der BHKW-Referenzanlagen relevanten Kenngrößen in diese übertragen und stehen dort wiederum für die weitere Berechnung zur Verfügung. Das Programm ist im folgenden in seinem Ablauf beschrieben.

BERECHNUNGEN IN DER MOTORENDATEI (Primärleistung / Wirkungsgrade (elektrisch, thermisch, mechanisch))

Bedingung/Abfrage		Bedingung/Abfrage			
\dot{W}_{pr} ist unbekannt		\dot{W}_{pr} ist bekannt			
Berechnungsvorschrift	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage
$\dot{W}_{pr} = \frac{P_{el}}{\eta_{el}}$ (1)	\dot{W}_{pr} kann aus (1) nicht berechnet werden	\dot{W}_{pr} kann aus (1) oder (2) nicht berechnet werden	η_{el} ist unbekannt	(4) wurde nicht berechnet und η_{th} ist unbekannt	(4) und (5) wurden nicht berechnet und η_{mech} ist unbekannt
	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift
	$\dot{W}_{pr} = \frac{P_{th}}{\eta_{th}}$ (2)	$\dot{W}_{pr} = \frac{P_{mech}}{\eta_{mech}}$ (3)	$\eta_{el} = \frac{P_{el}}{\dot{W}_{pr}}$ (4)	$\eta_{th} = \frac{P_{th}}{\dot{W}_{pr}}$ (5)	$\eta_{mech} = \frac{P_{mech}}{\dot{W}_{pr}}$ (6)

BERECHNUNGEN IN DER MOTORENDATEI (elektrische, thermische u. mechanische Leistung)

Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage
P_{el} ist unbekannt	P_{th} ist unbekannt	P_{mech} ist unbekannt
Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift
$P_{el} = \eta_{el} * \dot{W}_{pr}$	$P_{th} = \eta_{th} * \dot{W}_{pr}$	$P_{mech} = \eta_{mech} * \dot{W}_{pr}$

BERECHNUNGEN IN DER MOTORENDATEI (elektrischer, thermischer u. Gesamtwirkungsgrad)

Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage
η_{ges} ist unbekannt	η_{el} ist unbekannt	η_{th} ist unbekannt
Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift
$\eta_{ges} = \eta_{el} + \eta_{th}$	$\eta_{el} = \eta_{ges} - \eta_{th}$	$\eta_{th} = \eta_{ges} - \eta_{el}$

BERECHNUNGEN IN DER MOTORENDATEI (elektrischer, mechanischer u. Generatorwirkungsgrad / elektrische u. mechanische Leistung)

Bedingung/Abfrage (1)		Bedingung/Abfrage (2)					
ηel und ηmech sind bekannt		Pel und Pmech sind bekannt					
Berechnungsvorschrift		Berechnungsvorschrift					
$\eta_{gen1} = \frac{P_{el}}{P_{mech}}$		$\eta_{gen2} = \frac{P_{el}}{P_{mech}}$					
Bedingung/Abfrage (3)		Bedingung/Abfrage (4)		Bedingung/Abfrage (5)		Bedingung/Abfrage (6)	
Pel ist unbekannt		Pmech ist unbekannt		ηel ist unbekannt		ηmech ist unbekannt	
Bedingung	Bedingung	Bedingung	Bedingung	Bedingung	Bedingung	Bedingung	Bedingung
ηgen1 ist bekannt	ηgen1 ist unbekannt	ηgen1 ist bekannt	ηgen1 ist unbekannt	ηgen2 ist bekannt	ηgen2 ist unbekannt	ηgen2 ist bekannt	ηgen2 ist unbekannt
Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift
Pel = Pmech * ηgen1	Pel = Pmech * 0.94	$P_{mech} = \frac{P_{el}}{\eta_{gen1}}$	$P_{mech} = \frac{P_{el}}{0.94}$	ηel = ηmech * ηgen2	ηel = ηmech * 0.94	$\eta_{mech} = \frac{\eta_{el}}{\eta_{gen2}}$	$\eta_{mech} = \frac{\eta_{el}}{0.94}$

BERECHNUNGEN IN DER MOTORENDATEI (Primärleistung / Wirkungsgrade (elektrisch, thermisch, mechanisch))

Bedingung/Abfrage		Bedingung/Abfrage			
Ẇpr ist unbekannt		Ẇpr ist bekannt			
Berechnungsvorschrift	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage
$\dot{W}_{pr} = \frac{P_{el}}{\eta_{el}} \quad (1)$	Ẇpr kann aus (1) nicht berechnet werden	Ẇpr kann aus (1) oder (2) nicht berechnet werden	ηel ist unbekannt	(4) wurde nicht berechnet und ηth ist unbekannt	(4) und (5) wurden nicht berechnet und ηmech ist unbekannt
	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift
	$\dot{W}_{pr} = \frac{P_{th}}{\eta_{th}} \quad (2)$	$\dot{W}_{pr} = \frac{P_{mech}}{\eta_{mech}} \quad (3)$	$\eta_{el} = \frac{P_{el}}{\dot{W}_{pr}} \quad (4)$	$\eta_{th} = \frac{P_{th}}{\dot{W}_{pr}} \quad (5)$	$\eta_{mech} = \frac{P_{mech}}{\dot{W}_{pr}} \quad (6)$

BERECHNUNGEN IN DER MOTORENDATEI (elektrische, thermische u. mechanische Leistung)

Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage
Pel ist unbekannt	Pth ist unbekannt	Pmech ist unbekannt
Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift
$P_{el} = \eta_{el} \cdot \dot{W}_{pr}$	$P_{th} = \eta_{th} \cdot \dot{W}_{pr}$	$P_{mech} = \eta_{mech} \cdot \dot{W}_{pr}$

BERECHNUNGEN IN DER MOTORENDATEI (elektrischer, thermischer u. Gesamtwirkungsgrad)

Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage
η_{ges} ist unbekannt	η_{el} ist unbekannt	η_{th} ist unbekannt
Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift
$\eta_{ges} = \eta_{el} + \eta_{th}$	$\eta_{el} = \eta_{ges} - \eta_{th}$	$\eta_{th} = \eta_{ges} - \eta_{el}$

ÜBERTRAGUNG VON DATEN (Schadstoffreduzierung, elektrische und thermische Leistungen, elektrische und thermische Wirkungsgrade) AUS DER MOTORENDATEI IN DIE DATEI DER BHKW-REFERENZANLAGEN

Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage
Die Schadstoffreduzierung des Aggregats in der Datei der BHKW-Referenzanlagen ist unbekannt	Die elektrische Leistung des Aggregats in der Datei der BHKW-Referenzanlagen ist unbekannt	Die thermische Leistung des Aggregats in der Datei der BHKW-Referenzanlagen ist unbekannt	Der elektrische Wirkungsgrad des Aggregats in der Datei der BHKW-Referenzanlagen ist unbekannt	Der thermische Wirkungsgrad des Aggregats in der Datei der BHKW-Referenzanlagen ist unbekannt
Vorgehensweise	Vorgehensweise	Vorgehensweise	Vorgehensweise	Vorgehensweise
Die Schadstoffreduzierungsmaßnahme des entsprechenden Motortyps wird in die Datei der BHKW-Referenzanlagen übertragen	Die elektrische Leistung des entsprechenden Motortyps wird in die Datei der BHKW-Referenzanlagen übertragen	Die thermische Leistung des entsprechenden Motortyps wird in die Datei der BHKW-Referenzanlagen übertragen	Der elektrische Wirkungsgrad des entsprechenden Motortyps wird in die Datei der BHKW-Referenzanlagen übertragen	Der thermische Wirkungsgrad des entsprechenden Motortyps wird in die Datei der BHKW-Referenzanlagen übertragen

BERECHNUNG DER ELEKTRISCHEN UND THERMISCHEN LEISTUNGEN VON REFERENZANLAGEN MIT HILFE DER DATEN AUS DER MOTORENDATBEI
 (Es liegen also nach der Berechnung zwei Angaben bezüglich der el. u. th. Leistung vor - 1) Benutzerangaben, 2) Herstellerangaben)

Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage
1 Aggregattyp	2 verschiedene Aggregattypen	3 verschiedene Aggregattypen
Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift
$P_{el} = A1 * P_{el1}$ $P_{th} = A1 * P_{th1}$	$P_{el} = A1 * P_{el1} + A2 * P_{el2}$ $P_{th} = A1 * P_{th1} + A2 * P_{th2}$	$P_{el} = A1 * P_{el1} + A2 * P_{el2} + A3 * P_{el3}$ $P_{th} = A1 * P_{th1} + A2 * P_{th2} + A3 * P_{th3}$

A1 - Anzahl der Aggregate des 1. Modultyps A2 - Anzahl der Aggregate des 2. Modultyps A3 - Anzahl der Aggregate des 3. Modultyps	Pel1 - elektrische Leistung des 1. Modultyps Pel2 - elektrische Leistung des 2. Modultyps Pel3 - elektrische Leistung des 3. Modultyps	Pth1 - thermische Leistung des 1. Modultyps Pth2 - thermische Leistung des 2. Modultyps Pth3 - thermische Leistung des 3. Modultyps
--	--	---

BERECHNUNG DER ELEKTRISCHEN UND THERMISCHEN ANLAGENWIRKUNGSGRAD IN DER DATEI DER BHKW-REFERENZANLAGEN

Bedingung/Abfrage (1)

1 Aggregattyp

Berechnungsvorschrift

$$\eta_{el} = \eta_{el1} \quad \eta_{th} = \eta_{th1}$$

Bedingung/Abfrage (2)

2 verschiedene Aggregattypen

Berechnungsvorschrift

$$\eta_{el} = \frac{P_{el1} * A1 + P_{el2} * A2}{\left[\frac{P_{el1} * A1}{\eta_{el1}} + \frac{P_{el2} * A2}{\eta_{el2}} \right]}$$

$$\eta_{th} = \frac{P_{th1} * A1 + P_{th2} * A2}{\left[\frac{P_{th1} * A1}{\eta_{th1}} + \frac{P_{th2} * A2}{\eta_{th2}} \right]}$$

Bedingung/Abfrage (3)

3 verschiedene Aggregattypen

Berechnungsvorschrift

$$\eta_{el} = \frac{P_{el1} * A1 + P_{el2} * A2 + P_{el3} * A3}{\left[\frac{P_{el1} * A1}{\eta_{el1}} + \frac{P_{el2} * A2}{\eta_{el2}} + \frac{P_{el3} * A3}{\eta_{el3}} \right]}$$

$$\eta_{th} = \frac{P_{th1} * A1 + P_{th2} * A2 + P_{th3} * A3}{\left[\frac{P_{th1} * A1}{\eta_{th1}} + \frac{P_{th2} * A2}{\eta_{th2}} + \frac{P_{th3} * A3}{\eta_{th3}} \right]}$$

Bedingung/Abfrage (4)

Pel
 --- < 0.8 (Leistungen der Referenzanlagen nach Herstellerangaben) und
 Pth

η_{el} der Anlage ist unbekannt (kann aus 1-3 nicht errechnet werden)

Berechnungsvorschrift

$$\dot{W}_{pr} = \frac{(P_{el} + P_{th})}{0.86}$$

$$\eta_{el} = \frac{P_{el}}{\dot{W}_{pr}} \quad \eta_{th} = \frac{P_{th}}{\dot{W}_{pr}}$$

η_{el1} - elektrischer Wirkungsgrad des 1. Modultyps
 η_{el2} - elektrischer Wirkungsgrad des 2. Modultyps
 η_{el3} - elektrischer Wirkungsgrad des 3. Modultyps
 η_{el} - elektrischer Wirkungsgrad der Referenzanlage

η_{th1} - thermischer Wirkungsgrad des 1. Modultyps
 η_{th2} - thermischer Wirkungsgrad des 2. Modultyps
 η_{th3} - thermischer Wirkungsgrad des 3. Modultyps
 η_{th} - thermischer Wirkungsgrad der Referenzanlage

BERECHNUNG DER GESAMTNUTZUNGSGRAD (ANLAGEN-) IN DER DATEI DER BHKW-REFERENZANLAGEN

$$\eta_{ges} = \eta_{el} + \eta_{th}$$

5.4 Erstellung der Dokumentation von Referenzanlagen

5.4.1 Programmablauf der Rechenvorgänge

BERECHNUNG DER STROMKENNZIFFER

Deponiegasanlagen	andere Anlagen			
Berechnungsvorschrift (1)	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage	
	η_{el} ist bekannt	η_{el} ist unbekannt	$\delta > 0.8$ oder δ kann aus (2) bzw. (3) nicht berechnet werden	
$\delta = \frac{P_{el}}{P_{th}}$	Berechnungsvorschrift (2)	Berechnungsvorschrift (3)		
	$\delta = \frac{\eta_{el}}{\eta_{th}}$	$\delta = \frac{P_{el}}{P_{th}}$	Bedingung/Abfrage	Bedingung/Abfrage
* in diesen Fällen wird ausschließlich mit den Leistungsangaben der Betreiber gerechnet			Hauptbrennstoff: Heizöl/leicht Heizöl/schwer Erdgas-Diesel Gemisch	Hauptbrennstoff: andere Brennstoffe
			Vorgabe	Vorgabe
			$\delta = 0.8$	$\delta = 0.6$

BERECHNUNG DER PRIMÄRLEISTUNG

Bedingung/Abfrage (1)	Bedingung/Abfrage (2)	Bedingung/Abfrage (3)	Bedingung/Abfrage (4)	Bedingung/Abfrage (5)	Bedingung/Abfrage (6)
η_{el} ist bekannt	P_{el} — (0.8 und P_{th}	δ wurde mit 0.6 bzw. 0.8 angenommen (siehe Berechnung der Stromkennziffer)	η_{el} ist unbekannt	δ wurde mit 0.6 bzw. 0.8 angenommen (siehe Berechnung der Stromkennziffer) und η_{el} ist unbekannt	δ wurde errechnet und η_{el} ist unbekannt
Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift	Berechnungsvorschrift
$\dot{W}_{pr} = \frac{P_{el}}{\eta_{el}}$	$\dot{W}_{pr} = \frac{(P_{el} + P_{th})}{0.86}$	Neuberechnung der thermischen Leistung: $P_{th} = \frac{P_{el}}{\delta}$	$\dot{W}_{pr} = \frac{(P_{el} + P_{th})}{0.86}$	Neuberechnung der Nutzungsgrade: $\eta_{el} = \frac{P_{el}}{\dot{W}_{pr}} \quad \eta_{th} = \frac{P_{th}}{\dot{W}_{pr}}$ $\eta_{ges} = \eta_{el} + \eta_{th}$	Neuberechnung der Nutzungsgrade: $\eta_{el} = \frac{P_{el}}{\dot{W}_{pr}} \quad \eta_{th} = \frac{P_{th}}{\dot{W}_{pr}}$ $\eta_{ges} = \eta_{el} + \eta_{th}$

BERECHNUNG DER JAHRESSTROMERZEUGUNG

$$W_{el} = P_{el} * T$$

* bei Deponiegasanlagen wird ausschließlich mit den Leistungsangaben der Betreiber gerechnet

BERECHNUNG DER JAHRESWÄRMERZEUGUNG

Berechnungsvorschrift (1)

$$Q_{erz} = \frac{\dot{W}_{pr} * \eta_{th} * T}{(1 - s)}$$

Bedingung/Abfrage

Q_{erz} kann aus (1) nicht berechnet werden

Berechnungsvorschrift (2)

$$Q_{erz} = \frac{P_{th} * T}{(1 - s)}$$

BERECHNUNG DER HEIZZAHLE (B H K W)

