



# Mikro- und Mini-KWK-Anlagen in Österreich

Autoren:

Dipl.-Ing. Dr. Günter R. Simader

Dipl.-Ing. Herbert Ritter

Dipl.-Ing. Dr. Georg Benke

Dipl.-Ing. Harald Pinter

Wien, März 2004

## **DANKSAGUNG**

Die E.V.A. dankt folgenden Personen und Institutionen für ihre fundierten Beiträge und wertvollen Anregungen für diesen Bericht:

Fanz Lackner (Fa. Lackner Energietechnik GmbH)

Dietrich Oberdorfer, Dr. Wilhelm Paulik (Oberdorfer Kraft-Wärme-Kopplung G.m.b.H.)

Dr. Günther Herdin, Dipl.-Ing. Michael Wagner (GE Jenbacher)

DI Dr. Andreas Glatzer (OMV Cogeneration GmbH)

Dipl.-Ing. Carsten Köllner (IET Intelligente Energietechnik GmbH)

Mag. Dietmar Gstrein (Primagaz GmbH)

Dipl.-Ing. Wolfgang Buchner, Ing. Wilfried Weigend (E-WERK GÖSTING), Dipl.-Ing. Helmut Nedomlel (Welsstrom AG), Edgar Schmieder (Solo Stirling GmbH)

Dipl.-Ing. Christine Zopf (Kommunalkredit Austria AG)

Ing. Peter Lucny (ÖEKV, Österreichischer Energiekonsumenten-Verband)

Für die inhaltliche Unterstützung darf insbesondere dem ÖEKV an dieser Stelle besonders gedankt werden.

## **Impressum**

---

Herausgeberin: Energieverwertungsagentur – the Austrian Energy Agency (E.V.A.),  
Otto-Bauer-Gasse 6, A-1060 Wien; Tel. +43 (1) 586 15 24, Fax +43 (1) 586 15 24 - 40;  
E-Mail: [eva@eva.ac.at](mailto:eva@eva.ac.at), Internet: <http://www.eva.ac.at>

Für den Inhalt verantwortlich: Dr. Fritz Unterpertinger

Gesamtleitung: Dr. Günter R. Simader

Reviewing: Dr. Georg Benke

Lektorat: Dr. Margaretha Bannert

Layout: Mag. Reinhard Jellinek

Herstellerin: Energieverwertungsagentur – the Austrian Energy Agency (E.V.A.)

Verlagsort und Herstellungsort: Wien

Nachdruck nur auszugsweise und mit genauer Quellenangabe gestattet.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorwort .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>3</b>
2.1	Allgemein.....	3
2.2	Begriffsbestimmung von Mikro- und Mini-BHKW-Anlagen.....	4
2.3	Einsatzmöglichkeiten der Heizkraftanlagen .....	4
<b>3</b>	<b>Stand der Technik Mikro-/Mini-KWK-Anlagen .....</b>	<b>9</b>
3.1	Allgemein.....	9
3.2	Hubkolbenmotor .....	9
3.2.1	Erdgas-Motoren .....	11
3.2.2	Heizöl-Motoren / Dieselmotoren.....	15
3.2.3	Sondergas-Motoren .....	16
3.3	Emissionen von BHKW Anlagen und deren Begrenzung .....	17
3.4	Wärmeauskopplung .....	18
3.5	Strom- oder wärmegeführter Betrieb.....	20
3.6	Hydraulische Integration in die Heizungsanlage.....	21
3.7	Generatoren und elektrische Systemeinbindung.....	23
3.8	Wartung und Instandhaltung.....	25
3.9	Innovative Mikro-/Mini KWK Technologien.....	25
3.9.1	Mikrogasturbinen.....	25
3.9.2	Stirling Motoren .....	28
3.9.3	Brennstoffzellen .....	31
3.10	Stand der Technik von Mikro- und Mini-BHKW-Anlagen.....	34
<b>4</b>	<b>Rahmenbedingungen .....</b>	<b>37</b>
4.1	Gewerbliches Betriebsanlagenrecht .....	37
4.2	Grenzwerte .....	39
4.2.1	Überprüfung der Emissionsmessungen.....	40
4.2.2	Jährliche Überprüfung.....	40
4.3	Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz (EIWOG).....	41
4.4	Förderungen.....	41
4.5	Besteuerung der Energieträger (eingesetzt in BHKW-Anlagen).....	42
4.5.1	Erdgas .....	43
4.5.2	Flüssiggas / Heizöl .....	44
4.6	KWK-Richtlinie .....	44
<b>5</b>	<b>Kosten und Wirtschaftlichkeit .....</b>	<b>47</b>
5.1	Allgemein.....	47
5.2	Kosten von BHKW-Anlagen.....	49
5.2.1	Investitionskosten von Motor BHKW-Anlagen .....	49
5.2.2	Instandhaltungskosten .....	51
5.2.3	Kosten Generalüberholung .....	52

5.2.4	Einbindungskosten und sonstige Investitionskosten .....	53
<b>5.3</b>	<b>Ermittlung der Wirtschaftlichkeit .....</b>	<b>53</b>
5.3.1	Standard-Verfahren zur Differenzkostenbetrachtung .....	55
5.3.2	Erweitertes Verfahren zur Vollkostenbetrachtung (BHKW und Kessel) .....	55
<b>5.4</b>	<b>Stromgestehungskosten und Amortisationszeit.....</b>	<b>55</b>
<b>5.5</b>	<b>Sensitivitätsanalysen .....</b>	<b>58</b>
<b>5.6</b>	<b>Contracting.....</b>	<b>61</b>
5.6.1	Energieliefer-Contracting (Anlagen-Contracting).....	61
5.6.2	Einspar-Contracting .....	63
5.6.3	Finanzierungscontracting.....	63
5.6.4	Betriebsführungscontracting .....	63
<b>6</b>	<b>Emissionen von Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen im Vergleich zu ungekoppelten Systemen.....</b>	<b>65</b>
<b>6.1</b>	<b>Was ist GEMIS?.....</b>	<b>65</b>
6.1.1	Modellumfang.....	65
6.1.2	Modellierung von KWK-Prozessen .....	66
<b>6.2</b>	<b>Beschreibung der verglichenen Systeme .....</b>	<b>67</b>
<b>6.3</b>	<b>Vergleich der Emissionen und des kumulierten Energieaufwandes .....</b>	<b>70</b>
6.3.1	Treibhausgasemissionen .....	70
6.3.2	Luftschadstoffemissionen.....	74
6.3.3	Kumulierter Energieaufwand.....	76
<b>7</b>	<b>Planung und Realisierung von Mikro-/Mini-KWK-Anlagen .....</b>	<b>79</b>
7.1	Planung von BHKW-Anlagen.....	79
7.2	Ermittlung wichtiger Objektdaten für die Auslegung der BHKW-Anlage .....	80
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>83</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>85</b>
<b>10</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>89</b>
<b>10.1</b>	<b>Anhang A: Anbieterverzeichnis .....</b>	<b>89</b>
10.1.1	Anbieterverzeichnis von BHKW-Anlagen mit Verbrennungskraftmotor.....	89
10.1.2	Anbieterverzeichnis von BHKW-Anlagen basierend auf Mikro-Gasturbinen.....	92
10.1.3	Anbieterverzeichnis von BHKW-Anlagen mit Stirlingmotoren .....	93
<b>10.2</b>	<b>Anhang B: Referenzanlagen.....</b>	<b>94</b>
10.2.1	Referenzanlagen der Firma OBERDORFER.....	94
10.2.2	Referenzanlagen der Firma GE JENBACHER .....	98
10.2.3	Referenzanlagen Firma LACKNER.....	100
<b>10.3</b>	<b>Anhang C: Spezifikationsblätter von ausgewählten Motor-BHKW-Anlagen .....</b>	<b>103</b>
10.3.1	Ecopower-Modul .....	103
10.3.2	Technische Daten „Dachs“-Heizkraftanlage (Quelle: Senertec).....	106
10.3.3	Buderus Modul /L 33/ .....	108
10.3.4	Oberdorfer BHKW Module OD 70 und OD 90 (basierend auf Erdgas als Energieträger)....	111
<b>10.4</b>	<b>Anhang D: Instandhaltungsvertrag gemäß VDMA-Spezifikationen .....</b>	<b>115</b>
<b>10.5</b>	<b>Anhang E: Energielieferverträge.....</b>	<b>118</b>
10.5.1	Energieliefervertrag der Firma Primagaz.....	118
10.5.2	Energieliefervertrag Firma Oberdorfer Contracting Gesellschaft mbH.....	121

# 1 Vorwort

Die Verbreitung von energieeffizienten, innovativen und auf erneuerbaren Energieträgern basierenden Energietechnologien als begleitende Maßnahme der europäischen FTE Rahmenprogramme steht im Mittelpunkt der Aktivitäten des OPET Netzwerks. Ziel ist es, Erfolg versprechende FTE Ergebnisse bestmöglich bei ihrer Marktüberleitung zu unterstützen. Das OPET Netzwerk (OPET steht für „Organisation for the Promotion of Energy Technologies“) ist dabei ein von der EU-Kommission initiiertes Netzwerk, dessen Aktivitäten sowohl eine strategisch geografisch/regionale als auch eine inhaltlich FTE-orientierte Ausrichtung aufweist.

Angesichts gestiegener Umwelt- und insbesondere Klimaschutzanforderungen steigen auch die Anforderungen, die zur Verfügung stehende Energie so rationell und umweltschonend wie möglich einzusetzen. Der vorliegende Bericht wurde im Rahmen der E.V.A.-Tätigkeiten innerhalb des OPET Netzwerkes erstellt, wobei ein besonderer Fokus auf Mikro-/Mini KWK-Anlagen gelegt wurde.

Der Bericht soll dazu dienen, die Vorteile der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) – konkret in der Bandbreite von kleinen bis sehr kleinen Leistungen – für ein noch breiteres Anwendungsspektrum als bisher vorzustellen und damit einen Impuls für die weitere Implementierung derartiger Anlagen in Österreich zu setzen. Weiters wird den politischen Entscheidungsträgern der aktuelle Stand dieses Technologiefelds aufgezeigt, um einerseits Entscheidungshilfe andererseits Orientierung für zukünftige Prioritätensetzungen in der Energie-, Umwelt und FTE-Politik zu geben.

Im Detail werden die zur Verfügung stehenden Technologien, Rahmenbedingungen, Kosten und die Wirtschaftlichkeit von Anlagen vorgestellt. Weiters werden innovative Finanzierungsinstrumente beschrieben, Planungskriterien und Emissionsvergleiche zu konventionellen Heizkesseln in Kombination mit verschiedenen Referenzkraftwerken bzw. Kraftwerksparks durchgeführt. Auf die Skizzierung von Qualitätskriterien, die einen technisch-wirtschaftlich optimalen Betrieb gewährleisten, wurde ein besonderes Augenmerk gelegt.

Im Anhang finden sich als zusätzliche Informationen ein Anbieterverzeichnis von österreichischen Planungs- und Vertriebsfirmen, Listen von in Österreich realisierten Referenzanlagen, Spezifikationsblätter von ausgewählten Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen, Instandhaltungsverträge und Energielieferverträge wiederum von ausgewählten Firmen. Diese Unterlagen wurden insbesondere für jene Zielgruppen als Hilfestellung zusammengeführt, die bereits jetzt konkrete Umsetzungspläne vorliegen haben und eine Realisierung von derartigen Anlagen in nächster Zukunft planen.