Bedingung/Abfrage

η_{th} ist bekannt

Berechnungsvorschrift

$$\eta_{bhkw} = \frac{1}{\left[\frac{1}{\eta_{th}} - \frac{\delta}{\eta_{kon}} \right]}$$

Bedingung/Abfrage

η_{th} ist unbekannt

Berechnungsvorschrift

$$\eta_{bhkw} = \frac{1}{\left[\frac{\dot{W}_{pr}}{P_{th}} - \frac{\delta}{\eta_{kon}} \right]}$$

BERECHNUNG DER HEIZZAHLE (GESAMT)

Bedingung/Abfrage

$\eta_{bhkw} > 0$

Berechnungsvorschrift

$$\eta_{ges} = \frac{\eta_v}{\left[\frac{s}{\eta_k} + \frac{(1-s)}{\eta_{bhkw}} \right]}$$

Bedingung/Abfrage

$\eta_{bhkw} \leq 0$

Berechnungsvorschrift

$$\eta_{ges} = \frac{\eta_v * \eta_k}{s}$$

BERECHNUNG DER EMISSIONEN

<p>BHKW</p> $E_{bhkw} = e_{bhkw} \cdot (1-s) \cdot Q_{erz} / \eta_{th}$	<p>Spitzenkessel</p> $E_k = e_k \cdot s \cdot Q_{erz} / \eta_k$	<p>BHKW & Spitzenkessel</p> $E = E_{bhkw} + E_k$
<p>Emissionsgutschrift</p> $E_{kon} = e_{kon} \cdot \delta \cdot (1-s) \cdot Q_{erz} / \eta_{kon}$	<p>Emissionsbilanz</p> $E_{bil} = E_{bhkw} + E_k - E_{kon}$	<p>Brennwertkessel</p> $E_{br} = e_{br} \cdot Q_{erz} / \eta_{br}$

spezifische Emissionsfaktoren von Kondensationskraftwerken

e_{kon} (Kondensationskraftwerk (Kraftwerkspark)) bei Einsatz von Deponiegas

e_{kon} (Steinkohle - Kondensationskraftwerk (Mittellast)) bei Einsatz anderer Brennstoffe

BERECHNUNG DER EINGESPARTEN PRIMÄRENERGIE

<p>Deponiegasanlagen</p> <p>(in diesen Fällen wird ausschließlich mit den Leistungsangaben der Betreiber gerechnet)</p>	<p>Kläranlagen</p>
<p>Bedingung/Abfrage</p> <p>δ ist bekannt</p> <p>Berechnungsvorschrift</p> $\Delta \dot{W}_{pr} = P_{el} \cdot T \cdot \left[\frac{1}{\eta_{kon}} + \frac{1}{\delta \cdot \eta_k} \right]$	<p>Bedingung/Abfrage</p> <p>δ ist unbekannt</p> <p>Berechnungsvorschrift</p> $\Delta \dot{W}_{pr} = \frac{P_{el} \cdot T}{\eta_{kon}}$
<p>Berechnungsvorschrift</p> $\Delta \dot{W}_{pr} = P_{el} \cdot T \cdot \left[\frac{1}{\eta_{kon}} - \frac{(\eta_k - \eta_{th})}{\eta_k \cdot \eta_{el}} \right]$	
<p>Dies entspricht einer Ölmenge von</p> $\Delta V_{oel} = \frac{\Delta \dot{W}_{pr}}{Hu(oel)}$	

5.4.2 Beispiele

Die gesamte Dokumentation aller Anlagen in der Bundesrepublik liegt in "Band 2"¹ vor. Es sollen daher an dieser Stelle nur einige Beispiele drei verschiedener Anlagentypen (Klär- und Deponiegasanlagen werden auf Grund spezieller Bedarfsstrukturen immer getrennt von anderen Anlagen in Kraft-Wärme-Kopplung betrachtet) angeführt werden.

BERECHNUNGSGRUNDLAGEN/ANNAHMEN

Vollbenutzungsstunden (BHKW)	4500 h/a
Vollbenutzungsstunden (Deponiegasanlage)	8000 h/a
Vollbenutzungsstunden (Kläranlage)	7000 h/a
Spitzenkesselanteil (Jahresheizwärmebedarf)	0,35
Nutzungsgrad (Kondensationskraftwerk)	0,38
Nutzungsgrad (Gas- Brennwertkessel)	0,99
Nutzungsgrad (Öl-Brennwertkessel)	0,95
Nutzungsgrad (Spitzenkessel)	0,88
Verteilungsnutzungsgrad (Wärmenetz)	0,92

¹Wird voraussichtlich Ende 1990 beim C. F. Müller Verlag, Karlsruhe erscheinen

REFERENZANLAGEN:

ÖFFENTLICHE VERSORGUNG			
Branche: Hallenbad			
Betreiber: Stadtwerke Ettlingen			
Standort: 7505 Ettlingen / Baden Württemberg			
Module: Hersteller-MWM, Typenbezeichnung-G234 V12			
Technische Daten			
(Leistungsangaben der Betreiber in 'Klammern')			
Hauptbrennstoff: Erdgas			
Anzahl der Module: 2			
Leistung (el): 348 kW (330) Wirkungsgrad (el): 0,32			
Leistung (th): 616 kW (642) Wirkungsgrad (th): 0,57			
Primärleistung: 1088 kW Wirkungsgrad (gs): 0,89			
Schadstoffreduzierung: geregelter Katalysator			
Energie- und Umweltbilanz			
Jahreswärmeerzeugung: 4291 MWh/a			
Heizzahl: 1,59			
Stromkennziffer: 0,56			
Schadstoff	Emission BHKW + SPK	Emissionsbilanz BHKW + SPK	Emission Brennwert- kessel
NO _x	1447 kg/a	929 kg/a	468 kg/a
SO ₂	7 kg/a	-1043 kg/a	5 kg a
CO ₂	1306 t/a	-69 t/a	858 t/a

KLÄRANLAGE

Betreiber: Kläranlage Seevetal
 Standort: 2105 Seevetal / Niedersachsen
 Module: Hersteller-MWM, Typenbezeichnung - G232 V12

Technische Daten

Anzahl der Module: 3
 Leistung (el): 376 kW Wirkungsgrad (el): 0,32
 Leistung (th): 624 kW Wirkungsgrad (th): 0,54
 Primärleistung: 1175 kW Wirkungsgrad (gs): 0,86
 Schadstoffreduzierung: Keine

Energiebilanz

Jahresstromerzeugung: 2632 MWh/a
 Stromkennziffer: 0,59
 Eingesparte Primärenergie: 3748 MWh/a
 Das entspricht einer Oelmenge von: 374847 l/a

DEPONIEGASANLAGE

Betreiber: Überlandwerk Nord-Hannover AG
 Standort: 2150 Buxtehude-Ketzendorf / Niedersachsen
 Module: Hersteller-M.A.N., Typenbezeichnung -
 E 2542 LE-A

Technische Daten

(Leistungsangaben der Betreiber in 'Klammern')

Anzahl der Module: 1 keine thermische Nutzung
 Leistung (el): 210 kW (210) Wirkungsgrad (el): 0,32
 Leistung (th): 350 kW (0) Wirkungsgrad (th): 0,54
 Primärleistung: 651 kW Wirkungsgrad (gs): 0,86
 Schadstoffreduzierung: unregelter Katalysator

Energiebilanz

Jahresstromerzeugung: 1680 MWh/a
 Eingesparte Primärenergie: 4421 MWh/a
 Das entspricht einer Oelmenge von: 442105 l/a

6. Adressen

6.1 Hersteller / Lieferanten von Blockheizkraftwerken

Anschrift ATP GmbH & Co.KG
Neuendorfer Straße 64-69
D-1000 Berlin 20
Telefon Tel.- 030/ 33 59 047
Hinweise

Anschrift Aggregatebau Nord GmbH
A B N
Gärtnerstr.92
D-2083 Halstenbek (Pinneberg)
Telefon 04101 / 450 24-26
Hinweise

Anschrift August Storm GmbH & Co.KG
August-Storm-Straße 6
D-4441 Spelle
Telefon 05977 / 73-0
Hinweise

Anschrift Blohm & Voss AG
Blockheizkraftwerke
Hermann-Blohm-Strasse 3
Postfach 10 07 20
D-2000 Hamburg 1
Telefon 040 / 306-1
Hinweise 2000-20000kWel; Diesel- und Gasmotoren

Anschrift Comuna Metall
Vorrichtungs- und Maschinenbau
Uhlandstrasse 17
D-4900 Herford 1
Telefon 052 21 / 55 551
Hinweise 24/45/50kWel Gas-; 50kWel Dieselaggregate

Anschrift D I M A G
Dieselmotoren AG
Werk Niederdorf
Bachmatten 5

Telefon CH-4435 Niederdorf
061/ 97 83 20

Hinweise Gas- und Dieselaggregate

Anschrift DAIMLER-BENZ AG
Öffentlichkeitsarbeit

Telefon Postfach
D-2800 Bremen

Hinweise 34-95kWel; Gas- und Dieselaggregate

Anschrift DYNA-THERM
Gesellschaft für rationelle
Energieanwendung mbH
Weberstrasse 49
Postfach 267
D-3437 Bad-Sooden/Allendorf

Telefon 05652 / 3050

Hinweise 24/45/50kWel Gas-; 50kWel Dieselmotore

Anschrift Dr. Walter Herbst

Telefon Haynauer Straße 47
D-1000 Berlin
030/7796-239

Hinweise 80-1500kWel; Gas- und Dieselaggregate

Anschrift Energiewerkstatt
Gesellschaft für
rationelle Energieverwendung
mbH
Limmerstrasse 81
D-3000 Hannover 91

Telefon 0511/ 210 91 23

Hinweise 12kWel Gasaggregat

Anschrift Erdgas Energie Systeme GmbH
E E S
Walpurgisstraße 1a
Postfach 21 00 60
D-4300 Essen 1
Telefon 0201/81006-0
Hinweise 40-1000kWel Gasaggregate; Waukesha-Generalvertr.

Anschrift Fichtel & Sachs AG
Ernst-Sachs Straße 62
Postfach 12 40
D-8720 Schweinfurt 2
Telefon 09721 / 98-0
Hinweise 6kWel

Anschrift G.A.S. Energietechnik GmbH
Hafenstraße 51
Postfach 91 49
D-4150 Krefeld 12 (Linn)
Telefon 02151 / 57 20 56
Hinweise 22-430kWel, Gasmotore

Anschrift H. Krantz GmbH & Co.
Anlagenbau
Postfach 20 40
D-5100 Aachen
Telefon 0241 / 4341 (Anlagenbau)
Hinweise

Anschrift Haase Energietechnik GmbH
Gadelander Strasse 172
Postfach 17 20
D-2350 Neumünster
Telefon 043 21/ 87 80
Hinweise keine Lieferung von BHKW mehr im Programm !

Anschrift Henkelshausen KG
Hafenstraße 51
Postfach 91 49
D-4150 Krefeld 12 / Linn
Telefon Tel.- 02151/574-0
Hinweise

Anschrift Herwi-Solar GmbH
Röllfelder Str. 17-18
D-8761 Röllbach
Telefon 09372 / 1554
Hinweise 5kWel; Dieselaggregat

Anschrift I S T
Industrie- und Schiffstechnik
Jürgen Schmitt KG
Osterbrooksweg 83
Postfach 13 65
D-2000 Hamburg-Schenefeld
Telefon 040/ 830 50 41
Hinweise 20-1550kWel; Gasaggregate

Anschrift J. N. Baierer
Metallwarenfabrik
Schlag 42-46
D-8352 Grafenau
Telefon
Hinweise 15kWel; Dieselaggregate

Anschrift Jenbacher Werke
A-6200 Jenbach/Tirol
Telefon 05244 / 2291-0 (2481-0)
Hinweise 30-2500kWel; Gas- und Dieselmotore

Anschrift K I R S C H GmbH
Biewerer Straße 231
D-5500 Trier
Telefon 0651 / 6 70 61
Hinweise 125-380kWel Dieselaggregate (von M.A.N)

Anschrift K R A M B
Mothermik GmbH
Koblenzerstraße 72
D-6540 Simmern / Hunsrück
Telefon
Hinweise

Anschrift Köhler & Ziegler OHG
Anlagentechnik
Auweg 10
Postfach 11 33
D-6304 Lollar
Telefon 06406 / 4701 + 3720
Hinweise 30-240kWel;

Anschrift Kuntschar & Schlüter
Blumenstrasse 7
D-3549 Wolfhagen 6
Telefon 05692 / 4142 (Büro-1880)
Hinweise 15-75kWel, Gas- und Dieselaggregate

Anschrift Lothar Höfler
Energietechnik
Schöngartenstrasse 26
D-8990 Lindau
Telefon 08382 / 24 788
Hinweise 15kWel(Totemanlagen)/50kWel; Gasmotore

Anschrift M W M
Motoren Werke Mannheim AG
Diesel- und Gastechnik
Carl-Benz-Str. 5
Postfach 15 63
D-6800 Mannheim 1
Telefon 0621 / 384-1
Hinweise 90-2340kWel Gas-; Dieselmotore bis 7350kWel

Anschrift M.A.N Technologie AG
technisches Büro Frankfurt

D-6000 Frankfurt / Main
Telefon 069 / 25 600 825
Hinweise 86-3750kWel; Gas- u. Diesel / Motore bis 15000kWel

Anschrift SOKRATHERM GmbH
Energie- und Wärmetechik

Milchstrasse 12

D-4901 Lippinghausen
Telefon 052 21 / 63 56 4
Hinweise 27-110kWel Gas-; 43-117kWel Dieselaggregate

Anschrift Schindler Energieanlagen

Ritterstrasse 3

D-7600 Offenburg
Telefon 0781 / 1482
Hinweise Gas- und Dieselaggregate

Anschrift Spillingwerk Hamburg GmbH
BHKW

Werftstrasse 5

D-2000 Hamburg 11
Telefon 040/ 78 13 35
Hinweise Diesel-/Gasmotore f. industrielle Anlagen >500kWel

Anschrift Turbon-Tunzini
Klimatechnik GmbH
T K T
Carl-Diem-Weg

Telefon D-5060 Bergisch Gladbach 2
022 02 / 125-0

Hinweise

Anschrift V E B Schermaschinenbau
Kombinat für Dieselmotoren
und Industrieanlagen
Herrn Ing. Heidepriem
Alt-Salbke 6-10
DDR3011 Magdeburg

Telefon 43 20

Hinweise 110, 600kWel Gasmotoraggregate

Anschrift Wärme-Versorgungs-GmbH

Passauer Strasse 8-9

Telefon D-1000 Berlin 30
030 - 213 90 80 und 213 90 89

Hinweise 7,5-45kWel, Diesellaggregate

Anschrift Zander Wärmetechnik
Kulmbach GmbH

Am Goldenen Feld 6

Telefon D-8650 Kulmbach
09221 / 602-0

Hinweise 50-650kWel

Anschrift Zeppelin Metallwerke GmbH
Niederlassung Bremen
Abteilung Motoren
Zeppelinstrasse 2
Postfach

Telefon D-2807 Achim
042 02 / 516-0 od. 606-0

Hinweise 51-694kWel Gas-; 86-1063kWel Diesellaggregate

6.2 Betreiber von Blockheizkraftwerken

Adressen von Energieversorgungsunternehmen, Gebietskörperschaften und Zweckverbänden können aus den Verzeichnissen der Verbände entnommen werden, u.a.:

- Abwassertechnische Vereinigung e.V. /ATV 1988/
- Verband kommunaler Unternehmen e.V. /Vku 1987/
- Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e.V. /AGFW 1988/
- Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke /VDEW 1988/
- Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft e.V. /BGW 1987/
- Vereinigung industrielle Kraftwirtschaft e.V.
- Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.