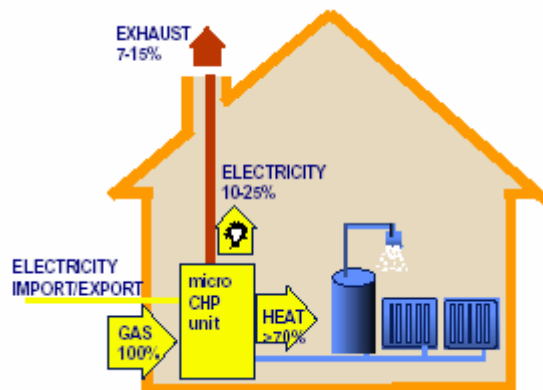
## 2 Einleitung

### 2.1 Allgemein

Mikro- und Mini-Blockheizkraftwerke (BHKW) sind kleine, kompakte Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen, die gleichzeitig Strom und Wärme bereitstellen. Vereinfacht werden diese Anlagen auch als Heizanlagen bezeichnet, die als Nebenprodukt Strom erzeugen.

Für den verstärkten Einsatz von BHKW sprechen:

- Geringerer Primärenergieverbrauch gegenüber der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme (Ressourcenschonung).
- Geringere Umweltbelastung – insbesondere durch CO<sub>2</sub>-Emissionen und weitere Luftschadstoffe wie CO, NO<sub>x</sub> – gegenüber der getrennten Erzeugung (Minderung der Schadstoffemissionen).
- Wirtschaftliche Einsatzmöglichkeit mit kurzen Amortisationszeiten. Sowohl der kontinuierliche Betrieb als auch der gezielte Spitzenlastbetrieb kann zu Kostensenkungen beitragen. Eine zentrale Maßnahme für den wirtschaftlichen Betrieb von derartigen Anlagen stellen Investitionsförderungen dar.
- Verbrauchernahe („lastnahe“) Installation der Anlagen bewirkt nur geringe Übertragungs-/Verteilnetzverluste und -kosten.



**Abbildung 1** Einbindung von Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen in eine Hausanlage

Durch die Kompaktheit der Anlagen besteht die Möglichkeit, die Mikro-/Mini-BHKW ohne großen Aufwand im Heizraum aufzustellen und in die bestehende Heizanlage einzubinden (siehe Abbildung 1). Die Projektplanungszeiten für derartige Kleinanlagen können als kurz eingestuft werden. Dies gilt auch für die Bewilligungs- und Genehmigungsverfahren. Für den Betrieb derartiger Anlagen bieten sich eine Reihe von Energieträgern an, wobei Erdgas in den bisher in Österreich installierten Anlagen dominiert.

## 2.2 Begriffsbestimmung von Mikro- und Mini-BHKW-Anlagen

In der Literatur finden sich verschiedene Definitionen und unterschiedliche Abgrenzungen bezüglich der Leistung von BHKW-Anlagen (s. Tabelle 1). Bei Suttor/Müller /L 9/ beispielsweise wird der Begriff BHKW folgendermaßen definiert:

*„Ein Mini-BHKW ist ein kleines, kompaktes, anschlussfertiges und standardisiertes Motor-Heizkraftwerk, das die Erzeugung elektrischer und thermischer Energie miteinander verbindet. Solche Anlagen werden auch oft als Heizkraft-Anlagen (HKA) bezeichnet.“*

**Tabelle 1** Definitionen von BHKW-Anlagen bezüglich ihrer Leistungsgröße nach verschiedenen Quellen

	OPET CHP	PROSMACO /L 8/	KWK Richtlinie <sup>1</sup>
Mikro -BHKW-Anlagen (bzw. Kleinstanlagen)	< 10 kW <sub>el</sub>	< 20 kW <sub>el</sub>	≤ 50 kW <sub>el</sub>
Mini-BHKW-Anlagen	< 500 kW <sub>el</sub>	< 200 kW <sub>el</sub>	≤ 1.000 kW <sub>el</sub>
Klein-BHKW-Anlagen	< 2.000 kW <sub>el</sub>	< 700 kW <sub>el</sub>	
BHKW-Anlagen	–	> 700 kW <sub>el</sub>	–

In dieser Studie wird die Abgrenzung entsprechend einer gemeinsamen Vereinbarung im Rahmen des OPET Buildings Projekts verwendet.

- Mikro-BHKW-Anlagen (domestic CHP): < 10 kW<sub>el</sub>
- Mini-BHKW-Anlagen: < 500 kW<sub>el</sub>
- Klein-BHKW-Anlagen: < 2000 kW<sub>el</sub>

Diese Abgrenzung betrifft Anlagen mit Gas- bzw. Heizöl-/Dieselmotoren, Brennstoffzellen und Stirling-Motoren. Unterschiedlich dazu gelten kleine Gasturbinen bis zu einer elektrischen Leistungsgröße von < 250 kW<sub>el</sub> als Mikro-Gasturbinen (siehe Kapitel 3.9).

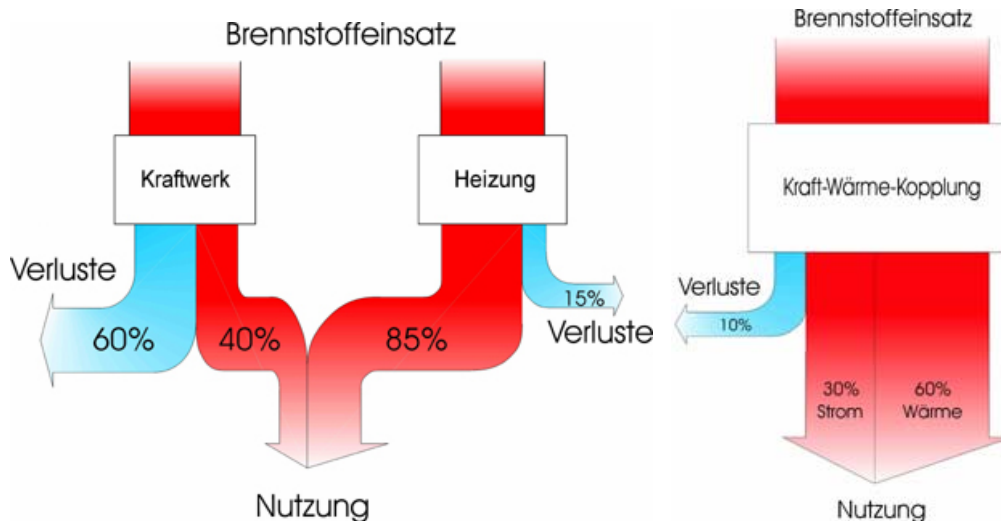
Vergleichbare Abgrenzungen enthält die im Februar 2004 erlassene KWK-Richtlinie der EU, die dafür allerdings die Bezeichnungen KWK-Kleinst- und -Kleinanlagen verwendet (s.o.).

## 2.3 Einsatzmöglichkeiten der Heizkraftanlagen

Wesentlicher Vorteil der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist, dass die eingesetzte Energie gleichzeitig in elektrische Energie und nutzbare Wärme (Wärme zur Raumheizung, Warmwasserbereitung, Kälteerzeugung oder Prozesswärme) umgewandelt wird. Dadurch kann die bei der Stromerzeugung anfallende Abwärme sinnvoll genutzt werden und die eingesetzte Primärenergie hoch effizient verwertet werden (siehe Abbildung 2).

<sup>1</sup> Richtlinie 2004/8/EG des europäischen Parlaments und des Rats vom 11. Februar 2004 über die Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung im Energiebinnenmarkt und zur Änderung der Richtlinie 94/42/EWG; siehe auch [http://europa.eu.int/eur-lex/de/archive/2004/l\\_05220040221de.html](http://europa.eu.int/eur-lex/de/archive/2004/l_05220040221de.html), März 2004.





**Abbildung 2** Primärenergieeinsparung durch KWK

Wird die getrennte Erzeugung von Strom und Wärme betrachtet (beispielsweise in Dampfkraftwerken mit einem Wirkungsgrad von 40 % und Heizanlagen mit Kesselwirkungsgraden von 85 %), so wird ein Brennstoffausnutzungsgrad von nur ca. 63 % erreicht. In BHKW-Anlagen können bis zu 90 % der eingesetzten Primärenergie in Strom und Wärme umgewandelt werden. Diese Vorteile gelten grundsätzlich auch für Großkraftwerke, die Kraft-Wärme-Kopplungstechnologien einsetzen. Im Gegensatz zu diesen können jedoch Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen bei entsprechender Auslegung ganzjährig die hohen Nutzungsgrade erzielen.

Folgende Voraussetzungen sind für die Realisierung und für den Einsatz von Mikro- und Mini-BHKW-Anlagen als besonders günstig einzustufen:

- (i) möglichst gleichzeitiger Bedarf an Wärme und Strom,
- (ii) möglichst ganzjährige thermische Grundlasten (für die Erreichung hoher Volllaststunden), und
- (iii) möglichst hohe Eigennutzung des erzeugten Stroms (aufgrund der schlechten bzw. fehlenden Einspeisevergütungen in Österreich).

Die beste Ausnutzung der eingesetzten Primärenergie wird erzielt, wenn die thermische Leistung des BHKWs nach der Höhe und Struktur des Wärmebedarfs eines Objekts ausgelegt wird. Das BHKW ist nur in Betrieb, wenn Wärme nachgefragt wird, der erzeugte Strom wird im Objekt genutzt (oder ins öffentliche Netz eingespeist). In diesen Fällen erreicht das BHKW die höchsten technisch möglichen Wirkungsgrade.

Prinzipiell gibt es folgende Möglichkeiten, den Bedarfsverlauf von Wärme und Strom anzugleichen, um die Volllaststunden einer BHKW-Anlage zu erhöhen (angeführte Maßnahmen können auch kombiniert werden):

- (i) Die Anlage wird nur für die Wärmegrundlast ausgelegt, der Spitzenbedarf an Wärme wird mit einem Spitzenlastkessel abgedeckt.
- (ii) Der überschüssige Strom wird in Schwachlastzeiten in das Stromnetz eingespeist.
- (iii) Es werden mehrere Module installiert, die einzeln oder gleichzeitig betrieben werden können.
- (iv) Zeitweise Wärmeüberschüsse werden in einem Pufferspeicher zwischengespeichert.

Typische Anwendungen für Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen in Österreich sind:

- (i) Krankenhäuser (ideale Voraussetzungen durch ganzjährig vorliegende thermische Grundlasten und hohen Strombedarf, der erforderliche Notstrombedarf kann dem BHKW gutgeschrieben werden),
- (ii) Hotels bzw. Pensionen (ebenfalls sehr gute Voraussetzungen durch den ganzjährigen Strom- und Wärmebedarf),
- (iii) Schulen, Hochschulen, Heime und Tagesstätten (Abnahmestruktur überwiegend durch die fest begrenzten Öffnungszeiten vorgegeben, die BHKW-Abwärme kann für Klimatisierungszwecke genutzt werden),
- (iv) Hallenbäder und Fitness-Center (beinahe ganzjährige Öffnung, ebenfalls Klimatisierung in den Sommermonaten möglich),
- (v) Verwaltungs- bzw. Dienstleistungsgebäude (ebenfalls feste Öffnungszeiten, Klimatisierung in den Sommermonaten möglich),
- (vi) Wohnsiedlungen wie Mehrfamilienhäuser und/oder Reihenhäuser (für die Raumheizung sind in der Regel nur ca. 1.000 bis 2.000 Betriebsstunden anzusetzen, Erhöhung der Grundlast durch die Warmwasserbereitstellung, Realisierung von Nahwärmekonzepten),
- (vii) Gewerbe/Industrie (sehr unterschiedliche Wärmebedarfscharakteristik, Differenzierung zwischen Produktions- und Heizwärme, Klimatisierungszwecke in den Sommermonaten)

Realisierte Demonstrationsprojekte weisen üblicherweise Laufzeiten von 4.000 bis 6.000 Stunden pro Jahr auf (siehe hierzu auch die Berechnungen in Kapitel 5.3). Die thermische Leistung der BHKW-Anlage entspricht bei gut geplanten Anlagen rund 10 bis 30 % der benötigten Kesselleistungen für die thermische Energieversorgung der Objekte.

Derzeit sind in Österreich mehrere hundert Mikro- und Mini-BHKW-Anlagen installiert (siehe hierzu auch die Referenzlisten der österreichischen Planungs- und Vertriebsfirmen im Anhang), vorwiegend in Fremdenverkehrsbetrieben, Krankenhäusern und gewerblichen/industriellen Anlagen. Detaillierte statistische Aufzeichnungen liegen für diese Anlagen jedoch nicht vor.

Folgende Faktoren können die weitere Forcierung und Ausbreitung von Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen maßgeblich beeinflussen:

- (i) Hohe Differenzen zwischen (hohem) Strom- und (niedrigem) Gaspreis (bzw. Wärmepreis) begünstigen generell den Einsatz von KWK-Anlagen. Niedrige bzw. fehlende Einspeisevergütungen können als Barriere genannt werden, weiters der Umstand dass die Stromrechnung nicht linear zum Fremdstrombezug sinkt. Steigende Gaspreise und sinkende Strompreise schmälern normalerweise die Erlöse einer BHKW-Anlage.
- (ii) Investitionsförderungen: In Österreich können Investoren von Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen mit erheblichen Fördermitteln für die anfallenden umweltrelevanten Kosten rechnen (Umweltförderung des Bundes, diverse Landesförderungen, etc.).
- (iii) Finanzierung: Wenn die erforderlichen finanziellen Mittel für die Investition nicht vorhanden sind, können Finanzierungsmaßnahmen in Form von Contracting genutzt werden (siehe hierzu auch Kapitel 5.6 auf Seite 61).
- (iv) Know-How: Oft ist beim Betreiber das nötige Wissen für die Installation und den Betrieb einer BHKW Anlage nicht vorhanden. In diesem Fall können Planungsunternehmen in Anspruch genommen werden, bzw. ein Vollwartungsvertrag mit dem Lieferanten für die

Instandhaltung bzw. Wartung der Anlage abgeschlossen werden. Im Fall von Contracting-Verträgen wird die Investition bzw. der Anlagenbetrieb ebenfalls ausgelagert.

- (v) Komplexe Genehmigungsverfahren: In Österreich wurden bis dato von den Planungsunternehmen und Betreibern keine Probleme bei der Genehmigung von Mikro- und Mini-BHKW-Anlagen berichtet. Dies gilt auch für den Zugang zum Stromnetz.

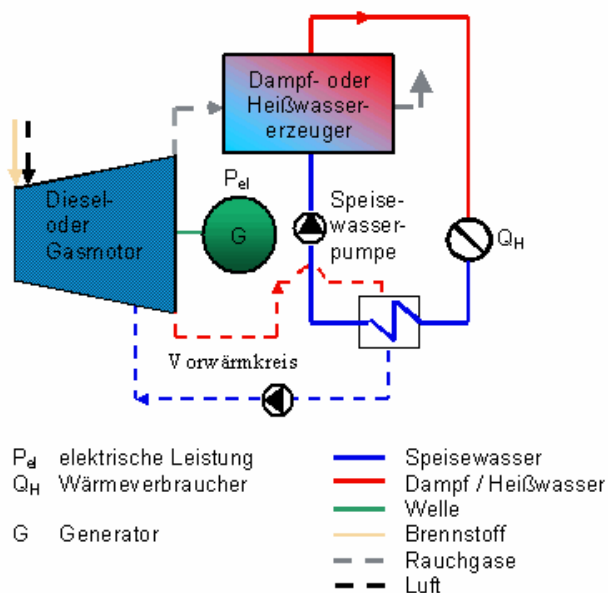


## 3 Stand der Technik Mikro-/Mini-KWK-Anlagen

### 3.1 Allgemein

Ein Mikro-/Mini-BHKW setzt sich aus folgenden Hauptkomponenten zusammen (siehe Abbildung 3):

- (i) Verbrennungskraftmaschine, Gasturbine, Stirlingmotor oder Brennstoffzelle
- (ii) Generator für die Stromgewinnung
- (iii) Wärmetauschersysteme zur Rückgewinnung der Wärmeenergie aus Motorabwärme, Ölkreislauf und Abgas
- (iv) Diverse elektrische Schalt- und Steuereinrichtungen zur Stromverteilung bzw. zum Motormanagement
- (v) Hydraulische Einrichtungen zur Wärmeverteilung

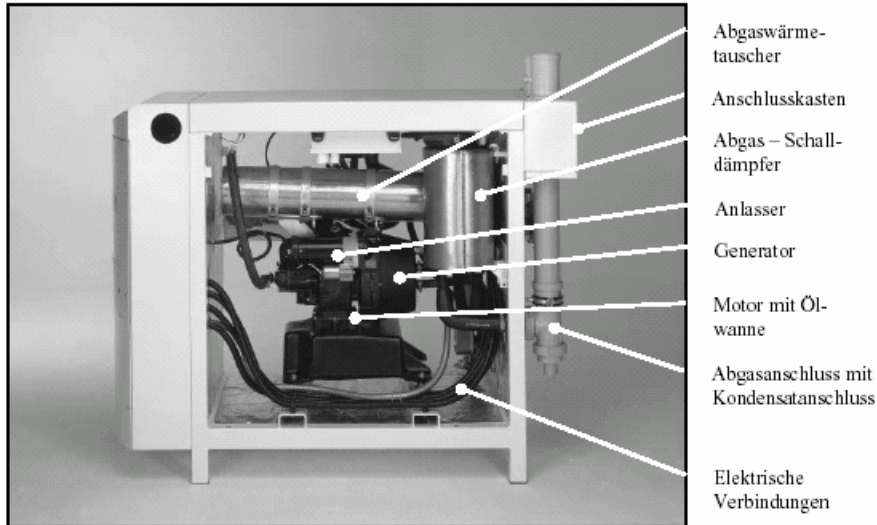


**Abbildung 3** Hauptkomponenten einer Mikro-/Mini-BHKW Anlage (am Beispiel von Gas- bzw. Dieselmotoren) (Quelle: <http://www.energytech.at>; Februar 2004)

### 3.2 Hubkolbenmotor

Als Brennstoff wird in Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen überwiegend Erdgas eingesetzt. Erdgasbetriebene BHKWs haben nahezu rußfreies und geruchloses Abgas. Ist kein Erdgasanschluss vorhanden, kann je nach Motortyp auf Lagerbrennstoffe wie Flüssiggas (Propan, Butan), leichtes Heizöl (bzw. Diesel), oder Pflanzenöle zurückgegriffen werden. Der Einsatz von Deponiegas, Klärgas, Biogas und anderen Sondergasen ist in Österreich ebenfalls in zahlreichen Anlagen realisiert worden. Mit Stand Mai 2003 waren in Österreich 119 Biogasanlagen mit einer gesamten Nennleistung von 16,9 MW<sub>el</sub> als Ökostromanlagen anerkannt, weiters 21 Anlagen basierend auf flüssiger Biomasse (Nennleistung: 6,6 MW<sub>el</sub>) und 40 Deponie- und Klärgasanlagen (Nennleistung: 22,2 MW<sub>el</sub>) /L 22/.

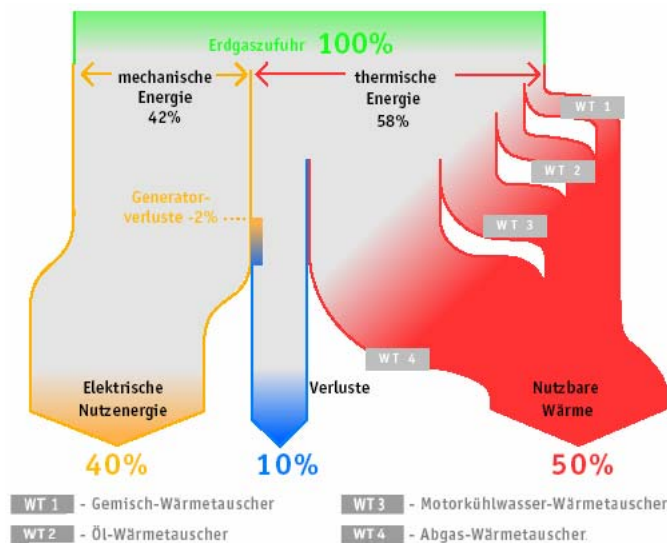
Grundsätzlich sind BHKW-Module zwischen 5,0 kW<sub>el</sub> und 20 MW<sub>el</sub> in allen Leistungsbereichen verfügbar. In der Regel sind Anlagen bis ca. 200 kW<sub>el</sub> in einem Schallschutzgehäuse integriert und werden anschlussfertig als Einheit geliefert (siehe hierzu auch Abbildung 4).



**Abbildung 4** Ansicht eines modulierenden 4,7 kW<sub>el</sub>/12,5 kW<sub>th</sub> (max.) BHKW-Moduls der Firma Ecopower (Quelle: /L 32/)

Die beim Verbrennungsprozess entstehende Wärme wird an Kühlwasser, Schmieröl und Abgas übertragen und über mehrere Wärmetauscher zur Heizwärmeerzeugung und zur Warmwasserbereitung genutzt. Im Wärmeschrank ist die gesamte Abwärmeverwertung (Kühlwasser- und Abwärmewärmetauscher, Schalldämpfer, Pumpen) sowie die Schadstoffminderung (z.B. 3-Wege-Katalysator) unter einer leicht zugänglichen Isolierverkleidung enthalten. Als Alternative zur Wärmeschrank-Lösung gibt es auch Aggregatbauformen mit untergebaute Wärme-nutzungseinheit oder freiem Aufbau der Wärmeübertragungsapparate.

Die Verluste von rund 10 % (siehe Abbildung 5) die bei der Energieumwandlung in BHKW-Anlagen entstehen, setzen sich aus Generator-, Strahlungs- und Wärmetauscherverlusten sowie der nicht genutzten Wärme aus dem Abgas zusammen /L 33/.