6.3 Planung / Projektierung - Blockheizkraftwerke

Bei folgenden Verbänden liegen Adressenlisten von Ingenieurbüros vor, die sich mit der Planung und Projektierung von Blockheizkraftwerken auseinandersetzen (s. Kap. 6.4).

- Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V.
- Betreiberverband Motorkraftwerke e. V.
- Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke
- Verein Deutscher Ingenieure

6.4 Verbände

Anschrift Abwassertechnische
Vereinigung e.V.
A T V
Markt 71

Telefon D-5205 St. Augustin 1
02241 / 232-0

Hinweise

Anschrift Arbeitsgemeinschaft Fernwärme
e.V.
A G F W
Stresemannallee 23

Telefon D-6000 Frankfurt 70
069 / 63 04-1

Hinweise

Anschrift Arbeitsgemeinschaft für
sparsamen und umweltfreundl.
Energieverbrauch e.V.
A S U E
Kurmainzer Strasse 2
D-6230 Frankfurt / Main 80

Telefon 069/ 31 90 98

Hinweise

Anschrift Betreiberverband
Motorkraftwerke e.V.
B V M K W
Geisnangstraße 3

Telefon D-7140 Ludwigsburg
071 41 / 87 13 03

Hinweise

Anschrift Bundesverband der deutschen
Gas- und Wasserwirtschaft e.V.
B G W
Josef Wirmer Straße 1-3
Postfach 14 01 54
D-5300 Bonn 1

Telefon 0228 / 52 001-0

Hinweise

6.5 Sonstige

Anschrift Fachinformationszentrum
Karlsruhe
Gesellschaft f. wissenschaftl.
technische Informationen mbH
Meckenstraße 57
D-5300 Bonn 1

Telefon 0228 / 23 20 86

Hinweise Informationssystem Kommunale EnergieVersorgung KEV

Anschrift Hessisches Ministerium für
Wirtschaft und Technik

Kaiser-Friedrich-Ring 75
Postfach 31 29
D-6200 Wiesbaden

Telefon 06121 / 815-0

Hinweise

Anschrift Landesarbeitskreis Energie
der Grünen in Baden-Württemb.

Gaußstraße 39

D-7000 Stuttgart 1

Telefon 0711 / 63 35 85

Hinweise

Anschrift Ö K O - Institut
Büro Darmstadt

Prinz Christians Weg 7

D-6100 Darmstadt

Telefon 06151 / 40 96-0

Hinweise

7. Literatur

- /AGFW 1988/ Mitglieder-Verzeichnis der Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e.V. (AGFW) - Stand April 1988, Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e.V., Frankfurt 1988
- /ASUE 1982/ Blockheizkraftwerke - Planung und Betriebserfahrungen, Internationale Fachtagung in Heidelberg, Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V., Essen 1982
- /ASUE 1987/ Kraft-Wärme-Kopplung in Industrie und Gewerbe, Internationale Fachtagung in Darmstadt, Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V., Frankfurt 1987
- /ATV 1988/ Kläranlagen - Nachbarschaften; Abwassertechnische Vereinigung e.V., Hirthammer Verlag GmbH, München 1980
- /Basler 1980/ Basler und Hofmann:
Der Beitrag neuer Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen zur Elektrizitätsversorgung (Schriftenreihe-Studie Nr. 11), Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern 1980
- /BGW 1987/ Jahrbuch Gas und Wasser '87/88 mit Verzeichnis der Versorgungsunternehmen, Firmen mit DVGW-Bescheinigungen und DVGW-Sachverständigen, Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft e.V. (BGW)/Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW), Oldenbourg Verlag, München Wien 1987
- /BINE 1989/ Erneuerbare Energiequellen Rationelle Energieverwendung - Marktführer-Adresshandbuch (Unternehmen, Bezugsquellen, Forschung, Beratung), BINE-Bürgerinformation, Verlag C. F. Müller, Karlsruhe 1989
- /Depogas 1988/ Depogas GmbH: Energie aus der Mülldeponie - Aufsatz, Gesellschaft zur Gewinnung und Verwertung von Deponiegasen mbH, Berlin 1988
- /Drexler 1981/ Hermann Drexler:
Blockheizkraftwerke - Planung und Bau, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe 1981
- /Förderg. 1982/ FTA-Fachberichte-6: Blockheizkraftwerke mit Verbrennungsmotoren und Gasturbinen - Beurteilungskriterien, Fördergesellschaft Technischer Ausbau e.V., Vulkan Verlag, Essen 1982

- /Hein 1980/ Karl Hein:
Blockheizkraftwerke - Dezentrale Wärmekraftkopplung, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe 1980
- /Herbst 1984/ Dr. Walter Herbst:
Minderung der Schadstoffemission und Verbesserung des energetischen Wirkungsgrades von Blockheizkraftwerken - Forschungsbericht T 84-038, Fachinformationszentrum Karlsruhe, Eggenstein-Leopoldshafen 2 1984
- /HMWT 1985/ Nahwärme - Wirtschaftliche und umweltfreundliche Energieversorgung in Kommunen, Gewerbe und Industrie, Der Hessische Minister für Wirtschaft und Technik, Wiesbaden 1985
- /HMWT 1988/ Auswertung installierter Klärgas-Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen in Hessen, Der Hessische Minister für Wirtschaft und Technik, Wiesbaden 1988
- /HMWT 1989/ Klärgasnutzung in Kraft-Wärme-Kopplung - Tagungsdokumentation, Der Hessische Minister für Wirtschaft und Technik, Wiesbaden 1989
- /Jensch 1983/ Klaus Jensch:
Analyse des technischen und energetischen Betriebsverhaltens von Blockheizkraftwerken, IfE Schriftenreihe Heft 12, Lehrstuhl und Laboratorium für Energiewirtschaft und Kraftwerkstechnik - Technische Universität München, München 1983
- /Klien 1987/ J. Klien (Hrsg.):
Blockheizkraftwerke - Protokollband der 5. Sitzung des "Arbeitskreis Energieberatung" am 18.5.1987, Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt 1987
- /Klien 1988/ J. Klien (Hrsg.):
Kostengünstige Fernwärmetransport- und Verteilungssysteme, Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt 1988
- /Klien 1990-1/ Datenbank Blockheizkraftwerke Band 2 - Dokumentation (wird voraussichtlich Ende 1990 beim C. F. Müller Verlag, Karlsruhe, erscheinen)
- /Klien 1990-2/ Stand der Blockheizkraftwerkstechnik in der Bundesrepublik Deutschland 1989 (wird voraussichtlich Ende 1990 beim C. F. Müller Verlag, Karlsruhe, erscheinen)
- /Klien 1990-3/ Leitfaden Planungshilfe BHKW (wird voraussichtlich Ende 1990 beim C. F. Müller Verlag, Karlsruhe, erscheinen)

- /Loll 1987/ Entsorgungspraxis: Faulgas aus Klärschlamm, Bertelsmann Fachzeitschriften GmbH, Gütersloh 1987
- /Menje 1989/ Horst Menje, Holger Fröhlich:
Energetische Optimierung kommunaler Kläranlagen durch Kraft-Wärme-Kopplung, Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt 1989 (unveröffentlicht)
- /Nitschke 1989/ Joachim Nitschke:
Kraft-Wärme-Kopplung mit Verbrennungskraftmaschinen und Nutzung von Abfällen zur Stromerzeugung - Entwicklungsstand in der Bundesrepublik Deutschland 1989, aus Elektrizitätswirtschaft (1989), Heft 24, Frankfurt 1989
- /Öko 1989/ Fritsche, Rausch, Simon:
Umweltwirkungsanalyse von Energiesystemen (Gemis):
 - 1) Die Verbrennungsrechnung im GEMIS-Programm
 - 2) Zusammenstellung von energiebezogenen Emissionsdaten für Heizsysteme mit biogenen Festbrennstoffen
 - 3) Zusammenstellung von energiebezogenen Emissionsdaten für Heizsysteme mit fossilen Festbrennstoffen
 - 4) Zusammenstellung von energiebezogenen Emissionsdaten von Heizsystemen für Heizöl und Erdgas
 - 5) Zusammenstellung von energiebezogenen Emissionsdaten für Heizsysteme mit Kraft-Wärme-Kopplung
 - 6) Zusammenstellung von energiebezogenen Emissionsdaten für Hausmüll-Verbrennungsanlagen sowie vergleichende Diskussion der Energieausnutzung
 - 7) Umweltaspekte der Kraft-Wärme-Kopplung
 - 8) Programmhandbuch des GEMIS-Programms
 Öko Institut, Darmstadt, 1988/89
- /Reak 1987/ Eidg. Institut für Reaktorforschung, Abt. Wärmetechnik:
Blockheizkraftwerke und Total-Energieanlagen - Stand der Technik, Umweltaspekte und Wirtschaftlichkeit (Schriftenreihe-Studie Nr. 35), Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern 1987
- /StBU 1983/ Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 1983
- /VDEW 1988/ Mitgliederverzeichnis der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke-VDEW-e.V. und der angeschlossenen Landesverbände - Stand 1. Januar 1989, Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke mbH - VWEW, Frankfurt 1988
- /VDI 1982/ VDI-Gesellschaft Energietechnik:
Energie aus Müll und Klärschlamm - VDI Berichte 459, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 1982

- /VDI 1987/ VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung:
VDI-Richtlinie 2067 Blatt 7 (Entwurf)-Berechnung der Kosten
von Wärmeversorgungsanlagen - Blockheizkraftwerke, Verein
Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 1987
- /VDI 1989/ VDI-Gesellschaft Energietechnik:
Blockheizkraftwerke und Wärmepumpen - Betriebserfahrungen
unter aktuellen Umweltschutz- und Wirtschaftlichkeits-
aspekten, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 1989
- /VDMA 1989/ Deutsche Verbrennungsmotoren '89, Fachgemeinschaft
Kraftmaschinen im Verband deutscher Maschinen- und
Anlagenbau e.V., Frankfurt 1989
- /Vku 1987/ Mitgliedsverzeichnis des Verbandes kommunaler Unterneh-
men e.V. (Vku) - Stand Januar 1987, Verband kommunala-
ler Unternehmen e.V., Köln 1987

Formelzeichen, Einheiten, Erklärungen		
Formelzeichen	Einheit	Erklärung
A ₁	-	Anzahl der Aggregate des 1. Modultyps
A ₂	-	Anzahl der Aggregate des 2. Modultyps
A ₃	-	Anzahl der Aggregate des 3. Modultyps
e _{bhkw}	kg/TJ (1) t/TJ	spezifischer Emissionsfaktor - BHKW
e _{br}	kg/TJ (1) t/TJ	spezifischer Emissionsfaktor - Brennwertkessel
e _{kon}	kg/TJ (1) t/TJ	spezifischer Emissionsfaktor - Kondensationskraftwerk
e _k	kg/TJ (1) t/TJ	spezifischer Emissionsfaktor - Spitzenkessel
E	kg/a (2) t/a	Emission - BHKW & Spitzenkessel
E _{bhkw}	kg/a (2) t/a	Emission - BHKW
E _{bil}	kg/a (2) t/a	Emissionsbilanz
E _{br}	kg/a (2) t/a	Emission - Brennwertkessel
E _{kon}	kg/a (2) t/a	Emission - Kondensationskraftwerk (Emissionsgutschrift)
E _k	kg/a (2) t/a	Emission - Spitzenkessel
H _{u(Oel)}	kWh/l	unterer Heizwert (Heizöl EL)
P _{el}	kW	elektrische Leistung der BHKW-Anlage
P _{el1}	kW	elektrische Leistung des 1. Modultyps
P _{el2}	kW	elektrische Leistung des 2. Modultyps
P _{el3}	kW	elektrische Leistung des 3. Modultyps
P _{mech}	kW	mechanische Leistung der BHKW-Anlage
P _{th}	kW	thermische Leistung der BHKW-Anlage
P _{th1}	kW	thermische Leistung des 1. Modultyps
P _{th2}	kW	thermische Leistung des 2. Modultyps

(1) spezifische Emissionsfaktoren - für SO₂ in kg/TJ
für NO_x in kg/TJ
für CO₂ in t/TJ

(2) Emissionen - für SO₂ in kg/a
für NO_x in kg/a
für CO₂ in t/a

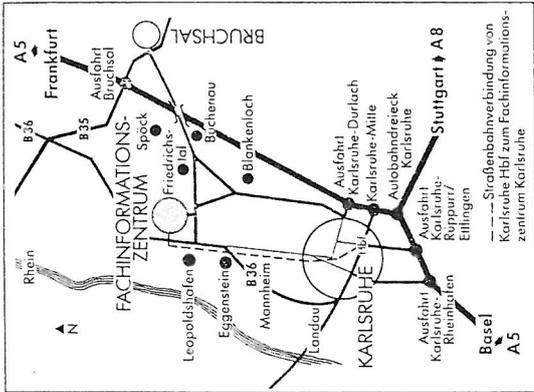
Umrechnungen von Einheiten: 1 kg/TJ = 3,6 kg/GWh, 1 kg/GWh = 1 mg/kWh

Formelzeichen, Einheiten, Erklärungen		
Formelzeichen	Einheit	Erklärung
P_{th_3}	kW	thermische Leistung des 3. Modultyps
Q_{erz}	MWh/a	Jahreswärmeerzeugung
Q_{ges}	MWh/a	Jahreswärmebedarf
s	-	Anteil des Spitzenkessels an der Jahresheizwärmebedarfsdeckung
T	h/a	Vollbenutzungsstunden der Motoren
$\Delta V_{(Oel)}$	l/a	Ölmenge entsprechend der eingesparten Primärenergie
W_{el}	MWh/a	Jahresstromerzeugung
\dot{W}_{pr}	kW	Primärleistung (Brennstoffleistung BHKW)
$\Delta \dot{W}_{pr}$	MWh/a	eingesparte Primärenergie
η_{br}	-	Nutzungsgrad - Brennwärtekessel
η_{el}	-	elektrischer Wirkungsgrad - BHKW (Vollbetrieb)
η_{el_1}	-	elektrischer Wirkungsgrad des 1. Modultyps
η_{el_2}	-	elektrischer Wirkungsgrad des 2. Modultyps
η_{el_3}	-	elektrischer Wirkungsgrad des 3. Modultyps
η_{gen}	-	Generatorwirkungsgrad
η_{ges}	-	Gesamtnutzungsgrad der BHKW-Anlage
η_{kon}	-	elektrischer Wirkungsgrad bei der Erzeugung des verdrängten Kondensationsstromes
η_{mech}	-	mechanischer Wirkungsgrad - BHKW (Vollbetrieb)
η_k	-	Nutzungsgrad - Spitzenkessel
η_{th}	-	thermischer Wirkungsgrad - BHKW (Vollbetrieb)
η_{th_1}	-	thermischer Wirkungsgrad des 1. Modultyps
η_{th_2}	-	thermischer Wirkungsgrad des 2. Modultyps
η_{th_3}	-	thermischer Wirkungsgrad des 3. Modultyps
η_v	-	Verteilungsnutzungsgrad - Wärmenetz
δ	-	Stromkennziffer
f_{bhw}	-	Heizzahl - BHKW
f_{ges}	-	Heizzahl - gesamt

Februar 1990

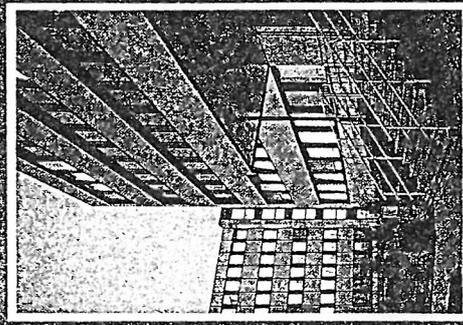
Zufahrtsstraßen zum Fachinformationszentrum Karlsruhe

Sie verlassen die Autobahn A5 bei der Ausfahrt Bruchsal, fahren dann nach rechts auf die B35 in Richtung Bretten/Bruchsal, nach ca. 3 km rechts in Richtung Stutensee/Büchenau, dann immer geradeaus in Richtung Eggenstein-Leopoldshafen bzw. Kernforschungszentrum. Auf dem Gelände des Kernforschungszentrums liegt das Fachinformationszentrum Karlsruhe. Von der Ausfahrt Bruchsal bis dorthin sind es 15 km.