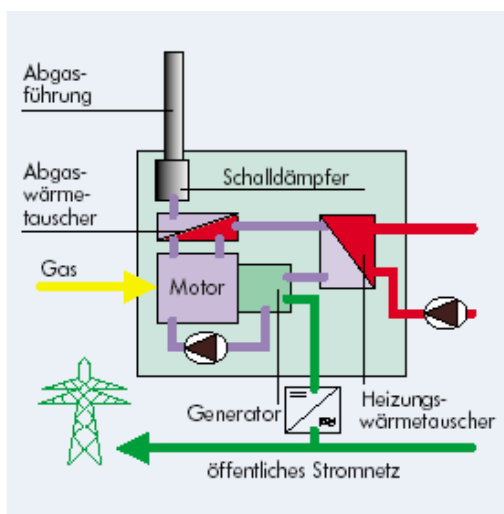


**Abbildung 5** Wärmeströme eines JMS 320 GMS BHKWs (1000 kW<sub>el</sub>/1250 kW<sub>th</sub>) der Firma GE Jenbacher (Quelle: GE Jenbacher /L 33/)

Die verwendeten Motoren sind entweder speziell entwickelte Kleinmotoren (z.B. Senertec, GE Jenbacher) oder modifizierte Kfz-Motoren. Es kommen sowohl Otto- als auch Dieselmotoren zum Einsatz.

### 3.2.1 Erdgas-Motoren

Es existiert eine breite Leistungspalette von gasmotorischen Blockheizkraftwerken. Als Antrieb dienen z.T. speziell für lange Betriebszeiten entwickelte Otto-Kleinmotoren mit überwiegend 1-Zylinder-Aggregaten, die eine Lebensdauer von bis zu 80.000 Stunden erreichen können, mit Wartungsintervallen von bis zu 4.000 Stunden. Diese Entwicklung im Bereich der Kleinmotoren war eine ganz wesentliche Voraussetzung zum Erreichen von akzeptablen Wartungs- und Instandhaltungskosten insbesondere im Kleinstleistungsbereich. Die Senkung der Abgasemissionen erfolgt durch die gleichen technischen Konzepte wie bei den größeren Blockheizkraftwerken (siehe hierzu auch Abschnitt 3.3 auf Seite 17).



**Abbildung 6** Schematischer Aufbau einer netzgekoppelten Mikro-BHKW-Anlage /L 1/

Die elektrischen Wirkungsgrade von erdgasbefeuerten BHKW-Anlagen liegen in einem Leistungsbereich bis 100 kW<sub>el</sub> zwischen 25 und 35 %. BHKW-Anlagen bis 500 kW<sub>el</sub> können elektrische Wirkungsgrade von rund 37 bis 38 % erreichen. Ab 1.000 kW<sub>el</sub> verweisen die BHKW-Entwickler auf elektrische Wirkungsgrade von über 40 %.

#### **Die „Dachs“ HKA der Firma Senertec**

Die „Dachs“ Heizkraftanlage (HKA) der Firma Senertec ist die in Österreich am häufigsten installierte Mikro-/Mini-BHKW-Anlage (/L 17, L 21/) und wird in Österreich von mehreren Firmen vertrieben (siehe Anbieterverzeichnis im Anhang 10.1.1).

Die „Dachs“ HKA bildet zusammen mit dem HKA-Speicher und dem Warmwassermodul ein Versorgungszentrum für Heizwärme und Warmwasser. Die HKA belädt den Speicher und stellt die Energie für Heizung und Warmwasser zur Verfügung. Wurde der Speicher bis zu einer bestimmten Höhe entladen, schaltet die HKA wieder zu und lädt den Speicher neu auf.



**Abbildung 7** 5,5 kW<sub>el</sub>/12,5 kW<sub>th</sub> „Dachs“ HKA der Firma Senertec /L 17/

Die technischen Daten dieser BHKW-Anlagen sind in nachfolgender Tabelle angeführt. Ein Auszug des Datenblatts findet sich in Anhang 10.3.2 auf Seite 106).

**Tabelle 2** Technische Daten Dachs HKA /L 17/

Typ DACHS	HKA G 5.5	HKA G 5.0	HKA F 5.5	HKA HR 5.3	
		Low Nox	Low Nox		
Brennstoff	Erdgas	Erdgas	Flüssiggas	Heizöl EL <sup>2</sup>	Biodiesel (RME)
elektrische Leistung [kW] <sup>3</sup>	5,5	5,0	5,5	5,3	5,3
thermische Leistung [kW]	12,5	12,3	12,5	10,5	10,3
Leistungsaufnahme [kW] <sup>4</sup>	20,5	19,6	20,5	17,9	17,6
max. Vorlauftemperatur	83 °C				
max. Rücklauftemperatur	70 °C				
Spannung / Frequenz	3 ~ 230 V / 400 V 50 Hz				
elektrischer Wirkungsgrad <sup>5</sup>	27%	26%	27%	30%	30%
thermischer Wirkungsgrad	61%	63%	61%	59%	59%
Brennstoffnutzung <sup>6</sup>	88%	89%	88%	89%	89%
Stromkennzahl	0,44	0,41	0,44	0,50	0,51
Abgasemission < TA- Luft	X			X	X
Abgasemission < 1/2 TA- Luft <sup>7</sup>		X	X		
Schallemission [dB(A)] nach DIN 45635-01	52 - 56			54 - 58	
Nutzungsdauer	bis zu 80.000 Betriebsstunden bei Wartung gemäß Serviceplan				
Wartung [Betriebsstunden]	3.500	3.500	3.500	2.700	Empfohlen: 1400
Minimum Methanzahl <sup>8</sup>	35	35	35		

<sup>2</sup> ohne aschebildende Additive, Empfehlung: schwefelarm

<sup>3</sup> Leistung nach DIN ISO 3046, gemessen an den Generatorklemmen, abweichende Werte je nach Aufstellhöhe und Umgebungs- und Einsatzbedingungen, Toleranz +/- 3%

<sup>4</sup> Werte aus Typ-/ Bauteilprüfbericht bei einer Rücklauftemperatur von 60 °C, Toleranz +/- 5%

<sup>5</sup> bei einer Vorlauftemperatur von 60 °C und Nennleistung, Toleranz +/- 3%

<sup>6</sup> ohne externen Abgaswärmetauscher (HKA-Kondensator)

<sup>7</sup> TA Luft Feb. 1986

<sup>8</sup> mit Einstellung und Düsenanpassung vor Ort.



Abgasführung	Gemeinsame Abgasführung mit Heizkessel möglich. Abgasleitung mit oder ohne Nebenluftzuführung.
Aufstellort	Nach den Regeln der Feuerstättenverordnung
Breite (ohne Regler) [cm]	72
Länge [cm]	107
Höhe [cm]	100
Gewicht [kg]	520

Der speziell entwickelte wassergekühlte Asynchrongenerator ist fest mit dem Motor verschraubt und wird über ein einstufiges Getriebe angetrieben. Die Nennwirkleistung von 5,5 kW wird mit einem Wirkungsgrad bis 91% und einem  $\cos \varphi$  bis 0,9 erbracht.

Die Anlage ist mit einer Schall- und Wärmeschutzkapsel ausgestattet. Der Schalldruckpegel in 1 m Abstand beträgt ca. 56 dB(A), nach DIN 45635 (reflexionsarmer Schallmessraum). Zur Vermeidung von Körperschall sind alle Anschlüsse flexibel (Wasser, Gas) oder entkoppelt (Abgas) ausgeführt.

Die Anlage wird wärmegeführt betrieben. Die integrierte Mikroprozessorregelung sichert eine konstante elektrische Leistung, regelt und überwacht die HKA, die Wärmeerzeugung sowie das Heiz-, Gas- und Stromnetz. Bis zu 6 Module können über einen integrierten Leitregler vernetzt und betrieben werden.

Ein Service mit Ölwechsel ist bei den Gas-HKA alle 3500, bei der Heizöl-HKA alle 2700 Betriebsstunden erforderlich. Eine Anzeige am Regler weist auf die notwendige Wartung hin. Eine Fernüberwachung ist möglich, die Anlage kann über eine integrierte Schnittstelle überwacht und gesteuert werden.

Das Abgas wird in der Regel über ein spezielles Einführungsstück drucklos in das Kesselrauchrohr oder den Schornstein eingeleitet. Die Abgastemperatur beträgt ca. 150°C. Bei der HKA lässt sich die Abgastemperatur mit einem zusätzlichen Kondensationsabgaswärmtauscher (HKA-Kondensator) noch weiter reduzieren. Die Abgase werden dann über eine Abgasleitung abgeführt. Die Brennstoffnutzung steigt damit bis über 100% (bezogen auf  $H_u$  des eingesetzten Brennstoffes).

Das Motorkonzept der GAS-HKA (Magermotor) ermöglicht  $NO_x$ -Werte die kleiner als die TA-Luft-Werte (Feb. 1986) sind. In der Low $NO_x$  Variante sinkt der  $NO_x$  Anteil auf Werte kleiner 1/2 TA-Luft (siehe Tabelle 9). Ein integrierter Katalysator konvertiert das CO und die unverbrannten Kohlenwasserstoffe. Bei der Heizöl-HKA reduziert ein Rußfilter die Rußzahl.

Es kann Erdgas, Flüssiggas, Heizöl und Biodiesel als Brennstoff verwendet werden. Die Nutzungsdauer einer derartigen Anlage beträgt 15 - 20 Jahre.

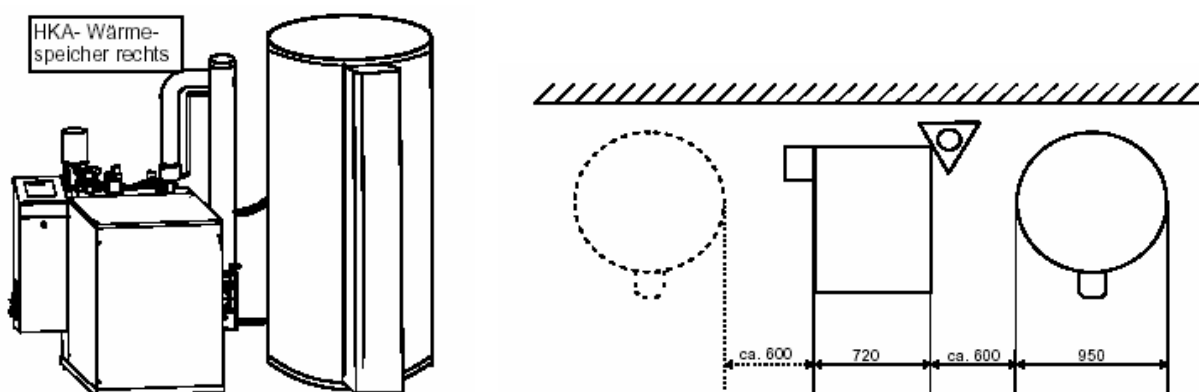


Abbildung 8 Skizze mit möglicher Anordnung des Pufferspeichers (Quelle: Senertec /L 17/)

### Verfügbare Erdgas BHKW-Module in Österreich

Nachfolgend werden die verfügbaren Modulleistungen der verschiedenen Hersteller- bzw. Vertriebsfirmen vorgestellt. Aufgrund der Vielzahl von Modulen und dem primären Fokus dieser Studie erfolgt eine Beschränkung auf eine elektrische Leistung bis 100 kW<sub>el</sub>. Aus diesem Grund wird insbesondere auf die BHKW-Anlagen der Firmen Oberdorfer und Buderus eingegangen, die sich auf dieses Leistungssegment spezialisiert haben. Darüber hinaus findet sich im Anhang ein ausführliches Anbieterverzeichnis von Vertriebs- und Planungsfirmen, die den gesamten Leistungsbereich von BHKW-Anlagen abdecken (siehe Anhang 10.1 beginnend ab Seite 89).