Direkte Straßenbahnverbindung zum Kernforschungszentrum ab Karlsruhe Hbf arbeitsmäßig um 7.17 Uhr (Ankunft 7.57 Uhr) bzw. zurück um 16.37 Uhr (Ankunft Hbf 17.14 Uhr); ansonsten alle 20 Minuten nach Leopoldshafen, Haltestelle Leopoldstraße; von hier aus stündlicher Pendelbusverkehr zum Kfz-Gelände ab 9.03 Uhr.

FACHINFORMATIONSZENTRUM KARLSRUHE



Kurzinformation

FACHINFORMATIONSZENTRUM KARLSRUHE
Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH

DATEN UND FAKTEN

Postanschrift:

Fachinformationszentrum Karlsruhe
D-7514 Eggenstein-Leopoldsdorfen 2

☎ 07247 / 808-0

Telefax: 07247 / 808-666

Telex: 7247 10=FIZKA

Telex: 17724710+

Anfragen und Bestellungen

Online-Service: STN International

Help Desk: ☎ 07247 / 808-555

STNmail: HLPDESK

Informationsvermittlung:

☎ 07247 / 808-222

Literaturversorgung: ☎ 07247 / 808-333

Vertrieb von Publikationen:

☎ 07247 / 808-330, -331

Magnetbanddienst: ☎ 07247 / 808-253

Auskünfte erteilen Ihnen auch:

Abteilung Berlin:

Hardenbergplatz 2, D-1000 Berlin 12,
☎ 030 / 261 1585 / 261 1586

Büro Bonn:

Mechensstraße 57, D-5300 Bonn 1,

☎ 0228 / 232086

Telefax: 0228 / 232089

Außenstelle in Larchmont:

Scientific Information Service, Inc. (SISI),
7 Woodland Avenue, Larchmont/New York

10538, U.S.A., ☎ (001) 914 / 834-8864

Telefax: (001) 914 / 834-8903

AUFGABEN UND TÄTIGKEITEN

Allgemeines

Information und Dokumentation (I & D) mit den Schwerpunkten

- Energie und Technologie
- Luft- und Raumfahrt, Weltraumforschung
- Physik und Astronomie
- Mathematik und Informatik

Betrieb eines Online-Service-Zentrums:

- STN International, The Scientific & Technical Information Network, mit aktuellen Datenbanken aus Wissenschaft und Technik sowie Zentren in Karlsruhe, Columbus/U.S.A. und Tokio/Japan

Zielsetzung

Angebot wissenschaftlich-technischer Informationsdienste für Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker:

- an Universitäten und anderen Einrichtungen der Forschung und Lehre,
- in Betrieben von Industrie und Gewerbe,
- in Arbeits- und Entscheidungsgremien von Politik, Verwaltung und Wirtschaft.

Leistungsprogramm

- Erstellung von Datenbanken und Datensammlungen, u.a. in Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Partnern
- Online-Service: Bereitstellung von Datenbanken über Wissenschaft und Technik zum selbständigen Recherchieren im direkten Dialog
- Magnetband-Service: Lizenzvergabe zur Nutzung maschinenlesbarer Datenbanken
- Informationsvermittlung: Ausführung von Recherchen, Einrichtung und Ausführung von Profildiensten, Erteilung wissenschaftlich-technischer Auskünfte
- Herausgabe/Vertrieb gedruckter Informationsdienste und anderer Publikationen: Referatezeitschriften, Bibliographien, Datensammlungen, Informationspakete, Forschungs- und Konferenzberichte
- Versorgung mit Originalliteratur

Gründung

Das Fachinformationszentrum Karlsruhe, Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH, wurde 1977 aus der Zusammenlegung folgender Einrichtungen gegründet:

- Zentralstelle für Atomkernenergie-Dokumentation (ZAED), Karlsruhe (gegründet 1956)
- Zentralstelle für Luft- und Raumfahrt-dokumentation und -information (ZLDI), München (gegründet 1955)
- Physikalische Berichte (PB), Braunschweig (gegründet 1845)
- Zentralblatt für Mathematik (ZfM), Berlin (gegründet 1931)

Standorte

Gelände des Kernforschungszentrums Karlsruhe, Außenstellen in Berlin, Bonn und Larchmont/New York

Gesellschafter

Bundesrepublik Deutschland und die elf Bundesländer
Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V.
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.
Gesellschaft für Informatik e.V.
Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V.
Verein Deutscher Ingenieure e.V.
Deutsche Mathematiker-Vereinigung e.V.

Vorsitzender des Aufsichtsrats

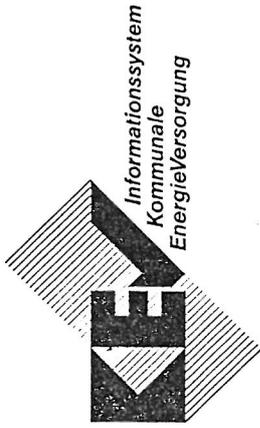
MinDirig Dr. Hans Donth, Bundesministerium für Forschung und Technologie

Geschäftsführer

Dr. Werner Rittberger, wissenschaftlich-technischer Geschäftsführer
Dipl.-Hdl. Ernst-Otto Schulze, kaufmännischer Geschäftsführer

Mitarbeiterzahl

330, davon 100 Wissenschaftler und Ingenieure



Organisation

KEV besteht aus einer Informationsvermittlungsstelle und einer Datenbank. Die Informationsvermittlungsstelle ist die Schnittstelle zwischen Benutzer und Datenbank. Sie dient als Anlaufstelle und steht für Anfragen ganztägig zur Verfügung. In der Aufbauphase greifen die Benutzer hauptsächlich über die Informationsvermittlungsstelle auf die Datenbank zu. Einem Testbenutzerkreis wird die Datenbank bereits während der Entwicklungsphase zur Verfügung gestellt, um auf diese Weise in enger Rückkopplung mit den Benutzern die Datenbank kontinuierlich verbessern und im Hinblick auf ein Endbenutzersystem bedarfsgerechter gestalten zu können.

KEV arbeitet bundesweit mit Schwerpunkt in Nordrhein-Westfalen.

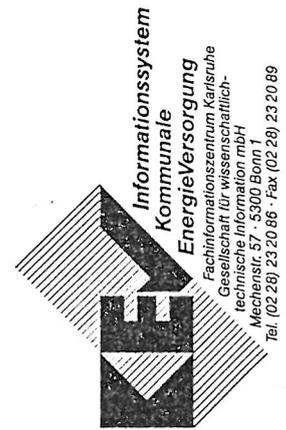
KEV ist ein vom Bundesministerium für Forschung und Technologie und dem Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen geförderter Informationsdienst des Fachinformationszentrums Karlsruhe, Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH.

KEV verfolgt das Ziel, für die kommunale Energieversorgung relevante Informationen zu sammeln, zu strukturieren, für den schnellen Zugriff verfügbar zu machen und zu verbreiten. KEV kann dazu beitragen, daß die rationale Energieverwendung in allen kommunalen Handlungsfeldern zur Selbstverständlichkeit wird.

KEV wendet sich an alle im Anwendungsbereich der kommunalen Energieversorgung und -verwendung tätigen Personen, Institutionen und Firmen:

- Kommunalverwaltungen und andere Gebietskörperschaften
- Versorgungsunternehmen
- Planer und Ingenieure
- Architekten
- Bauträger
- Politische Gruppen
- Mandatsträger
- Hersteller und Anbieter
- Forschungseinrichtungen
- Betroffene Bürger

KEV wertet das breite Spektrum möglicher Informationsquellen aus, um für Ihre Fragestellung bedarfsgerechte und neutrale Entscheidungshilfen anbieten zu können. Bitte sprechen Sie uns an.



Abs.:

Fachinformationszentrum
Karlsruhe
Büro Bonn
Informationssystem KEV
Mechenstraße 57

5300 Bonn 1

- Bitte schicken Sie mir ausführliche Informationen über KEV.
- Folgende Themenbereiche sind für mich von besonderem Interesse:
 - Örtliche Energiekonzepte
 - REV in öffentlichen Gebäuden
 - Betriebserfahrungen von Anlagen
 - Energiemanagement
 - Konzessionsverträge
 - Förderungsmöglichkeiten
 - Erneuerbare Energiequellen
 - Hersteller und Anbieter
 - _____

- Bitte schicken Sie mir regelmäßig kostenlos die KEV-Mitteilungen zu.
- Ich gehöre folgender Zielgruppe an:
 - Kommunalverwaltung
 - Andere Gebietskörperschaft
 - Versorgungsunternehmen
 - Planer, Ingenieure
 - Architekten, Bauträger
 - Forschungseinrichtung
 - Politische Gruppe
 - Hersteller, Anbieter
 - Betroffene Bürger
 - _____

(Bitte Zutreffendes ankreuzen)



Informationsbedarf

Die Energieversorgung gehört zu den typischen Aufgaben der kommunalen Gebietskörperschaften im Rahmen der öffentlichen Daseinsvorsorge. Aus Gründen der Arbeitsteilung wurde diese Aufgabe in vielen Fällen Energieversorgungsunternehmen übertragen.

Die Energieeinsparung in öffentlichen Einrichtungen wird unter dem Aspekt der Finanzknappheit der kommunalen Haushalte trotz der gegenwärtig relativ niedrigen Energiepreise zunehmend diskutiert. Der Erschließung lokal verfügbarer Energiepotentiale kommt unter Umweltsichtspunkten große Bedeutung zu.

Das breite Handlungsspektrum der kommunalen Energieversorgung reicht von der Planung und Ausführung von Versorgungssystemen bis hin zur Ausbildung des Betriebspersonals und dem Abschluß von langfristig bindenden Verträgen.

Die Energieeinsparung und die umweltschonende Energieversorgung ist eine wichtige Aufgabe, die sich Kommunen und Versorgungsunternehmen sowie den anderen Beteiligten stellt.

Die Lösung dieser Aufgabe erfordert einen guten Informationsstand bei Akteuren und Betroffenen.

KEV hilft bei der Beschaffung und Auswertung der breit gestreuten Informationen über umweltschonende und wirtschaftlich sinnvolle Lösungen von Energieproblemen.

Informationsquellen

In zahlreichen Forschungsprojekten, in der täglichen Arbeit von Planern und Ingenieuren, bei Gemeinden und Stadtwerken werden Problemlösungen gefunden und Daten vorgehalten, die für zukünftige Planungsaufgaben auch in anderen Städten eine wertvolle Hilfestellung sein können.

Im Rahmen der Aufstellung von Energiekonzepten und der Durchführung anderer energierelevanter Vorhaben wurde ein umfangreiches Methoden- und Faktenwissen erarbeitet. Außerdem liegen bei den verschiedensten Organisationen verstreut für den Bereich der Energieversorgung im kommunalen Anwendungsbereich wertvolle Informationen und Zahlenmaterial vor.

Aufgrund eines geringen Veröffentlichungsgrades, schlechter Vergleichbarkeit, mangelnder Systematik und Aufbereitung der in den Informationsquellen enthaltenen Daten werden die Informationen nicht entsprechend ihrer Nutzungsmöglichkeiten verwendet.

Das Informationssystem KEV tritt hier als Vermittler auf.

KEV Informationsangebot

Neben der Nutzung bereits vorhandener Informationsquellen baut KEV als eigene Informationsquelle eine Datenbank auf. Die Datenbank wird mit zunehmendem Aufbau im Vergleich zu den anderen Informationen an Bedeutung gewinnen und später auch ohne den Weg über die Informationsvermittlungsstelle abfragbar sein.

In der Datenbank sind textliche, numerische und graphische Informationen enthalten.

Die Datenbank besteht aus einzelnen, wechselseitig verbundenen Teildatenbanken z.B. zu folgenden Inhalten:

- Planungen und Anlagenbeispiele auf Objekt- und städtebaulicher Ebene
- Energiestrukturdaten der Gemeinden
- Projekte und Maßnahmen im Überblick
- Adressen und Tätigkeitsspektren von Firmen, Instituten, Verbänden u.a.

Die Informationsvermittlungsstelle bietet Ihnen bedarfsgerechte Informationen, Vermittlung von Kontakten und Recherchen nach individuell wichtigen Kriterien an. Sie schafft dadurch die Voraussetzung, daß z. B. an anderer Stelle realisierte energiesparende Lösungen schnell in die Planung neuer Bauvorhaben und technischer Anlagen einfließen können.

Die KEV-Mitteilungen berichten mehrmals jährlich über den Aufbau und das aktuelle Angebot des KEV-Informationssystems. Wir schicken sie gerne kostenlos zu.

Sonderdruck (Nr. 4019) aus
Elektrizitätswirtschaft

Jg. 86 (1987), Nr. 24, S. 1052-1056

Zeitschrift der
Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke - VDEW -

Blockheizkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland

Von Joachim Nitschke, Frankfurt (Main)*)

DK 621.311.17

Aufgrund von Listen der Hersteller wurden 1985 erstmalig die Blockheizkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland zusammengestellt. Es konnten 266 Blockheizkraftwerke mit einer elektrischen Leistung von 157 MW ermittelt werden. Der Verfasser stellt die Ergebnisse einer neueren Umfrage unter den VDEW-Mitgliedsunternehmen vor. Danach waren Ende 1986 449 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 247 MW in Betrieb, 150 Anlagen mit 92 MW sind in Bau und Planung. Rund die Hälfte der Leistung befindet sich bei Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU). 1986 wurden in den Blockheizkraftwerken der EVU 285 GWh Strom erzeugt. Zusätzlich wurden 50 GWh aus nicht den EVU gehörigen Blockheizkraftwerken in das Netz der öffentlichen Versorgung eingespeist. Anhand dieser Zahlen geht der Verfasser auf einige energiewirtschaftliche Fragen des Einsatzes von Blockheizkraftwerken ein.

Prämissen zur Statistik

Wie bereits bei der Zusammenstellung der Blockheizkraftwerke (BHKW) im Jahre 1985 [1] wurden auch 1987 nur ortsfeste Kolbenmaschinen, die der Strom- und Nutzwärme-Erzeugung dienen, in die Liste der BHKW aufgenommen. Kleinere Gasturbinenanlagen, die manchmal auch als BHKW bezeichnet werden, wurden aus Gründen der Abgrenzung gegen Heizkraftwerke nicht berücksichtigt. Dagegen wurden ebenfalls wie 1985 alle Kolbenmaschinen zur Stromerzeugung, in denen regenerative Energien wie Klär-, Faul-, Deponie-, Bio- und Holzgas eingesetzt werden, berücksichtigt, auch wenn nicht in jedem Fall die anfallende Abwärme genutzt werden kann, z.B. wenn in der Umgebung der Deponie kein Wärmebedarf besteht. Ein Abgleich mit den Listen von 1985 zeigte, daß die Hersteller in einzelnen Fällen auch Notstromaggregate und mit Kolbenmotoren betriebene Wärmepumpen als Blockheizkraftwerke gemeldet hatten. Diese wurden herausgenommen.