**Tabelle 3** BHKW-Anlagen der Firma Oberdorfer (Quelle: Oberdorfer Kraft Wärme Kopplungs GmbH)<sup>9</sup>

BHKW Module	OD 70 NG V02	OD 90 NG V02	OD 70 PG V02	OD 70 BIO V01	OD 50 BIO V03	OD 150 BIO V01	OD 150 BIO V03
Fuel	Erdgas	Erdgas	Flüssiggas	Biogas	Biogas	Biogas	Biogas
Elektrische Leistung [kW]	70	90	70	70	49	98	143
Thermische Leistung [kW]	119	136	123	114	90	150	221
Brennstoffwärmeleistung [kW]	220	270	225	220	17,6	293	416
max. Vorlauftemperatur	90°C	90°C	90°C	90°C	86°C	90°C	90°C
max. Rücklauftemperatur	70°C	70°C	70°C	70°C	70°C	70°C	70°C
Electrischer Wirkungsgrad	32,0%	33,2%	31,3%	32%	29,5%	33,4%	33,4%
Thermischer Wirkungsgrad	54,1%	50,4%	54,2%	51,8%	54,5%	54,2%	53,9%
Gesamtwirkungsgrad	86,1%	83,6%	85,5%	83,8%	84%	84,7%	87,3%
NO <sub>x</sub> Emissionen [mg/Nm <sup>3</sup> ] <sup>1)</sup>	250	250	250	500	500	500	500
CO Emissionen [mg/Nm <sup>3</sup> ] <sup>1)</sup>	200	200	200	650	650	650	1000
NMHC Emissionen [mg/Nm <sup>3</sup> ] <sup>1)</sup>	150	150	150	150	150	150	150
Breite [cm]	85	85	85	85	91	110	110
Länge [cm]	330	330	330	330	330	360	360
Höhe [cm]	191	191	191	191	185	230	230
Gewicht [kg]	2470	2470	2470	2470	2800	4000	4000

Alle Daten beziehen sich auf Volllast.  
1) Based on 5% O<sub>2</sub>



**Abbildung 9** OD 70 bis 90 Produktfamilie der Oberdorfer KWK-Anlagen (Quelle: Oberdorfer Kraft-Wärme-Kopplung, Februar 2003)

<sup>9</sup> Quelle: Spezifikationsblätter der Firma Oberdorfer Kraft-Wärme-Kopplung GmbH

**Tabelle 1** Erdgas betriebene BHKW Loganova Module der Firma Buderus (Quelle: Buderus Heiztechnik)

BHKW Module	DN-20	DN-50	DN-60	DN-100	DN-200*)
Elektrische Leistung [kW]	18	50	65	120	236
Thermische Leistung [kW]	34	81	114	200	363
Brennstoffwärmeleistung [kW]	56	145	198	350	667
Elektrischer Wirkungsgrad [%]	32,1	34,5	32,8	34,3	35,7
Thermischer Wirkungsgrad [%]	60,7	55,9	57,6	57,1	54,4
Gesamtwirkungsgrad [%]	92,9	90,3	90,4	91,4	90,1
Length [mm]	1650	2840	2840	3440	3350
Width [mm]	870	900	900	900	1600
Height [mm]	1200	1800	1800	1800	1900
Gewicht [kg]	1000	2200	2200	3500	4900
Motorproduzent	VW	MAN	MAN	MAN	MAN
Motortype	AEG	E 0824 E	E 0826 E	E 2876 E	E 2842 E312
Drehzahl [1/min]	1500	1500	1.500	1500	1500

\*) unit can be delivered starting in 2/2004.

**Abbildung 10** Außen- und Innenansicht eines Buderus Loganova BHKWs (Quelle: Buderus, Februar 2004)

Im Anhang finden sich weiters die Spezifikationsblätter der BHKW-Anlagen der oben genannten Firmen (siehe Anhänge 10.3.1, 10.3.2, 10.3.3 und 10.3.4 beginnend ab Seite 103).

### 3.2.2 Heizöl-Motoren / Dieselmotoren

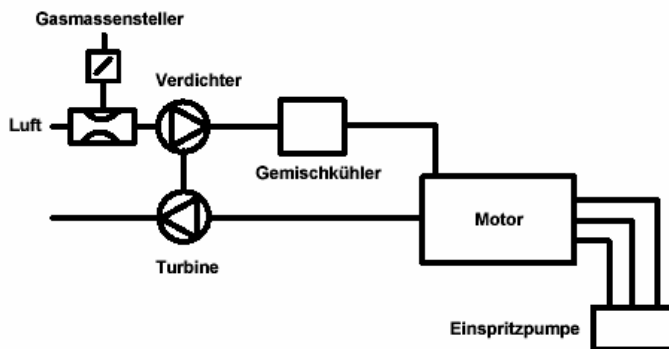
Hierbei können zwei Varianten unterschieden werden: (i) Dieselmotoren und (ii) Diesel-Gasmotoren.

Bei Dieselmotoren erfolgt eine Selbstentzündung der zum Zündzeitpunkt in die Luftladung eingeblasenen Brennstoffmenge. Argument für den Dieselmotor ist sein sehr gutes Teillastverhalten. Aus der Sicht der Emissionen sind Dieselmotoren den Gasmotoren jedoch unterlegen.

Bei Diesel-Gasmotoren erfolgt die Selbstzündung eines Zündstrahls aus Dieselkraftstoff in der Gas-Luftladung. Dies kann insbesondere bei schlecht entzündbaren Gasgemischen vorteilhaft sein. Das Gas dient in diesem Fall als Wärmeträger. In das hoch verdichtete Gas-Luftgemisch wird eine kleine Menge Zündöl (Diesel oder Heizöl) eingespritzt, die dieses entzündet. Bei den  $\text{NO}_x$  Emissionen ist dieser Motor aber ungünstiger als der Ottomotor. Darüber hinaus entsteht

bei Zündstrahlmotoren immer Ruß, dieser führt zu Problemen z.B. im Luftfilter. /L 20/ Die kurzzeitig mögliche Umschaltung bietet den Vorteil, auf Heizöl als Zweit- oder Notbrennstoff auszuweichen.

Bei Dieselmotoren oder Dieselmotoren kann das SCR-Verfahren (Selected Catalytic Reduction)<sup>10</sup> zur Reduzierung der Emissionen angewendet werden.



**Abbildung 11** Diesel-Zündstrahlkonzept (Quelle: GE Jenbacher /L 20/)

Die Leistung von Gasmotoren kann bis etwa 60% der Nennlast ohne große Wirkungsgradeinbußen abgesenkt werden. Unter 50% Teillast fallen die Wirkungsgrade aber ab. Beim Betrieb unter Nennlast haben Dieselmotoren, aufgrund des günstigeren Kompressionsverhältnisses, im Durchschnitt höhere elektrische Wirkungsgrade als Gasmotoren. Der Diesel-Gasmotor kann ähnlich hohe elektrische Wirkungsgrade erreichen wie der Dieselmotor /L 4/.

Generell liegt der elektrische Wirkungsgrad der Heizöl- bzw. Diesel BHKWs etwas über dem von Erdgasmaschinen. Dies liegt in erster Linie an dem thermodynamisch günstigeren Dieselprozess. Problematisch ist aber oft die Nutzung der Abgaswärme, so dass einige Hersteller darauf verzichten. Dadurch relativiert sich der Vorteil des hohen elektrischen Wirkungsgrades.

Dieselmotoren sind aufgrund nicht ganz unproblematischer Abgaswärmeauskopplung relativ selten. Dieselmotoren werden hauptsächlich als Notstromaggregate eingesetzt und nur in Einzelfällen als KWK-Anlagen. Die Abhitzeessel verrußen bei niedrigen Rauchgas-temperaturen sehr schnell.

### 3.2.3 Sondergas-Motoren

Gasmotoren-Anlagen mit Sondergasen werden an deren Entstehungsort (Deponie, Kläranlage, landwirtschaftlicher Betrieb usw.) genutzt. Die Verstromung steht dabei im Vordergrund, da die vollständige Wärmenutzung aufgrund der Entfernung zu Wärmeabnehmern nicht immer möglich ist.

Insbesondere GE Jenbacher konnte in den letzten Jahren aufgrund der permanenten Weiterentwicklung seiner Motoren sowohl Gase mit besonders niedrigem Heizwert (bei Gasen aus der

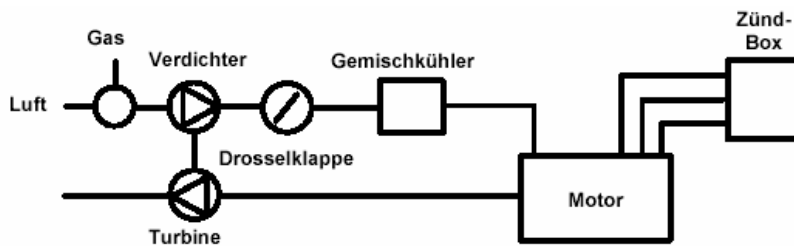
---

<sup>10</sup> Der Selektiv-Katalysator (SCR = Selective catalytic reduction) reduziert bei überstöchiometrischem Betrieb eines Gasmotors durch Zugabe von Harnstoff bzw. Ammoniak (NH<sub>3</sub>) die Stickoxide. Eine verringerte Restemission von Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffverbindungen kann jedoch nur mit Hilfe von zusätzlichen Oxidationskatalysatoren erreicht werden.

chem. Industrie ca.  $0,50 \text{ kWh/Nm}^3$ , geringen Methanzahlen und damit geringer Klopffestigkeit) als auch Gase mit sehr hohem Heizwert bis  $34 \text{ kWh/Nm}^3$  (Butan) nutzen.

### 3.3 Emissionen von BHKW Anlagen und deren Begrenzung

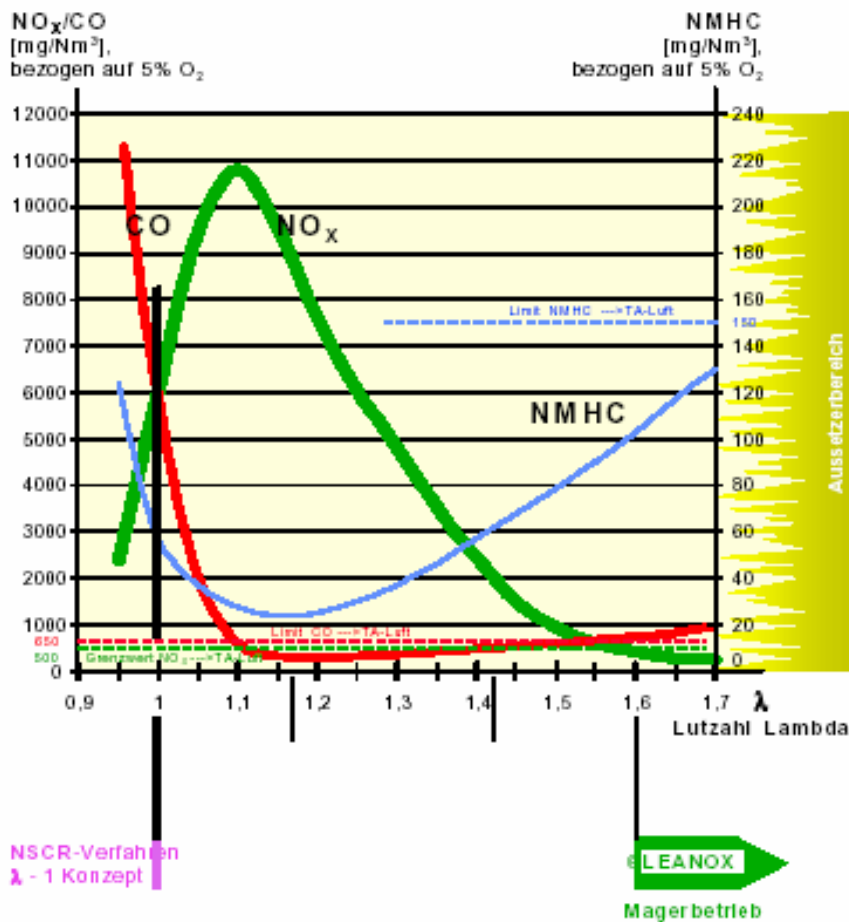
Bei Otto-Gasmotoren (Gasmotoren) wird das zündfähige Gemisch vor dem Zylinder hergestellt und im Brennraum mittels Fremdentzündung gezündet, die Leistungsregelung erfolgt über eine Drosselklappe (siehe Abbildung 12).



**Abbildung 12** Schema eines aufgeladenen Gas-Ottomotors (Quelle: GE Jenbacher /L 21/)

Um die geforderten  $\text{NO}_x$  Emissionen einhalten zu können (siehe Abbildung 13), werden oft Magermotoren eingesetzt. Diese werden mit einem hohen Luftüberschuss ( $\lambda^{11}$  von über 1,65) betrieben, wodurch die Verbrennungstemperatur verringert und damit die Bildung von NO und  $\text{NO}_2$  reduziert wird. Um eine angemessene Leistungsdichte des Brennstoff-Luft-Gemisches zu erhalten, werden diese Motoren mittels Turbolader aufgeladen. Durch den hohen Luftüberschuss kommt es zu geringeren Verbrennungsgeschwindigkeiten, wodurch die Bildung von CO und HC gefördert wird. Um diese zu verringern, können Oxidationskatalysatoren (Oxi-Kat) eingesetzt werden. /L 6/

<sup>11</sup>  $\lambda$  ...Lambda gibt das Verbrennungsluftverhältnis an. Er ist bezogen auf die Luftmenge, die für eine vollständige Verbrennung (stöchiometrische Verbrennung) notwendig ist.



**Abbildung 13** Schadstoffemissionen von 4-Takt-Gasmotoren als Funktion der Luftzahl  
(Quelle: GE Jenbacher)

Bei Motoren mit stöchiometrischem Verbrennungsluftverhältnis wird ein 3-Wege-Katalysator zur Verringerung der Schadstoffemissionen eingesetzt. Mit diesem werden die NO<sub>x</sub>-, CO- und HC-Emissionen verringert. Für dieses Verfahren ist ein Gas-Luft-Gemisch sehr nahe  $\lambda = 1$  notwendig und die Abgastemperaturen müssen noch sehr hoch sein ( $> 600 \text{ }^\circ\text{C}$ ).<sup>12</sup>

Durch unvollständige Verbrennung des Gases oder durch Katalysatorgifte (z.B. Schwefel, Phosphor, Zink, Chlor) im Brenngas kann es zur Schädigung des Katalysators kommen. Deshalb ist dieses Konzept bei Biogasmotoren aufgrund der im Brennstoff enthaltenen Katalysatorgifte nicht (kaum) einsetzbar. 3-Wege-Katalysatoren sind sehr anfällig für Störungen und sind teuer, erreichen aber sehr niedrige Schadstoffemissionen.

### 3.4 Wärmeauskopplung

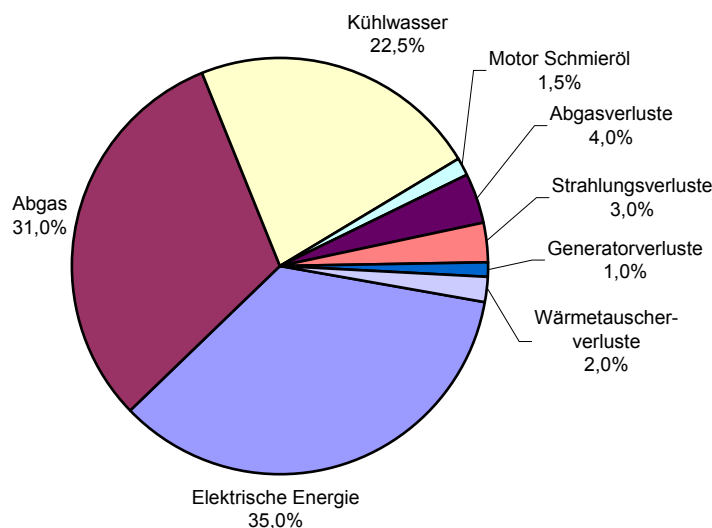
Die im Verbrennungsmotor entstehende Abwärme wird an Kühlwasser, Schmieröl und Abgas übertragen und über Wärmetauscher an das Heizungswasser abgegeben. Die Wärmeabstrahlung des Motors sowie die Generatorabwärme sind weitere nutzbare Wärmequellen. Die Kühlwasser- und Schmieröltemperaturen liegen bei etwa 80 bis 90°C und die Abgastempe-

<sup>12</sup> Der 3-Weg-Katalysator (NSCR = None selective catalytic reduction) erreicht maximale Konversionsraten in einem sehr engen Luftzahlbereich von 0,995 - 0,999, dem sogenannten  $\lambda$ -Fenster.

raturen im Bereich von 400 bis 600°C. Das umlaufende Heizungswasser wird zunächst im Kühlwasserwärmetauscher auf etwa 80°C vorgewärmt und im nachgeschalteten Abgaswärmetauscher auf etwa 90°C Vorlauftemperatur angehoben. Dabei wird das Abgas beim Gasmotor bis auf etwa 120°C abgekühlt, bei Dieselmotoren wird das Abgas nur auf 180°C abgekühlt, um Rußbildung zu vermeiden /L 4/.

Abbildung 14 zeigt beispielsweise die Energiebilanz eines Gasmotors. Es wird ein mechanischer Wirkungsgrad von 35% erreicht und über 50 % des Brennstoffinputs können als Wärme auf einem Temperaturniveau von 90 °C ausgekoppelt werden.

Neben Heizzwecken können auch andere Aufgaben wie Trocknung, Lufterwärmung und Antrieb von Absorptionskälteanlagen erfüllt werden. Dampf oder Heißwasser über 90°C kann mit der Abgaswärme erzeugt werden, für das niedertemperierte Kühlwasser wird dann ein getrennter Kreislauf erforderlich. Bei „heißgeköhlten“ Motoren erreicht man Kühlwassertemperaturen bis zu 130°C, die für die Dampferzeugung genutzt werden können. Bisher wurde dieses Konzept jedoch nur selten verwirklicht. Da ein Großteil der Wärme aus dem Kühlwasser kommt, wird diese Anwendung zur Erzeugung von nennenswerten Dampfmengen oft erst bei BHKW-Anlagen ab 300 kW<sub>el</sub> eingesetzt.



**Abbildung 14** Energiebilanz eines Erdgas-BHKW-Moduls (Quelle: /L 4/)

Der Wärmebedarf unterliegt oft nicht nur den Tages- und Jahreszyklen, sondern auch kurzzeitigen Schwankungen im Viertelstundenbereich. Wenn der Wärmebedarf unter die Wärmeproduktion des BHKWs absinkt, müsste das BHKW abschalten. Durch den Einsatz von Pufferspeicher kann die Laufzeit des BHKWs verlängert werden, wenn die gespeicherte Wärme die Kesselwärme ersetzt. Weiters kann durch Pufferspeicher die Schalthäufigkeit des Motors reduziert werden. Eine programmierte Steuerung kann die Laufzeit weiters verbessert an den Strombedarf anpassen.

Der Pufferspeicher wird nach der BHKW-Größe und der gewünschten Laufzeit dimensioniert. Praktisch kann ein Pufferspeicher, der beispielsweise für eine Volllaststunde ausgelegt ist, durchaus mehrere Stunden lang Wärme aufnehmen, weil der Wärmebedarf im Objekt meist nicht ganz, sondern nur teilweise wegfällt. In den Nachtstunden, wenn der Strombedarf und die Strompreise niedrig sind, kann dann der Speicher wieder leer gefahren werden.

Eine Brennwertnutzung verbessert den thermischen Wirkungsgrad des BHKWs. Dabei nutzt man die Kondensationswärme des im BHKW-Abgas enthaltenen Wasserdampfes. Erdgas-BHKWs sind üblicherweise nur mit einem Abgaswärmetauscher ausgestattet, der die Abgase auf etwa 120°C abkühlt. Werden an einen zusätzlich nachgeschalteten Abgaswärmetauscher Wärmeabnehmer mit niedrigen Vorlauftemperaturen (unter 50°C) angeschlossen, kann eine Brennwertnutzung erreicht werden. Beim  $\lambda$ -1-Betrieb<sup>13</sup> für Erdgas-BHKW liegt der Abgas-Taupunkt<sup>14</sup> bei 60°C, bei Magerbetrieb<sup>15</sup> bei 50°C. Aufgrund der niedrigen Temperaturen des Abgases kann dann die BHKW-Abgasleitung mit kostengünstigen Kunststoffsteckrohren ausgeführt werden. Typische Beispiele sind Beckenwasserheizung in Schwimmbädern oder Frischwasservorwärmung für die Brauchwarmwasserbereitung z.B. in Altenheimen, Krankenhäusern, Hotels und Gewerbebetrieben.

Bedingt durch die derzeit niedrigen Strompreise und die ungünstigen Konditionen für die Stromspeisung gewinnt die Verbesserung des thermischen Wirkungsgrades durch Brennwertnutzung bei BHKW-Modulen weiter vermehrt an Bedeutung.

### 3.5 Strom- oder wärmegeführter Betrieb

Im Standardfall wird ein BHKW wärmegeführt gesteuert. Ein wärmegeführtes BHKW entlastet das Stromnetz vorwiegend in den Hochtarifzeiten des Winters, weil das zugleich die Zeiten mit hohem Wärmebedarf sind.

In der Heizperiode senkt ein BHKW die eingekaufte Stromleistung und die Stromkosten des Objekts entsprechend ab. Mangels Wärmebedarf im Sommer kann ein stromgeführter BHKW Betrieb die Stromlieferung (durch das EVU) gerade in den wichtigsten Tagesstunden reduzieren und damit die Strom-Leistungskosten für das ganze Jahr gering halten. Für solche Fälle wird die Anlage mit einem Pufferspeicher (oder Hilfskühler) ausgestattet.

Ein Pufferspeicher ist besonders dann aus betrieblichen Gründen sinnvoll, wenn ein BHKW eine bestimmte Volllaststundenanzahl (4.000 bis 6.000 Stunden) im Jahr nicht überschreitet und wenn eine hohe Schalzhäufigkeit vorliegt. Ein Hilfskühler dagegen ist vorwiegend eine Maßnahme, die von der Strompreisstruktur bzw. Tarifsituation bestimmt wird, obwohl dieser aus ökologischen Gründen nicht sinnvoll ist.

Beispiele für stromgeführte BHKW finden sich meist im gewerblichen Bereich, wo das BHKW den zentralen Teil der betrieblichen Stromversorgung bilden kann. Wird die BHKW-Wärme auch für Raum- oder Heizungszwecke verwendet, geht dieser Wärmebedarf im Sommer zurück, ein Hilfskühler sichert dann den Weiterbetrieb und damit die Stromlieferung des BHKW /L 4/. Stromgeführte BHKW-Anlagen stellen in Österreich eher eine Ausnahme dar.