Einige wenige Anlagen aus der Liste von 1985 wurden stillgelegt. Die Angaben reichen jedoch nicht für eine Stilllegungsstatistik. Einzelne vor 1985 errichtete Anlagen fehlten in den Herstellerlisten. Probleme gab es auch bei den Ortsangaben. In einigen Fällen enthielten die Herstellerlisten als Ortsangabe des BHKW Vororte, eingemeindete Orte oder den Sitz des Bestellers, der nicht mit dem Aufstellungsort des BHKW übereinstimmen muß. Die neuen Listen enthalten jetzt durchgehend den Aufstellungsort mit Postleitzahl. Statt des Baujahrs der Kolbenmaschine wurde das Inbetriebnahmejahr der Anlage eingesetzt, wobei die erste Inbetriebnahme eines BHKW berücksichtigt wurde. Spätere Änderungen, Ergänzungen und Zubauten wurden bei der Anzahl der Motoren und der Leistung berücksichtigt, ohne das Jahr der Nachrüstung zu benennen. Ein unmittelbarer Vergleich mit der Erhebung von 1985 ist also nicht möglich.

Liste der Blockheizkraftwerke; Erfassungsgrad

In *Tafel 1'*) sind die in Betrieb, in *Tafel 2'*) die in Bau und in *Tafel 3'*) die in Planung befindlichen BHKW in alphabetischer Reihenfolge nach dem Aufstellungsort zusammengestellt. Stichtag ist jeweils der 31. Dezember 1986. In *Tafel 4* ist die Anzahl und die Summe der Leistungen zusammengefaßt. Danach waren Ende 1986 449 Anlagen mit einer Leistung von 246,6 MW in Betrieb. Einschließlich der in Bau und Planung befindlichen Anlagen sind etwa in den nächsten zwei Jahren 600 BHKW mit einer Leistung von 340 MW zu erwarten. Rund die Hälfte der Leistung wird durch Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) betrieben werden. Die andere Hälfte, etwa zu gleichen Teilen, durch öffentliche Einrichtungen und von der Industrie, dem Gewerbe sowie Privaten.

In der amtlichen Statistik werden Stromerzeugungsanlagen unter 1 MW nur partiell erfaßt. Hierunter fallen die meisten BHKW. Durch diese Umfrage bei den EVU konnte eine weitgehend vollständige Erfassung stattfinden, soweit die Anlagen von den EVU bzw. die Anlagen Dritter parallel mit dem Netz der öffentlichen Versorgung betrieben werden. Ein Parallelbetrieb ist nur mit Genehmigung des EVU erlaubt. Es sind auch einige wenige BHKW bekannt, die im Inselbetrieb laufen, also nicht mit dem Netz der öffentlichen Versorgung parallel geschaltet sind. Auch diese Anlagen wurden, soweit bekannt, in die Liste aufgenommen. Es ist jedoch möglich, daß es noch einige weitere BHKW gibt, die im Inselbetrieb gefahren werden.

Entwicklung der jährlichen Inbetriebnahme von Neuanlagen

Tafel 5 zeigt, daß die Inbetriebnahme von BHKW bis 1980 laufend zugenommen hat. Seitdem pendelt der jährliche Zuwachs zwischen 20 und 30 MW mit einer Spitze von rd. 50 MW im Jahre 1987. Die Umfrage wurde im wesentlichen im zweiten Quartal 1987 durchgeführt, so daß praktisch alle Anlagen, die 1987 in Betrieb gehen, erfaßt sein müßten. Das gilt nicht für 1988 und die folgenden Jahre, da bei einer Bauzeit von etwa einem Jahr für ein BHKW über Investitionen erst im Jahre 1987 zu entscheiden ist. Die Zahlen für 1988 und danach besagen also nicht unbedingt, daß der Zubau von BHKW in den kommenden Jahren drastisch zurückgeht.

*) Dipl.-Ing. J. Nitschke ist Referent bei der VDEW, Frankfurt (Main).

1) *Tafel 1 bis 3* sind hier nicht abgedruckt, sie können bei der Redaktion angefordert werden.

Tafel 4. Anzahl und elektrische Leistung der 1986 in Betrieb befindlichen Blockheizkraftwerke sowie Anlagen in Bau und Planung, gegliedert nach Betreibergruppen

Betreiber	EVU		Industrie/private		öffentliche Einrichtungen		gesamt	
	Anzahl	elektrische Leistung MW	Anzahl	elektrische Leistung MW	Anzahl	elektrische Leistung MW	Anzahl	elektrische Leistung MW
in Betrieb	130	111,3	164	67,8	155	67,5	449	246,6
im Bau	20	17,7	30	10,4	32	15,7	82	43,8
in Planung	35	36,5	9	2,1	24	10,1	68	48,7
Summen	185	165,5	203	80,3	211	93,3	599	339,1

Tafel 5. Anzahl und elektrische Leistung der Blockheizkraftwerke, gegliedert nach dem Jahr der (voraussichtlichen) Inbetriebnahme und den Betreibergruppen (in Betrieb, in Bau und in Planung)

Betreiber	EVU		Industrie/private		öffentliche Einrichtungen		gesamt	
	Anzahl	elektrische Leistung MW	Anzahl	elektrische Leistung MW	Anzahl	elektrische Leistung MW	Anzahl	elektrische Leistung MW
unbekannt	2	19,1	8	2,2	2	0,7	12	22,0
vor 1975	1	1,8	3	17,4	19	18,3	23	37,5
1975	—	—	—	—	2	0,8	2	0,8
1976	2	1,1	1	1,2	2	1,6	5	3,9
1977	2	1,1	—	—	4	0,9	6	2,0
1978	4	4,0	—	—	1	0,9	5	4,9
1979	4	1,8	3	3,2	1	1,3	8	6,3
1980	10	6,9	8	2,9	4	1,4	22	11,2
1981	7	16,9	14	3,4	11	5,3	32	25,6
1982	19	13,5	14	4,1	16	6,6	49	24,2
1983	19	15,1	23	7,4	18	4,2	60	26,7
1984	19	12,5	28	8,1	18	9,8	65	30,4
1985	14	6,9	26	4,6	29	8,9	69	20,4
1986	27	10,5	36	13,5	28	6,8	91	30,8
1987	25	23,5	31	11,0	31	15,2	87	49,7
1988	25	26,9	2	0,5	15	4,9	42	32,3
nach 1988*)	5	3,8	3	0,6	10	5,7	18	10,1
Summen	185	165,4	200	80,1	211	93,3	596	338,8

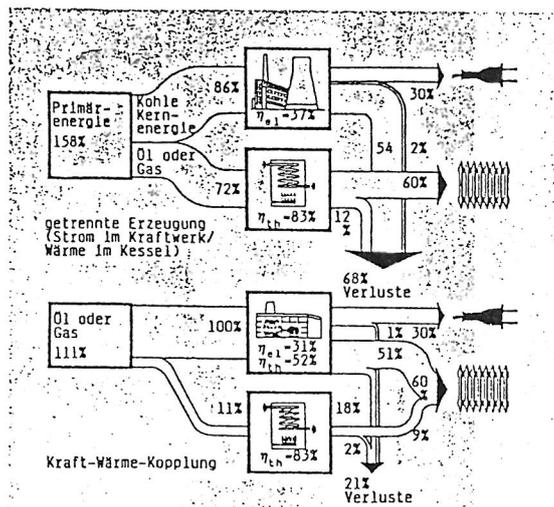
*) und in Bau oder Planung ohne Inbetriebnahmejahr

Tafel 6. Anzahl und elektrische Leistung der 1986 in Betrieb befindlichen Blockheizkraftwerke, gegliedert nach den Brennstoffen und Betreibergruppen

Betreiber	EVU		Industrie/private		öffentliche Einrichtungen		gesamt	
	Anzahl	elektrische Leistung MW	Anzahl	elektrische Leistung MW	Anzahl	elektrische Leistung MW	Anzahl	elektrische Leistung MW
Erdgas	99	65,6	55	35,3	41	16,6	195	117,5
Heizöl leicht	15	23,9	66	16,5	8	2,0	89	42,4
Heizöl schwer	—	—	2	0,7	—	—	2	0,7
Erdgas, Heizöl leicht	2	17,7	8	8,7	3	0,8	13	27,2
Flüssiggas	2	0,3	11	1,8	—	—	13	2,1
Kokereigas	2	0,8	—	—	—	—	2	0,8
Klärgas, Faulgas	2	0,3	2	0,8	97	45,7	101	46,8
Deponiegas	8	2,6	7	3,3	5	2,3	20	8,2
Biogas	—	—	12	0,6	1	—	13	0,6
Holzgas	—	—	1	0,3	—	—	1	0,3
Summen	130	111,2	164	68,0	155	67,4	449	246,6

Tafel 7. Anzahl und Durchschnittsleistung der Motoren (Module) je Blockheizkraftwerk der in Betrieb befindlichen Anlagen

Leistungsgruppen	Anzahl BHKW	Anzahl Motoren	Gesamtleistung MW	Durchschnittsleistung je Motor kW	durchschnittliche Anzahl der Motoren je BHKW
bis 50 kW	77	100	2,0	20,7	1,3
über 50 bis 100 kW	37	55	3,1	56,8	1,5
über 100 bis 200 kW	83	126	12,8	102,0	1,5
über 200 bis 300 kW	61	127	15,6	123,2	2,1
über 300 bis 400 kW	38	88	13,0	148,7	2,3
über 400 bis 500 kW	28	83	12,9	155,5	3,0
über 500 bis 600 kW	27	101	14,8	146,9	3,7
über 600 bis 700 kW	18	61	11,7	192,9	3,4
über 700 bis 800 kW	19	78	14,4	184,6	4,1
über 800 bis 900 kW	10	39	8,5	220,2	3,9
über 900 bis 1000 kW	9	42	8,6	206,8	4,7
über 1000 bis 2000 kW	28	129	39,5	306,4	4,6
über 2000 bis 3000 kW	4	11	10,4	946,3	2,8
über 3000 bis 4000 kW	3	12	11,0	916,6	4,0
über 4000 kW	7	24	67,6	2819,1	3,4
Summen	449	1076	246,5	229,1	2,4



$$\left(1 - \frac{111}{158}\right) \times 100 = 30\% \text{ Primärenergie-Einsparung durch BHKW}$$

$$\left(\frac{111}{72} - 1\right) \times 100 = 54\% \text{ Mehreinsatz von Öl oder Gas}$$

Bild 1. Energieflußbild eines BHKW im Vergleich mit getrennter Erzeugung von Strom und Wärme (nach ASUE) (2)

Brennstoffeinsatz

In *Tafel 6* sind die in Betrieb befindlichen BHKW nach dem Brennstoffeinsatz aufgliedert. Mit fast der Hälfte der Leistung dominiert das Erdgas. Knapp 30% der Leistung ist in Diesel-Maschinen installiert, die mit Heizöl bzw. wechselweise mit Erdgas und Heizöl betrieben werden. Letzteres ist eine interessante Variante, um den Spitzenbedarf an Erdgas durch zeitweisen Einsatz von Heizöl zu mindern. Die Leistungskosten für den Gasbezug können hierdurch gesenkt werden. Allerdings steigen die Investitionen für ein BHKW durch den höheren Preis eines Dieselmotors gegenüber einem Gasmotor und die Installation zweier Brennstoff-Versorgungssysteme. Aufgrund von Umweltschutzanforderungen ist die Anzahl der Anlagen, in denen schweres Heizöl eingesetzt wird, gering.

Hinsichtlich des Einsparens fossiler Brennstoffe sind die mit regenerativer Energie betriebenen Anlagen besonders interessant. Ihre Leistung liegt bei 23% der insgesamt in BHKW in Betrieb befindlichen Leistung. Mit 101 Anlagen und 46,8 MW Leistung hat das Gas aus Kläranlagen den höchsten Anteil, gefolgt von Deponiegas. Die Anteile von Biogas und Holzgas sind gering.

Bei der Güllevergärung treten in vielen Anlagen immer wieder Störungen auf. Die Investitionskosten sind recht hoch. Bei der Holzvergasung von Abfällen in Holzverarbeitungsbetrieben dürfte sich der betriebliche Aufwand zur Aufrechterhaltung des Vergasungsbetriebes hemmend auf die Verbreitung dieser Technik auswirken. Die Nutzung von Klärgas und Deponiegas in BHKW wird weiter ausgebaut. Für Klärgas sind 41 Anlagen mit einer Leistung von 9,1 MW in Bau und Planung und für Deponiegas 28 Anlagen mit 20,3 MW.

Module je Anlage

Tafel 7 zeigt, daß 1076 Motoren in BHKW in Betrieb sind, sicher im Verhältnis zu den in der Bundesrepublik Deutschland vorhandenen Lastwagenmotoren eine geringe Anzahl. 1029 Motoren haben eine Durchschnittsleistung unter 350 kW. 47 Motoren liegen in ihrer Leistung über 900 kW, stammen also aus dem Schiffsmaschinenbau. Sie haben jedoch 36% der Gesamtleistung der in Betrieb befindlichen BHKW. Blockheizkraftwerke mit einer elektrischen Leistung bis

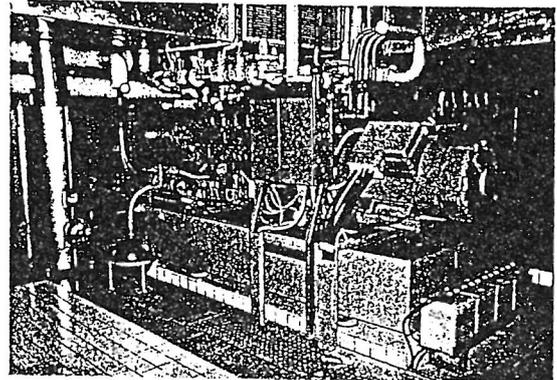


Bild 2. Stromerzeugung aus Klärgas

Abwasserkläranlage Gunzenhausen
Stromerzeugungsaggregat
Elektrische Leistung: 155 kW
Stromerzeugung: 489 000 kWh
Stadtwerke Gunzenhausen GmbH

300 kW haben im Durchschnitt 1 bis 2 Motoren. Von 300 kW bis 2000 kW Leistung eines BHKW liegt die durchschnittliche Anzahl an Motoren über 2 bis 4,6.

Stromerzeugung 1986

1986 wurden in BHKW, die von EVU betrieben werden, 285 GWh Strom und 1488 TJ Nutzwärme in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt. Mit der Leistung von 111 MW wurde also eine durchschnittliche Ausnutzungsdauer von 2567 h/a erreicht. Aus nicht von den EVU betriebenen Anlagen wurden 50 GWh in das Netz der öffentlichen Versorgung eingespeist.

Die Stromerzeugung in den nicht von EVU betriebenen BHKW ist in vielen Fällen nicht bekannt sondern nur die Stromeinspeisung in das Netz der öffentlichen Versorgung. Eine Schätzung der Ausnutzungsdauer dieser Anlagen auf 3500 h/a erscheint durchaus gerechtfertigt, da in einer Reihe von Betrieben wie Kläranlagen und Deponien ein durchlaufender Betrieb üblich ist und andere Einrichtungen wie Krankenhäuser oder Schichtbetriebe einen ausgeglicheneren Wärmebedarf über das Jahr haben als bei der Raumheizung, Brauchwasserversorgung und Schwimmbadheizung, die bei den EVU dominieren. Bei einer in Betrieb befindlichen Leistung von 135 MW ergibt sich bei dieser Ausnutzungsdauer eine geschätzte Stromerzeugung in BHKW, die nicht von EVU betrieben werden, von rd. 473 GWh/a, so daß die gesamte Stromerzeugung in BHKW einschließlich der EVU-Anlagen auf 760 GWh/a geschätzt werden kann. Das sind knapp 0,2% der gesamten Bruttoerzeugung in der Bundesrepublik Deutschland (*Bild 2* und 3).

Zur Ermittlung der Stromerzeugung mit BHKW aus regenerativen Energien wurden, soweit Angaben vorlagen, die Erzeugungen addiert. Wenn nur die Einspeisung in das Netz der öffentlichen Versorgung bekannt war, wurde diese verwendet. Unter dieser Voraussetzung ergibt sich eine Stromerzeugung von rd. 91 GWh aus regenerativen Brennstoffen. Die effektive Erzeugung dürfte erheblich höher liegen. Schätzt man die Ausnutzungsdauer der in Betrieb befindlichen Leistung von 56 MW auf 5000 h/a, so erscheint eine Stromerzeugung von rd. 280 GWh möglich. Die Differenz zu den gemeldeten 91 GWh wäre als Strombedarf der Kläranlagen und Deponien zu betrachten, der ohne BHKW vom EVU hätte bezogen werden müssen.

Abschätzung der Energieeinsparung und Brennstoffsubstitution

Aus Erdöl und Erdgas wurden schätzungsweise 480 GWh Strom in BHKW erzeugt. Durch die Nutzung dieser Brennstoffe in BHKW wird Primärenergie eingespart. Andererseits wird, wenn auch mit gutem Wirkungsgrad, importierte Energie zur Stromerzeugung einge-

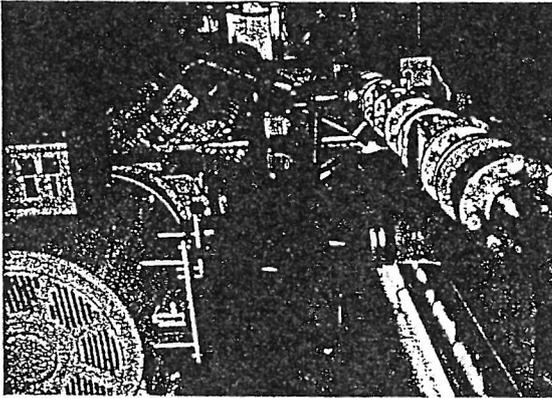


Bild 3. Stromerzeugung aus Deponiegas

Mülldeponie Hechingen
 Stromerzeugungsaggregat im Container
 Leistung: 210 kW
 Inbetriebnahme: 20. August 1986
 Stromerzeugung: bis 2. Februar 1987 742000 kWh
 Energie-Versorgung Schwaben AG, Stuttgart

setzt und dadurch Steinkohle bei der Stromerzeugung verdrängt. Die BHKW werden ganz überwiegend im Mittellastbereich eingesetzt, also in dem Bereich, in dem Steinkohle zur Stromerzeugung benutzt wird.

Die Energieeinsparung und die Brennstoffsubstitution durch BHKW auf Erdgas- und Erdölbasis soll im folgenden abgeschätzt werden: In der VDI-GET-Informationsschrift »BHKW-Technik« [2] ist das Energieflußbild eines BHKW im Vergleich mit getrennter Erzeugung von Strom und Wärme dargestellt (Bild 1). Diese Verhältniszahlen gelten sicher nur für gut ausgelegte Anlagen und können nicht auf alle Anwendungsfälle übertragen werden. Für eine überschlägige Betrachtung der Größenordnung mögen sie jedoch ausreichen. Die Rechnung ergibt, daß durch die Erzeugung von 480 GWh Strom mit Erdgas und Erdöl in BHKW schätzungsweise 83000 t SKE im Jahre 1986 durch die Kraft-Wärme-Kopplung eingespart wurden. Gegenüber der getrennten Erzeugung von Strom in Kondensationskraftwerken und Wärme in Gasheizkesseln werden etwa 169000 t Steinkohle eingespart, und 77000 t SKE Erdgas und Erdöl mußten zusätzlich importiert werden.

Energiewirtschaftliche Bedeutung

Der Steinkohlemindereinsatz in den Kraftwerken der öffentlichen Versorgung durch diese Stromerzeugung liegt unter 0,5%. Der Mehreinsatz an importiertem Brennstoff liegt nahe 0,2% der 1986 importierten Gasmenge. Die Brennstoffsubstitution durch BHKW - Stromerzeugung mit importierten hochwertigen Primärenergien von kürzerer Reichweite statt mit Steinkohle großer Reichweite - ist also energiewirtschaftlich bisher kaum von Bedeutung. Selbst eine Verdoppelung der Leistung und Erzeugung in BHKW würde den Einsatz der deutschen Steinkohle nicht durchschlagend verändern.

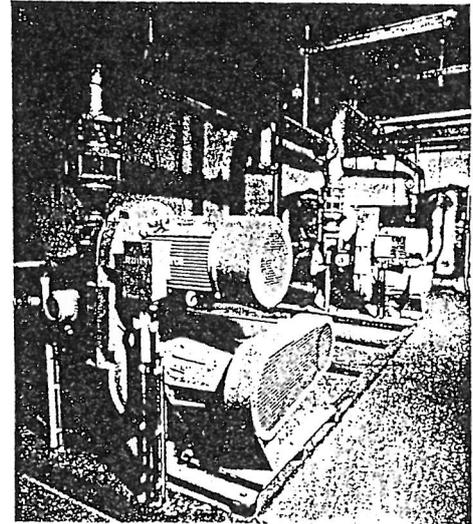


Bild 4. Stromerzeugung mit Deponiegas

Mülldeponie »Burghof« Vaihingen/Enz
 Leistung: 1. Ausbaustufe 690 kW
 Endausbau rd. 3500 kW
 Stromerzeugung im Endausbau 24 Mio kWh/a
 Neckarwerke AG, Esslingen

Wenn sich der Ausbau etwa im gleichen Umfang fortsetzt, wie in den letzten Jahren, so ist eine Verdoppelung der Leistung in etwa 10 Jahren zu erwarten. Aus wirtschaftlicher Sicht haben Blockheizkraftwerke einen begrenzten Einsatzbereich. Sie sind als Nischentechnik zu betrachten, wie auch eine Studie von Fichtner Beratende Ingenieure, Stuttgart, [3] für das Land Baden-Württemberg zeigt. Eine starke Forcierung des Ausbaus von BHKW auf Basis Erdgas und Erdöl über den bisherigen Zuwachs hinaus durch massive Subventionen würde wegen der damit verbundenen Erhöhung des Imports an Öl und Gas und der Reduzierung des Absatzes deutscher Steinkohle den energiepolitischen Zielsetzungen widersprechen.

Energiepolitisch sinnvoll ist die Nutzung der regenerativen Energien: Klär-, Faul-, Deponie-, Bio- und Holzgas. Es wurden 1986 hierdurch schätzungsweise 92000 t SKE an anderen Brennstoffen in Kraftwerken eingespart (Bild 4).

Schrifttum

- [1] Nitschke, J.: Blockheizkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland. Elektrizitätswirtschaft 85 (1986), S. 33 - 39.
- [2] VDI-GET-Informationsschrift BHKW-Technik: Rationelle Energieversorgung mit Verbrennungsmotorenanlagen Teil II.
- [3] Fichtner Beratende Ingenieure, Stuttgart, ISP Institut für angewandte Systemforschung und Prognose eV, Hannover. Einsatzmöglichkeiten für Blockheizkraftwerke in Baden-Württemberg. Studie im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie Baden-Württemberg, Februar 1985.

Kraft-Wärme-Kopplung mit Verbrennungskraftmaschinen und Nutzung von Abfällen zur Stromerzeugung Entwicklungsstand in der Bundesrepublik Deutschland 1989

Von Joachim Nitschke, Frankfurt (Main)*

Die Anzahl der in Betrieb befindlichen Blockheizkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland nahm seit der letzten VDEW-Erhebung von 1986 bis 1988 von 449 auf 886 Anlagen zu. Die Gesamtleistung dieser Anlagen erhöhte sich von 247 MW auf 386 MW. Mehr als ein Drittel der Anlagen werden mit energetisch besonders interessanten Abfallgasen betrieben. Hinzu kommen noch eine Reihe von Gas- und Dampfturbinenanlagen, für die Abfallgase als Brennstoff eingesetzt werden. Der Anteil dieser regenerativen Energien einschließlich Müll an der Deckung des Strombedarfs aus dem Netz der öffentlichen Versorgung, liegt mit 0,8 % in der gleichen Größenordnung wie der prozentuale Anteil der Windstromerzeugung in Dänemark, bei einem 12fach höheren Strombedarf in der Bundesrepublik Deutschland.

Begriffe/Abgrenzung

Anfang 1989 hat die VDEW eine Umfrage von 1987 über den Einsatz von Verbrennungskraftmaschinen in Kraft-Wärme-Kopplung – meist Blockheizkraftwerke (BHKW) genannt – und nach Anlagen, die Abfälle zur Stromerzeugung nutzen, wiederholt. Der Begriff BHKW ist unglücklich gewählt. Er ist leicht zu verwechseln mit dem seit langem in der Energiewirtschaft standardisierten Begriff »Heizkraftwerksblock«, der eine unmittelbare Hintereinanderschaltung eines Dampferzeugers und einer Dampfturbine mit Wärmeauskopplung für Heizzwecke kennzeichnet. Hinzu kommt, daß der Begriff »Blockheizkraftwerk« nicht eindeutig abgegrenzt ist; manche Autoren verstehen hierunter auch kleinere Gasturbinenanlagen mit Wärmeauskopplung oder sogar Anlagen mit Wirbelschichtfeuerung.

Da sich der unglückliche Begriff BHKW jedoch in der Öffentlichkeit weitgehend eingeführt hat und bisher keine andere griffige Kennzeichnung bekannt ist, soll er auch im folgenden verwendet werden. Er wird jedoch nur für ortsfeste Verbrennungskraftmaschinen in Kraft-Wärme-Kopplung angewandt und zusätzlich für Verbrennungskraftmaschi-

nen, die mit Abfallgasen betrieben werden, auch ohne Kraft-Wärme-Kopplung, wie Deponieanlagen, bei denen die Motorabwärme oft nicht genutzt werden kann. Die Bezeichnung letztgenannter Anlagen als »Blockkraftwerke« wäre völlig verfehlt und verwirrend. Ferner befaßt sich diese Veröffentlichung auch mit der Nutzung von Abfallgasen, wie Klärgas, Deponiegas, Biogas und Holzabfällen in Gas- und Dampfturbinenanlagen.

Erfassungsmethodik

Die Zusammenstellung beruht auf einer Umfrage bei den Elektrizitäts-Versorgungsunternehmen. Diesen sind neben ihren eigenen Anlagen auch die Fremdanlagen bekannt, da das EVU aus Sicherheitsgründen, z. B. zur Freischaltung des Netzes bei Reparaturen, Zugang zum Netzschalter dieser Anlagen haben muß. In wenigen Ausnahmefällen werden Fremdanlagen auch im Inselbetrieb

ohne Verbindung zum Netz der öffentlichen Versorgung betrieben. Diese sind den EVU nicht immer bekannt. Deswegen wurden die VDEW-BHKW-Listen mit Listen des »Institutes Wohnen und Umwelt« und der Arbeitsgemeinschaft für Sparsamen und Umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V. (ASUE) verglichen. Soweit hier nicht die VDEW-Listen von 1987 eingegangen sind, beruhen die zusätzlichen Angaben auf Listen der Hersteller.

Die Überprüfung dieser Ergänzungen nach Herstellerangaben durch die zuständigen EVU ergab, daß ein erheblicher Anteil dieser Verbrennungsmotoren für Notstromaggregate, Wärmepumpen oder Kälteanlagen eingesetzt wird, also nicht zu den BHKW zu zählen ist. Einige Anlagen waren auch bereits stillgelegt und demontiert. Somit ist davon auszugehen, daß die in Betrieb befindlichen Anlagen weitgehend vollständig erfaßt sind. Stichtag für die Erhebung ist der Jahreswechsel 1988/89. Anlagen, die erst 1989 in Betrieb gegangen sind, werden als in Bau oder Planung erfaßt. Da u. U. ein Dritter erst in einem verhältnismäßig späten Planungsstadium den Kontakt zu seinem EVU aufnimmt, kann in diesem Bereich die Vollständigkeit nicht gesichert werden. Voruntersuchungen, z. B. zur Wirtschaftlichkeit, wurden grundsätzlich nicht berücksichtigt, sondern nur Anlagen, bei denen Anzahl und Leistung der Motoren bereits festgelegt sind.

Da die Erfassung nur anlagenweise stattfindet, wird das Jahr der ersten Inbetriebnahme angegeben. Spätere Zubauten werden in der Anzahl der Module und in der Leistung berücksichtigt. Es bleibt jedoch beim Jahr der ersten Inbetriebnahme. Werden sämtliche Motoren durch neue ersetzt, so wird als Inbetriebnahmejahr das der neuen Motoren genannt. Zubauten an vorhandenen Anlagen, die nach 1988 in Betrieb gehen werden, wurden unter Anlagen in Bau und Planung eingeordnet.

In Betrieb befindliche Anlagen

Tafel 1 zeigt Anzahl und Leistung der Ende 1988 in Betrieb befindlichen Blockheizkraftwerke, gegliedert nach Art des Brennstoffs und den Betreibergruppen. Die Anzahl der gemeldeten Anlagen hat von Ende 1986 bis Ende 1988 um 437 auf 886 Stück zugenommen. Die Leistungszunahme lag im gleichen Zeitraum bei 57%. Der Zuwachs liegt vornehmlich im Bereich kleinerer Anlagen. 190 Blockheizkraftwerke mit einer Leistung von 143,7 MW, also 37% der Leistung, werden von EVU betrieben. Die Anzahl der Anlagen bei Industrie, Gewerbe und privaten Haushalten einerseits und andererseits öffentlichen Einrichtungen ist grö-

*) Dipl.-Ing. J. Nitschke ist Referent bei der VDEW-Hauptgeschäftsstelle in Frankfurt (Main).

Tafel 1. Anzahl und elektrische Leistung der 1988 in Betrieb befindlichen Blockheizkraftwerke, gegliedert nach dem Brennstoff und den Betreibergruppen

Brennstoff	EVU		Industrie/ private		öffentliche Einrichtungen		gesamt	
	Anzahl	elek- trische Leistung MW	Anzahl	elek- trische Leistung MW	Anzahl	elek- trische Leistung MW	Anzahl	elek- trische Leistung MW
Erdgas	141	94,4	110	36,1	62	25,7	313	156,2
Heizöl leicht	12	5,2	186	47,7	10	3,3	208	56,2
Heizöl schwer			6	3,8			6	3,8
Erdgas, Heizöl leicht	4	24,2	10	11,4	3	6,5	17	42,1
Flüssiggas	2	3,7	11	2,2	3	0,1	16	6,0
Kokereigas	2	0,8					2	0,8
Klärgas, Faulgas	8	6,1	4	0,9	237	83,8	249	90,8
Deponiegas	21	9,3	16	10,3	15	8,5	52	28,1
Biogas			18	0,8	4	1,1	22	1,9
Holzgas			1	0,4			1	0,4
Summe	190	143,7	362	113,6	334	129,0	886	386,3

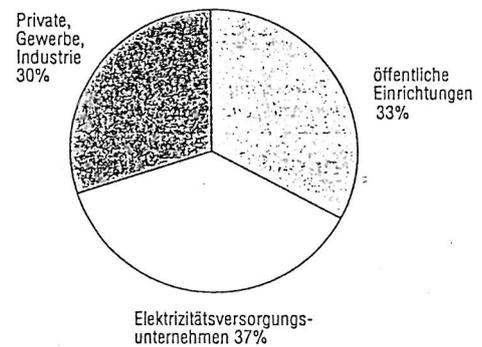
Ber. Erstgenannte haben einen Leistungsanteil von 30 %, letztgenannte von 33 % (Bild 1).