---

<sup>13</sup>  $\lambda$ -1 Verfahren benötigen ein Verbrennungsluftgemisch das sehr nahe am stöchiometrischen Luftverhältnis liegt. Bei diesem Verfahren werden 3-Wege-Katalysatoren zur Minderung der Schadstoffemissionen eingesetzt.

<sup>14</sup> „Unter der Taupunkttemperatur eines ungesättigten Gas-Dampf-Gemisches versteht man die Temperatur, auf die das Gemisch isobar abgekühlt werden kann, bis der erste Tautropfen ausfällt.“ /L 14/

<sup>15</sup> Magermotoren werden mit hohem Luftüberschuss betrieben, dadurch entstehen geringe NO<sub>x</sub> Emissionen. Zur Reduktion von CO und HC werden Oxidationskatalysatoren eingesetzt.



### 3.6 Hydraulische Integration in die Heizungsanlage

Das BHKW-Modul wird meistens zusätzlich zur Kesselanlage installiert. Um möglichst lange Laufzeiten des BHKW-Moduls zu erreichen, sollte es immer Vorrang vor den Kesseln haben (Grundlastbetrieb). Damit der Heizkessel dem Wärmebedarfsverlauf flexibel nachfahren kann, sollte er mit modulierenden Brennern ausgestattet sein. Dadurch lassen sich störende Rücklauf temperatursprünge im Heiznetz wegen zu hoher Kesselleistung vermindern. Die Rücklauf temperatur im Heiznetz sollte möglichst niedrig sein ( $<70^{\circ}\text{C}$ ).

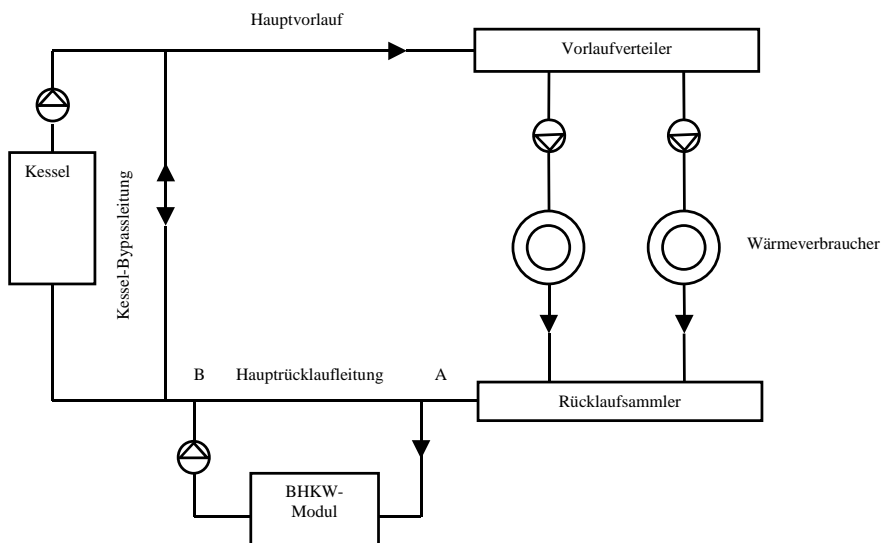
Die Regeleinrichtung soll folgende Aufgaben erfüllen:

- (vi) Gewährleistung eines möglichst kontinuierlichen BHKW-Betriebs (Anzahl der Startvorgänge minimieren)
- (vii) Gewährleistung einer maximalen BHKW-Laufzeit
- (viii) Gezielte Be- und Entladung des eventuell vorhandenen Pufferspeichers.

Nachfolgend werden vier Einbindungsvarianten bzw. Betriebsweisen vorgestellt.

#### **Reihenschaltung:**

Bei dieser einfachen und deswegen oft gewählten Schaltungsvariante ist das BHKW parallel zum Hauptrücklauf angeschlossen und erhält vorrangig das Rücklaufwasser. Nach bisherigen Erfahrungen hat die Reihenschaltung eine hohe Funktionssicherheit und erreicht hohe BHKW-Laufzeiten.



**Abbildung 15** Prinzipschema Reihenschaltung von BHKW und Kessel /L 4/

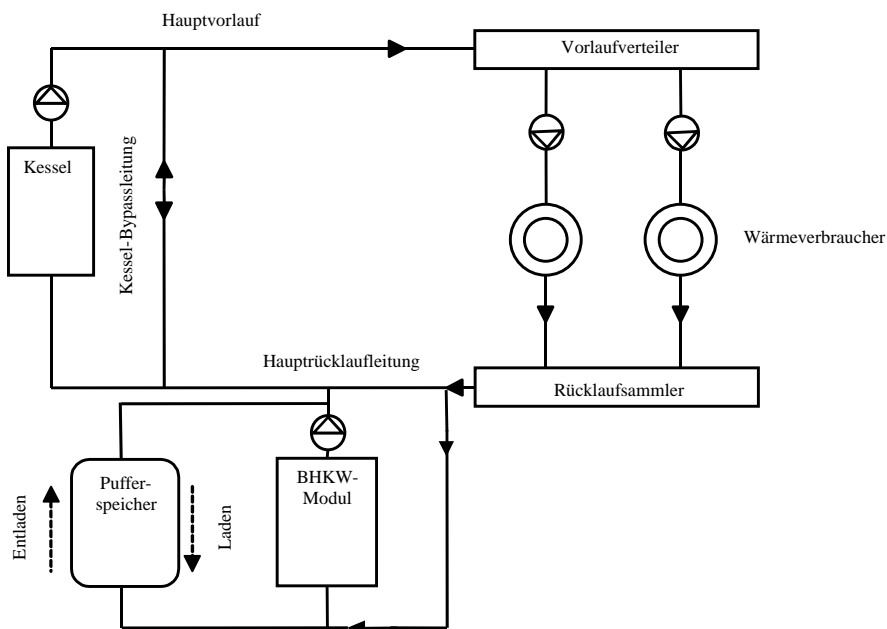
In Abbildung 15 ist das Schema einer Reihenschaltung dargestellt. Im Punkt A wird dem Hauptrücklauf ein Teilstrom entnommen, dieser wird vom BHKW erwärmt und im Punkt B wieder eingespeist. Der Kessel heizt bei Bedarf bis zur Erreichung der geforderten Soll-Vorlauf temperatur nach. Wird nur das BHKW-Modul betrieben, sollte ein Durchströmen der Kesselanlage vermieden werden. Daher empfiehlt es sich, eine Kessel-Bypassleitung vorzusehen.

### **Parallele Einbindung:**

Diese Schaltung wird häufig bei Kesselanlagen vorgesehen, die möglichst niedrige Rücklauf-temperaturen voraussetzen (z.B. bei Brennwertkessel wegen der gewünschten Abgaskondensation) sowie bei größeren BHKW-Anlagen und komplexen Heizungsanlagen.

### **Puffer-Wärmespeicher:**

Puffer-Wärmespeicher sollen helfen, die Modul-Schalzhäufigkeit zu verringern und die BHKW-Laufzeit zu optimieren. In Abbildung 16 ist ein Beispiel für die hydraulische Einbindung eines Speichers angeführt. Dieser wird mit überschüssiger BHKW-Wärme in verbrauchsschwachen Zeiten aufgeladen. Bei hohem Wärmebedarf wird der Speicher zur Unterstützung der BHKW Anlage entladen. Dadurch können Spitzen im Wärmebedarf ohne Zuschaltung des Kessels abgedeckt werden. Damit die Speicherkapazität möglichst vollständig für den BHKW Betrieb genutzt werden kann, soll verhindert werden, dass die Kesselanlage den Speicher nennenswert belädt.



**Abbildung 16** Prinzipschema Pufferspeicher bei Reihenschaltung von BHKW und Kessel /L 4/

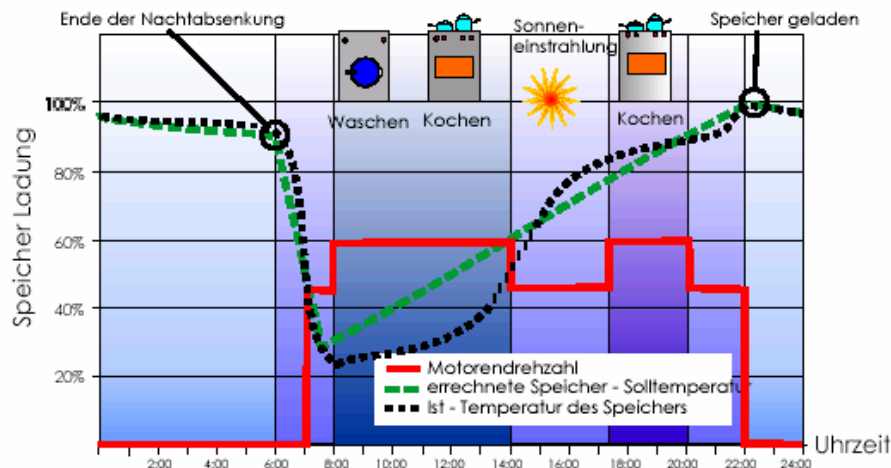
### **Monovalenter Betrieb:**

Eine neue Entwicklung bei konventionellen Mikro-BHKW-Systemen geht zur monovalenten Betriebsweise. Damit ist gemeint, dass das Motor-BHKW die alleinige Heizquelle für das Gebäude ist. Das kann entweder durch den Einsatz von Pufferspeichern (um Zeiten mit – im Verhältnis zur BHKW Leistung – geringem Wärmebedarf zu überbrücken) oder durch leistungsregelbare BHKW erreicht werden. In diesem Fall erfolgt die Leistungsregelung durch Variation der Motordrehzahl.

Von der Firma *ecopower energy solutions*<sup>16</sup> wurde beispielsweise ein modulierendes BHKW entwickelt. Das Datenblatt dieser Anlage findet sich in Anhang 10.3.1 auf Seite 103. Die thermische Dauerleistung dieses BHKW darf 12,5 kW nicht überschreiten. Dieses BHKW ist weiters mit einem Zwischenspeicher ausgestattet, um die Schalzhäufigkeit des Motors zu mini-

<sup>16</sup> Website der Firma *Ecopower energy solutions*: <http://www.ecopower.de>, Januar 2003

mieren. Die Speichergröße muss an das Objekt angepasst werden, eine gut funktionierende Be- und Entladung des Speichers trägt wesentlich zum wirtschaftlichen Betrieb des BHKWs bei. Es kann auch eine zweite Wärmequelle an den Speicher angeschlossen werden (z.B.: Solar-system, Wärmepumpe usw.). In Abbildung 17 ist die Funktionsweise einer Speicherbewirtschaftung mit Sonnenkollektoren bildlich dargestellt. Steigt die IST-Temperatur infolge der Sonneneinstrahlung über eine bestimmte Grenze, wird die Drehzahl des Motors reduziert. /L 32/



**Abbildung 17** Bildliche Darstellung der Speicherbewirtschaftung (Quelle: ecopower /L 32/)

Zwischen Motor/Generatoreinheit und Heizsystem muss ein Pufferspeicher eingesetzt werden. Das Gesamtsystem kann so die Drehzahlvariation voll ausnützen, das heißt, der Motor kann seine Drehzahl in festgelegten Bereichen dem Stromverbrauch des Betreibers anpassen. Der Pufferspeicher erlaubt es, den Motor während der Nacht, bei tieferen Stromtarifen und weniger Wärmebedarf, auszuschalten und das Haus mit der Wärme aus dem Speicher zu beheizen.