Hinsichtlich der Brennstoffe (Bild 2) überwiegt mit 40 % leistungsmäßig das Erdgas. Dieselmotoren mit Heizöl bzw. Erdgas mit Heizöleinspritzung haben einen Leistungsanteil von 26 %. 31 % der Blockheizkraftwerke werden mit Abfallgasen betrieben. In den restlichen Anlagen wird Flüssiggas und Kokereigas genutzt.

Tafel 2 zeigt die Aufteilung der in Betrieb befindlichen Blockheizkraftwerke nach Leistungsgruppen. Anzahlmäßig überwiegen die kleinen Anlagen bis 300 kW mit einem Anteil von 61 %. Der Leistungsanteil liegt jedoch nur bei 18 %. Mit 9 % von der Anzahl stellen Anlagen über 1000 kW 44 % der Leistung. Bei EVU überwiegen die größeren Anlagen.

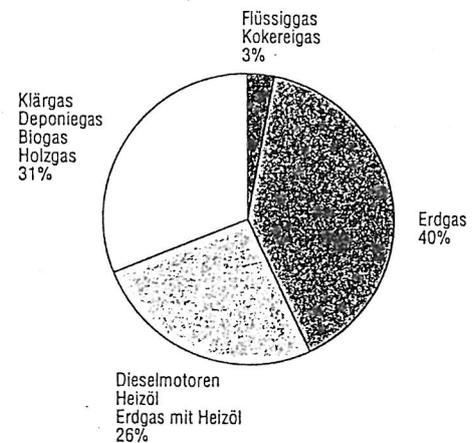
Kleinere Blockheizkraftwerke bis 400 kW Leistung haben im Durchschnitt 1 bis 2 Motoren, wie Tafel 3 zeigt. Bei größeren Anlagen steigt die durchschnittliche Motorenanzahl je Blockheizkraftwerk bis auf 5. Insgesamt wurden in den 886 in Betrieb befindlichen BHKW 1939 Motoren festgestellt.

Bild 1. Aufteilung der Ende 1988 in Betrieb befindlichen BHKW-Leistung auf Betreibergruppen



18554.1

Bild 2. Aufteilung der Ende 1988 in Betrieb befindlichen BHKW-Leistung nach Brennstoffen



18554.2

Tafel 2. Anzahl und elektrische Leistung der 1988 in Betrieb befindlichen Blockheizkraftwerke, gegliedert nach der elektrischen Leistung und den Betreibergruppen

Betreibergruppen Leistungsgruppen MW	EVU		Industrie/ private		öffentliche Einrichtungen		gesamt	
	Anzahl	elek- trische Leistung MW	Anzahl	elek- trische Leistung MW	Anzahl	elek- trische Leistung MW	Anzahl	elek- trische Leistung MW
bis 50	4	0,2	88	2,3	54	1,9	146	4,4
über 50 bis 100	8	0,7	53	4,6	55	4,4	116	9,7
über 100 bis 200	12	2,0	64	9,5	73	11,2	149	22,7
über 200 bis 300	35	8,9	47	11,9	46	11,8	128	32,6
über 300 bis 400	28	9,7	32	11,5	28	10,2	88	31,4
über 400 bis 500	16	7,5	14	6,6	15	7,0	45	21,1
über 500 bis 600	22	11,9	13	7,1	8	4,6	43	23,6
über 600 bis 700	7	4,5	10	6,5	10	6,6	27	17,6
über 700 bis 800	12	9,0	13	9,7	6	4,6	31	23,3
über 800 bis 900	9	7,7	7	6,2	6	5,2	22	19,1
über 900 bis 1000	7	6,6	2	1,9	3	3,0	12	11,5
über 1000 bis 2000	18	24,4	15	20,6	22	31,5	55	76,5
über 2000 bis 3000	5	12,3	2	4,9	4	10,0	11	27,2
über 3000 bis 4000	4	14,6			2	6,8	6	21,4
über 4000	3	23,7	2	10,5	2	10,2	7	44,4
Summe	190	143,7	362	113,8	334	129,0	886	386,5

Tafel 3. Anzahl und Durchschnittsleistung der Motoren (Module) je Blockheizkraftwerk der in 1988 in Betrieb befindlichen Anlagen, gegliedert nach Leistungsgruppen

Leistungsgruppen	Anzahl BHKW	Anzahl Motoren	Gesamt- leistung MW	Durchschnitts- leistung je Motor kW	Durchschnitts- Anzahl Motoren je BHKW
bis 50	146	188	4,3	23,2	1,2
über 50 bis 100	116	168	9,6	57,3	1,4
über 100 bis 200	149	227	22,7	100,2	1,5
über 200 bis 300	128	249	32,6	131,0	1,9
über 300 bis 400	88	191	31,3	164,3	2,1
über 400 bis 500	45	119	21,0	177,0	2,6
über 500 bis 600	43	142	23,5	165,7	3,3
über 600 bis 700	27	85	17,5	207,0	3,1
über 700 bis 800	31	115	23,3	202,6	3,7
über 800 bis 900	22	80	19,1	239,4	3,6
über 900 bis 1000	12	52	11,5	221,3	4,3
über 1000 bis 2000	55	222	76,4	344,4	4,0
über 2000 bis 3000	11	54	27,1	501,9	4,9
über 3000 bis 4000	6	23	21,3	928,4	3,8
über 4000	7	24	44,4	1851,0	3,4
Summe	886	1939	386,3	199,2	2,1

Tafel 4. Anzahl und elektrische Leistung der 1988 in Betrieb befindlichen Blockheizkraftwerke sowie Anlagen in Bau und Planung, gegliedert nach Betreibergruppen

Betreibergruppen Brennstoff	EVU		Industrie/ private		öffentliche Einrichtungen		gesamt	
	Anzahl	elek- trische Leistung MW	Anzahl	elek- trische Leistung MW	Anzahl	elek- trische Leistung MW	Anzahl	elek- trische Leistung MW
in Betrieb	190	143,7	362	113,7	334	129,0	886	386,4
im Bau	39	37,5	44	29,5	36	16,4	119	83,4
in Planung	42	43,2	22	6,3	22	8,5	86	58,0
Summe	271	224,4	428	149,5	392	153,9	1091	527,8

In Bau und Planung befindliche Blockheizkraftwerke

Tafel 4 gibt eine Übersicht über die in Betrieb, in Bau und Planung befindlichen Anlagen. Danach ist zu erwarten, daß Ende 1990 eine Leistung von etwa 530 MW in rd. 1100 Anlagen zur Verfügung steht. Rund 43% dieser Leistung wird von EVU betrieben werden. Bild 3 zeigt den jährlichen Zubau seit 1975, der bis 1987 nahezu stetig bis auf 50 MW/a zugenommen hat. Für 1989 ist sogar ein Zuwachs von rd. 78 MW zu erwarten.

Das Sinken der Werte für 1990 und danach braucht nicht zu besagen, daß die künftigen Zubauten geringer als in den Vorjahren ausfallen werden. Da bei diesen Anlagen vom Beginn der Planung bis zur Inbetriebnahme ein Jahr durchaus ausreichen kann, ist 1990 mit einem höheren Zuwachs zu rechnen als hier erfaßt. Der Zuwachs ist sicher stark abhängig von der Entwicklung, einerseits der Öl- bzw. Gaspreise, andererseits der Strompreise. Bei den Strompreisen ist in den nächsten Jahren kaum mit einer Preissteigerung zu rechnen. Für Öl und Gas sind Voraussagen schwierig.

Maßnahmen zur Emissionsminderung bei Blockheizkraftwerken

Gegenüber der Nutzung von Öl oder Gas in Heizkesseln muß bei Blockheizkraftwerken rd. 50% mehr Brennstoff eingesetzt werden. Durch die Verbrennung im Motor entstehen außerdem in erhöhtem Maß Stickoxide. Da diese Emissionen meist aus niedrigen Kaminen in der Nähe von Wohngebieten ausgehen, verdienen diese besondere Beachtung. Die TA-Luft vom 28. Februar 1986 gibt Grenzwerte für Alt- und Neuanlagen vor. Die Grenzwerte für Altanlagen sind teilweise erst ab 1994 einzuhalten. In Tafel 5 sind die Grenzwerte (von Hildebrand, VDEW) zusammengestellt.

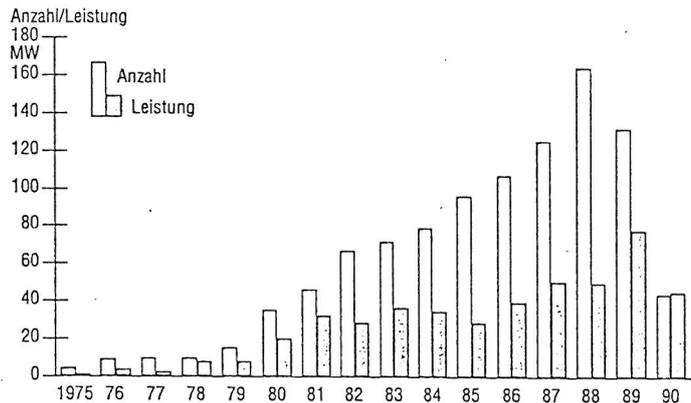


Bild 3. Jährliche Inbetriebnahme von BHKW (Vor 1975: 41 Anlagen mit 37,3 MW Leistung)

Von Interesse ist, mit welchen Methoden diese Grenzwerte in der Praxis eingehalten werden. Deswegen wurde diese Frage in die Erhebung aufgenommen. Leider war es bei Nicht-EVU-Anlagen jedoch oft nicht möglich, die Maßnahmen zur Emissionsminderung in Erfahrung zu bringen. Tafel 6 zeigt die Ergebnisse. Soweit in den Rückmeldungen Angaben zur Emissionsminderung gemacht wurden, sind diese in Bild 4 für die Ende 1988 in Betrieb befindlichen Anlagen

prozentual dargestellt. Bei einem erheblichen Teil hat noch keine Nachrüstung stattgefunden. Bei den mit Emissionsminderungsmaßnahmen ausgerüsteten Anlagen überwiegt der Dreibeige-Katalysator, gefolgt vom Magermotor mit Katalysator und danach ohne Katalysator. Die Stickoxid-Reduzierung mit Ammoniak findet praktisch ausschließlich bei großen Motoren statt. Interessanterweise wird bei den Anlagen in Bau und Planung vorwiegend das Magermotor-Prinzip mit Katalysator angewandt (Bild 5). Aber auch der Magermotor ohne Katalysator und der Ammoniak-Einsatz haben erhebliche Anteile. Der Anteil der BHKW mit Dreibeige-Katalysator geht auf 21% zurück.

Stromerzeugung mit Blockheizkraftwerken

Die Erhebung führte zu dem Ergebnis, daß die Blockheizkraftwerke der EVU 446 GWh im Jahre 1988 erzeugt haben. Aus den Nicht-EVU-Anlagen wurden 89 GWh in das Netz der öffentlichen Versor-

Tafel 5. Auszug¹⁾ aus den Emissions- und Nachrüstregelungen der TA Luft 1986 vom 28. Februar 1986; nach Hildebrand (VDEW)

Neuanlagen Ziffer	3.3.1.2.1	3.3.1.2.2	3.3.1.2.3	3.3.1.4.1	3.3.1.5.1	3.3.8.1.1
Brennstoffe/ Anlagenarten	fest (Kohle, Koks, Kohlebriketts, Torf, Holz...)	flüssig (Heizöle der Erstraffinerie, Rohöle)	gasförmig	Verbrennungs- motoren	Gasturbinen- anlagen	Müll- verbrennung (Hausmüll und hausmüllähnliche Abfälle)
Feuerungswärmeleistung	> 1 MW bis < 50 MW		> 10 MW bis < 100 MW	> 1 MW	a) < 60000 m ³ /h b) > 60000 m ³ /h	a) ≤ 0,75 t/h ²⁾ b) > 0,75 t/h ²⁾
Bezugs-O ₂ Vol.-%	Kohle: 7 sonstige: 11	3	3	5	15	bei a): 17 bei b): 11
Staub (mg/m ³)	≥ 5 MW: 50 < 5 MW: 150	≥ 5 MW und bei Heizöl > 1% S: 50 sonstige: 80 bei Heizöl nach DIN 51603 T 1: Rußzahl ≤ 1	Gichtgas: 10 Industriegas: 50 sonstige: 5	10 130	bei a) Rußzahl 4 bei b) Rußzahl 2 (beim Anfahren: Rußzahl 3)	30 sofern nicht Hausmüll oder hausmüllähnliche Abfälle: gemäß Ziffer 3.1.4 TA Luft 1986
SO ₂ mg/m ³	bei WSF: 400 oder S-Emissions- grad von 25 % sonstige: 2000, die Emissions- minderungs- möglichkeiten sind aus- zuschöpfen	≤ 5 MW: nur Heizöle nach DIN 51603 T 1 oder gleichwertige Minderungs- maßnahmen sonstige: 1700, die Emissions- minderungs- möglichkeiten sind aus- zuschöpfen	Kokereigas oder Raffineriegas: 100 Flüssiggas: 5 Erdölgas: 1700 Koksofengas und Hochofen- gas: (Grafik) sonstige: 35	S-Gehalt im Brennstoff wie bei Heizölen nach DIN 51603 T 1 oder gleichwertige Emissions- minderungsmaßnahmen		100 oder S-Emissions- grad von 3 %
NO _x mg/m ³	WSF (stationär) > 20 MW oder WSF (zirkulierend): 300 sonstige: 500 (bei »sonstige« sind feuerungs- technische Minderungsmaßnahmen auszuschöpfen)	bei Heizöl nach DIN 51603 T 1: 250 sonstige: 450	200 (bei Prozeß- gasen- Minderungs- maßnahmen nach dem Stand der Technik)	Selbst- zündungs- motoren ³⁾ ≥ 3 MW: 2000 < 3 MW: 4000 sonstige Motoren 4-Takt: 500 2-Takt: 800	bei a): 350 bei b): 300 (verbrennungs- technische Minderungs- maßnahmen sind aus- zuschöpfen)	
CO mg/m ³	250 (bei Einzel- feuerung < 2,5 MW nur bei Betrieb mit Nennlast)	170	100	650	100	100 (bei Erreichen von 80: Hilfsbrenner zuschalten)

¹⁾ für Wärmeerzeugung, Bergbau, Energie (3.3.1) sowie Verwertung und Beseitigung von Reststoffen (3.3.8)

²⁾ sowie für Anlagen für sonstige Abfälle

³⁾ motorische Minderungsmaßnahmen sind auszuschöpfen

Zeichenerklärung: < kleiner als > größer als ≤ kleiner oder gleich, höchstens gleich ≥ größer oder gleich, mindestens gleich

Fortsetzung von Tafel 5

Altanlagen Überschreitung (a bis d)	a) von Emissionswerten krebserzeugender Stoffe (Ziffer 4.1.1, 4.1.4)	b) des 3-fachen der Emissions- begrenzungen (Ziffer 4.2.2)	c) des 1½-fachen der Emissions- begrenzungen (Ziffer 4.2.3)	d) des 1-fachen der Emissions- begrenzungen (Ziffer 4.2.4)
zugrunde gelegte Stoffe nach Ziffern bzw. Kriterien	2.3	3.1.4, 3.1.6 Klasse I bis III, 3.1.7 Klasse I oder II, 3.1.7 Absatz 7	3.1 oder 3.3	3.1 oder 3.3
nachträgliche Anordnung zu erteilen bis spätestens	unverzüglich	28. 2. 1987	29. 2. 1988	nicht festgelegt
Anforderungen einzuhalten ab	nicht geregelt, jedoch schnellstmöglich	1. 3. 1989	1. 3. 1991	1. 3. 1994

gung eingespeist. Dieses ergibt zusammen einen Anteil von 0,15 % an der Bruttoerzeugung der Kraftwerke der öffentlichen Versorgung. Die durchschnittliche Ausnutzungsdauer der EVU-Anlagen lag bei 3108 h/a. Geht man davon aus, daß die Nicht-EVU-Anlagen die gleiche Ausnutzungsdauer erreichten, so wurden 665 GWh zur Deckung des Eigenbedarfs eingesetzt.

Stromerzeugung aus Klär-, Deponie- und Biogas

Die Stromerzeugung aus Abfällen ist energetisch besonders interessant. Das methanhaltige Klärgas fällt bei der biologischen Klärung der kommunalen Abwässer an. Die Kläranlagen werden im wachsenden Umfang mit biologischer Klärung ausgerüstet. Für die Pumpen und Luftverdichter dieser Anlagen wird Antriebsenergie benötigt. In Einzelfällen wird diese durch direkte gekoppelte Kolbenmotoren, in denen Klärgas eingesetzt wird, bereitgestellt. Diese Motoren wurden in der Statistik nicht erfaßt. Üblicherweise treiben die Verbrennungsmotoren auf Basis Klärgas Generatoren zur Stromerzeugung an. Diese sind parallel zum Netz geschaltet, so daß aus dem Netz Zu-

Tafel 6. Maßnahmen zur Emissionsminderung bei Blockheizkraftwerken (Stand Ende 1988)

Maßnahmen	in Betrieb		in Bau und Planung	
	Anzahl	elektrische Leistung MW	Anzahl	elektrische Leistung MW
ohne besondere	179	90,5	14	2,9
nicht bekannt	521	176,7	98	48,2
durchgeführt	186	120,4	93	91,6
davon				
Magermotor mit				
Katalysator	38	26,9	24	28,3
Magermotor ohne				
Katalysator	22	17,8	22	20,0
Dreiwege-Katalysator	103	53,1	34	18,4
Katalysator mit NH ₃	9	17,1	6	23,9
Rußfilter	7	2,7		
nicht bekannt	7	2,8	7	1,0

satz- und Reservestrom bezogen werden kann. Diese Anlagen sind den EVU bekannt. In einigen wenigen Ausnahmefällen fahren solche Anlagen auch im Inselbetrieb ohne Anschluß an das Netz der öffentlichen Versorgung. Die Gasversorgung wird in diesen Ausnahmefällen durch einen Erdgasanschluß gesichert. Die Motor-Generator-Anlagen im Inselbetrieb wurden – soweit bekannt – in die Statistik aufgenommen. Die Abwärme der Motoren wird praktisch in allen Fällen zum Erwärmen des Abwassers im Klärturm genutzt, soweit hierfür nicht das Klärgas direkt eingesetzt wird.

In 249 Klärwerken werden Gasmotoren zur Stromerzeugung mit einer Gesamtleistung von 91 MW betrieben. Dazu kommen sechs Anlagen, bei denen Gasturbinen eingesetzt werden. In einem weiteren Fall wird das Klärgas zusammen mit anderen Brennstoffen im Dampferzeuger eines nahe gelegenen Kraftwerkes

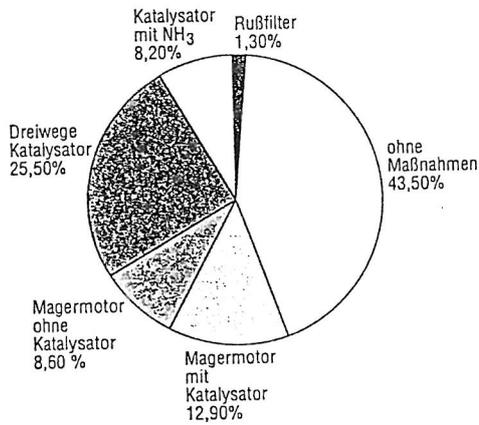


Bild 4. Maßnahmen zur Emissionsminderung der Ende 1988 in Betrieb befindlichen BHKW (Leistungsanteile soweit Angaben gemacht wurden)

1855a.4

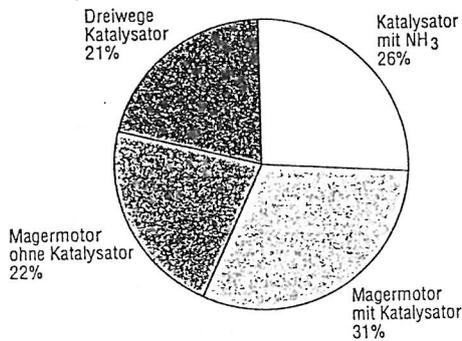


Bild 5. Maßnahmen zur Emissionsminderung der Anfang 1989 in Bau und Planung befindlichen BHKW (Leistungsanteile soweit Angaben gemacht wurden)

1855a.5

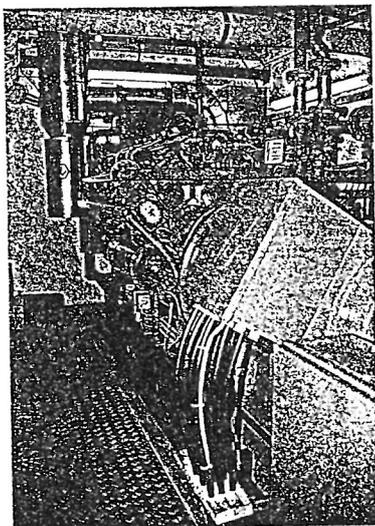


Bild 6. Verbrennungsmotor und Generator auf der Deponie Meßkirchen-Ringgenbach. 16-Zylinder-Turbolader Gas-Otto-Motor; 32,2 l Hubraum, 1500 min⁻¹, 454 kW Leistung

verbrannt. Diese sieben Anlagen haben eine Leistung von 23 MW, so daß Ende 1988 insgesamt eine elektrische Leistung von 114 MW, verteilt auf 256 Klärwerke, vorhanden war. Die Anlagen werden bis auf wenige Ausnahmen von den kommunalen Einrichtungen, die für die Abwasserbeseitigung zuständig sind, betrieben. Bei acht Stromerzeugungsanlagen mit einer Leistung von 6 MW sind jedoch die örtlichen EVU für den Betrieb verantwortlich. Die Gesamterzeugung dieser Anlagen lag 1988 bei 28,6 GWh und die Ausnutzungsdauer bei rd. 4700 h/a.

Von den Fremdanlagen ist nur die Einspeisung in das Netz der öffentlichen Versorgung mit 11,6 GWh bekannt. Nicht alle Anlagen laufen zur Zufriedenheit der Betreiber. Geht man jedoch davon aus, daß bei den Fremdanlagen die gleiche Ausnutzungsdauer wie bei den sieben EVU-Anlagen erreicht wird, so kann die Stromerzeugung aus Klärgas auf 500 GWh geschätzt werden. Hiervon wird jedoch der weit überwiegende Teil zur Deckung des Eigenbedarfs der Kläranlagen benötigt. Kleine Kläranlagen können in der Regel ihren Eigenbedarf nicht selbst decken und beziehen Zusatzstrom; größere Kläranlagen speisen zumindest zeitweise Überschussstrom in das Netz der öffentlichen Versorgung.

In einer Hausmülldeponie werden unter Luftabschluß und Druck aus organischen Bestandteilen methanhaltige Gase gebildet. Dadurch wird der Pflanzenwuchs auf einer abgedeckten Deponie über Jahre behindert. Die Gase belästigen oder gefährden eventuell sogar die Umgebung. Deswegen werden in Deponien Bohrlöcher eingebracht, über die das Gas abgesaugt wird. Über Sammelleitungen wird es einer Fackel zugeführt. Energetisch sinnvoller ist es jedoch, das Gas zur Stromerzeugung einzusetzen, nachdem die Korrosionsprobleme inzwischen weitgehend beherrscht werden. Dieses geschieht heute bereits auf 55 Deponien. In 52 Fällen werden Gasmotoren eingesetzt. Bei einer Großanlage in Berlin ist eine Gasturbine installiert, in zwei anderen Fällen Dampfzylinder mit Dampfturbinen. Insgesamt ist eine Leistung von 33 MW für Deponiegas installiert.

1988 wurden 101,4 GWh Strom aus Deponiegas erzeugt. Die Ausnutzungsdauer erscheint mit rd. 3000 h/a deshalb noch recht niedrig, weil ein erheblicher Anteil erst im Laufe des Jahres 1988 in Betrieb gegangen ist. Weitere 46 Deponieanlagen mit einer gesamten elektrischen Leistung von ebenfalls 33 MW sind in Bau und Planung. Nur in wenigen Ausnahmefällen besteht die Möglichkeit, die Abwärme der Stromerzeugungsanlage zu nutzen, da in der Umgebung von Deponien nur selten Wärmebedarf besteht.

In Biogasanlagen wird hauptsächlich Gülle der Viehhaltung eingesetzt. Es können auch andere in der Landwirtschaft anfallende organische Abfälle eingesetzt werden. Unter Luftabschluß entsteht durch anaerobe Vergärung bei etwa 30 °C ein methanhaltiges Gas, das direkt zur Heizung und zum Kochen eingesetzt werden kann. Es ist jedoch auch möglich, damit einen Gasmotor zu betreiben und Strom zu erzeugen. Die entgaste Gülle führt zu deutlich verminderter Geruchsbelästigung bei Ausbringung auf den Feldern. Die Aufnahme durch die Pflanzen wird während der Wachstumsperiode verbessert. Die auszubringende Menge ändert sich praktisch nicht. Die Gefährdung des Grundwassers bei Überdüngung und beim Ausbringen außerhalb der Wachstumsperiode wird durch die anaerobe Vergärung kaum geändert. Forschungsarbeiten befassen sich mit Verfahren zur Überführung der Gülle in pulverförmige, lagerfähige Düngemittel und geklärtes Abwasser. Ein wirtschaftlich lohnender Betrieb von Biogasanlagen nur unter Berücksichtigung des Energiegewinns ist selbst dann kaum möglich, wenn Eigenleistungen bei Bau und Betrieb der Anlage nicht in Rechnung gestellt werden.

In der VDEW-Umfrage wurden 22 Biogasanlagen, die mit Stromerzeugungsanlagen ausgerüstet sind, gemeldet. Die Gesamtleistung dieser Motor-Generator-Aggregate beträgt 1,9 MW. Unterstellt man eine Ausnutzungsdauer von 3000 h/a, so würden mit diesen Anlagen 5,7 GWh/a erzeugt. In das Netz der öffentlichen Versorgung wurden 0,2 GWh/a eingespeist.

Hauptsächlich in der Holzindustrie fallen brennbare Abfälle an. Diese werden vielfach zur Heizung und Erzeugung von Prozeßwärme eingesetzt. Gemäß der VDEW-Erhebung wird in 14 Fällen auch Strom erzeugt. In einem Fall wurden die Holzabfälle vergast und ein Kolbenmotor damit betrieben. In den anderen Fällen wird Dampf erzeugt, der Dampfturbinen oder -Kolbenmaschinen antreibt. Die Gesamtleistung liegt bei knapp 11 MW.

Tafel 7. Strom aus Abfällen im Jahre 1988

	Netz- einspeisung GWh	Eigenbedarfs- deckung GWh	Gesamt- erzeugung GWh
Müllverbrennung EVU	1877,0	—	1877,0
Müllverbrennung Nicht-EVU	433,8	—	433,8
Klär gas EVU	28,6	—	28,6
Klär gas Nicht-EVU	11,6	488,4 ¹⁾	500,0 ¹⁾
Deponie gas EVU	41,9	—	41,9
Deponie gas Nicht-EVU	59,5	—	59,5
Biogas Nicht-EVU	0,2	5,5 ¹⁾	5,7 ¹⁾
Holzabfälle usw. Nicht-EVU	1,8	20,2 ¹⁾	22,0 ¹⁾
Summe	2454,4	514,1 ¹⁾	2968,5 ¹⁾
Anteil am Verbrauch aus dem Netz der öffentlichen Versorgung %	0,68	0,14 ¹⁾	0,82 ¹⁾
Verbrauch aus dem Netz der öffentlichen Versorgung 1988: 360 TWh			

¹⁾ geschätzte Werte

Die Ausnutzungsdauer im Ein-Schicht-Betrieb wird sicherlich 2000 h/a nicht überschreiten, so daß die Gesamterzeugung kaum größer als 22 GWh/a sein dürfte.

Strom aus Abfällen

In Tafel 7 sind die Stromeinspeisung, die geschätzte Eigenbedarfsdeckung in Fremdanlagen und die geschätzte Gesamterzeugung aus Müll-, Klär-, Deponie-, Biogas und Holzabfällen zusammengestellt. Die Stromerzeugung durch Müllverbrennung überwiegt bei weitem, aber auch die fortschreitende Nutzung diverser Abfallgase leistet bereits einen beachtlichen Beitrag. Insgesamt wird über diese Abfallenergien rd. 0,7% des Strombedarfs aus dem öffentlichen Netz abgedeckt. Berücksichtigt man noch die geschätzte Eigenbedarfsdeckung, insbesondere bei den Klärgasanlagen, so sind es gut 0,8% des Stroms, der nicht auf konventionelle Weise erzeugt werden muß. Das entspricht etwa dem prozentualen Anteil der Stromerzeugung aus Windenergie in Dänemark bei einem rd. 12fach höheren Stromverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland.

Schrifttum

- [1] Der Verbrennungsmotor als Energiewandler – Rationelle Energieversorgung mit Verbrennungsmotorenanlagen. Teil 1 + 2. VDI-Verlag, Düsseldorf.
- [2] Nitschke, J.: Blockheizkraftwerke in der Bundesrepublik Deutschland. Elektrizitätswirtschaft 86 (1987) S. 1052 – 1056.
- [3] Rouvel, L.: Kraft-Wärme-Kopplung in Krankenhäusern. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 39 (1989), Heft 7.

- [4] Strom-Anwendungs-Technik – Einsatzmöglichkeiten und Wirtschaftlichkeit von Blockheizkraftwerken. Badenwerk.
- [5] Blockheizkraftwerke – Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen. VDI-Richtlinien Mai 1987.
- [6] Schleicher H.; Bélaz, Ch.: Blockheizkraftwerk Freizeitbad Ansbach – Beschreibung und Betriebserfahrungen. Fernwärme international – FWI 17 (1988), S. 385 – 389.
- [7] Bélaz, Ch.; Fischer, E.: Umweltaspekte von Blockheizkraftwerken. Bulletin ASE/UCS 79 (1988) 10, 21. Mai 1988.
- [8] Friesenecker, F.; Krause, N.: Verstromung von Deponiegas – Gemeinschaftsaufgabe von Deponiebetreiber und Versorgungsunternehmen. Energiewirtschaftliche Tagesfragen 38. Jg. (1988), Heft 11.
- [9] Vorteile von Blockheizkraftwerken Argumente für eine dezentrale Stromerzeugung? Energiewirtschaftliche Tagesfragen 38. Jg. (1988), Heft 8.