Mit einem in den Pufferspeicher eingesetzten Brauchwasserboiler wird zudem die Warmwasserversorgung sichergestellt. Als Option kann der Speicher mittels Sonnenkollektoren erwärmt werden, somit hat man im Sommer eine unabhängige Warmwasseraufbereitung zur Verfügung. Im Winter wirken die Kollektoren unterstützend zur Heizung /L 32/.

### 3.7 Generatoren und elektrische Systemeinbindung

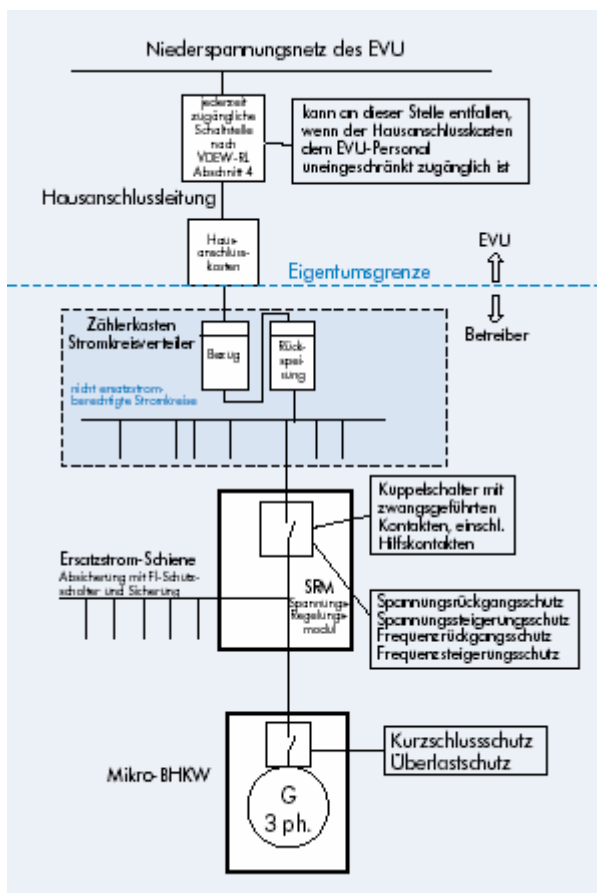
Die Generatoren werden in luft- oder wassergekühlter Ausführung eingebaut. Die häufiger anzutreffende wassergekühlte Bauart erzielt eine von ihrer Größe abhängige elektrische und thermische Mehrleistung. Dadurch verbessert sich der Gesamtwirkungsgrad des BHKWs um 1 bis 2% /L 4/.

Im Netzparallelbetrieb werden überwiegend Asynchrongeneratoren verwendet. Diese sind robust, preiswert und benötigen keine Regeleinrichtungen. Das Netz gibt Spannung und Frequenz vor und liefert den zur Erregung notwendigen Magnetisierungsstrom (Blindstrom). Werden sie im Stillstand ans Netz geschaltet, funktionieren sie als Elektromotor und können als Anlasser das BHKW starten.

Mikro- und Mini-BHKW-Anlagen werden üblicherweise parallel zum öffentlichen Stromnetz betrieben. Hierzu sind die Bestimmungen für den Parallelbetrieb mit dem Niederspannungsnetz einzuhalten. /L 18/ Der im BHKW produzierte Strom wird im Gebäude verbraucht und nur in

Ausnahmefällen ins Netz eingespeist.<sup>17</sup> Wird weniger Strom produziert als benötigt, dann wird der restliche Strom aus dem öffentlichen Stromnetz bezogen.

Verbrennungsmotorische Mikro-BHKW gibt es seit kurzem auch in verschiedenen Ausstattungen für den Netzersatzbetrieb. Solange das öffentliche Netz zur Verfügung steht, arbeitet das BHKW parallel zum Netz. Im Störfall übernimmt das BHKW die Stromversorgung im Netzersatzbetrieb. Dabei wird über eine externe Trennschaltstelle der Netzparallelbetrieb unterbrochen, das BHKW abgeschaltet und dann im leistungsgeregelten Inselbetrieb wieder hochgefahren (siehe Abbildung 18). In diesem Fall kommen Synchrongeneratoren zum Einsatz. Für den Netzparallelbetrieb wird weiters eine Synchronisierereinrichtung benötigt, welche in der Lage ist, bei Bedarf ein eigenes Netz (Inselnetz) aufzubauen.



**Abbildung 18** BHKW mit Netzersatzbetriebsweise (Quelle: /L 1/)

Die Einbindung muss jedenfalls mit dem zuständigen Elektrizitätsversorgungsunternehmen bzw. mit dem Verteilnetzbetreiber abgeklärt werden und muss den örtlich einschlägigen Vorschriften entsprechen.<sup>18</sup> Bis dato wurde von den Planungsfirmen über keine Netzzutrittsverweigerungen berichtet.

<sup>17</sup> Von einer Vielzahl von Projektbetreibern wird berichtet, dass die EVUs für den eingespeisten Strom keine(!) Vergütungen – auch nicht basierend auf den durchschnittlichen Marktpreisen – gewähren.

<sup>18</sup> siehe beispielsweise die technischen Bedingungen und Betriebsanweisungen für den Parallelbetrieb von Stromerzeugungsanlagen mit dem Verteilernetz der Wels Strom GmbH, [http://www.eww.at/download\\_1/Techn.%20Bedingungen%20Parallelbetr.%20ohne%20Fotovoltaik.pdf](http://www.eww.at/download_1/Techn.%20Bedingungen%20Parallelbetr.%20ohne%20Fotovoltaik.pdf), März 2004

### 3.8 Wartung und Instandhaltung

Ein dauernd hoher Nutzungsgrad erfordert einen optimierten Betrieb mit zweckmäßiger Instandhaltung und Wartung des Blockheizkraftwerks. Es ist zweckmäßig, schon beim Kauf eines BHKWs genau festzulegen, wie der Einsatz des Betriebspersonals und des Maschinenhersteller-Personals aufeinander abgestimmt wird.

Oft ist es für den Betreiber von BHKW-Anlagen sinnvoll, Vollwartungsverträge mit dem Lieferunternehmen abzuschließen. Unter Vollwartung werden alle Arbeiten verstanden, die für den störungsfreien Betrieb einer BHKW-Anlage über viele Jahre notwendig sind. Das reicht von der Inspektion, Wartung, Instandhaltung und Instandsetzung über die Bereitstellung und Entsorgung der Betriebsstoffe, Verschleißteile und Ersatzteile bis hin zum Austausch ganzer Aggregate. Das regelmäßige Service gehört ebenso zum Leistungsangebot wie der unverzügliche Kundendienst bei Betriebsstörungen und natürlich alle Reisekosten der Monteure. Die gegebene Beschreibung ersetzt nicht das genaue Lesen der Verträge, manche Hersteller können den nicht genormten Begriff „Vollwartung“ durchaus enger auslegen. In Kapitel 5.2.2 sind die Kosten für Instandhaltungsverträge angegeben und im Anhang ist ein Instandhaltungsvertrag angeführt (siehe Anhang 10.4 auf Seite 115).

### 3.9 Innovative Mikro-/Mini KWK Technologien

Neben den Motor-BHKW-Anlagen sind in den letzten Jahren in Österreich innovative Technologien zum Einsatz gekommen, die bestimmte Vorteile aber auch (noch) Nachteile gegenüber konventionellen Technologien aufweisen. Folgende innovative Technologien werden nachfolgend vorgestellt:

- (i) Mikro-Gasturbinen
- (ii) Stirlingmotoren
- (iii) Brennstoffzellen-Systeme.

#### 3.9.1 Mikrogasturbinen

Mikro-Gasturbinen-Systeme sind kleine Gasturbinen – zur Gruppe der Turbomaschinen gehörend – bis zu einer Leistung von 250 kW<sub>el</sub>, die für stationäre Anwendungen entwickelt wurden.

Die wesentlichen Komponenten einer Mikro-Gasturbine sind Verdichter, Brennkammer, Rekuperator, Turbine und Abwärmeeinheit (siehe Abbildung 19). Mikrogasturbinen zeichnen sich durch folgende Merkmale aus:

- (i) Kompakte radiale Verdichter-Turbinen-Einheit (meist ohne Getriebe)
- (ii) Rekuperator für das Vorwärmen der Verbrennungsluft zur Erhöhung der elektrischen Wirkungsgrade (Gas-Gas Wärmetauscher)<sup>19</sup>
- (iii) Einsatz von hochmodernen Luftlagern<sup>20</sup>, um die Wartungsarbeiten möglichst gering zu halten

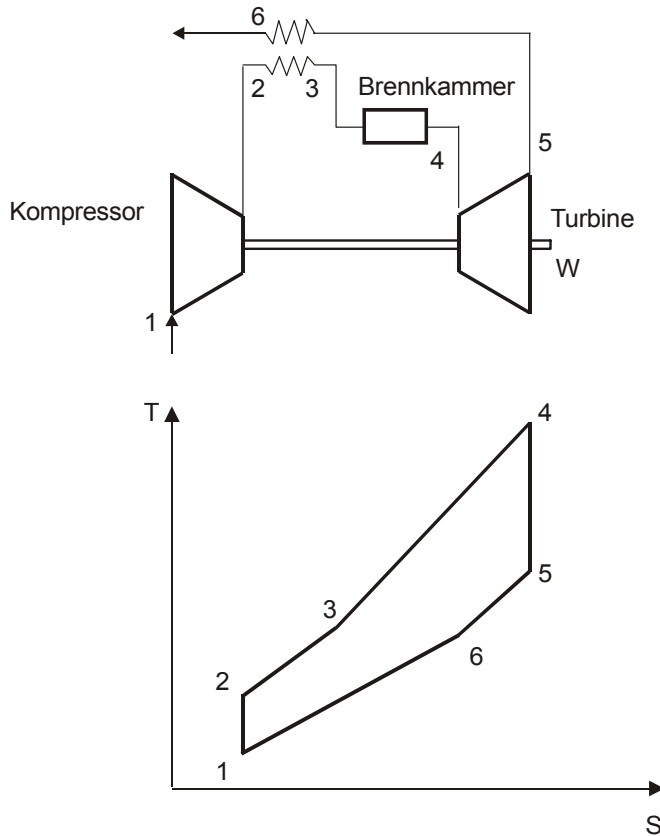
---

<sup>19</sup> Mikro-Gasturbinen werden ggf. auch ohne Rekuperator geliefert. IdF mit entsprechend niedrigen Wirkungsgraden!

<sup>20</sup> Diese Eigenschaft trifft insbesondere auf die Anlagen der Firma Capstone zu.

- (iv) Geringe Druck- bzw. Verdichtungsverhältnisse
- (v) Einsatz von „low-cost“ Materialien
- (vi) Hochgeschwindigkeitsgeneratoren mit Permanentmagnet-Technik.

Der Energieumwandlungsprozess in einer Gasturbine lässt sich anschaulich durch die Zustandsänderung des Arbeitsmediums hinsichtlich Temperatur und Entropie beschreiben (siehe Abbildung 19).



**Abbildung 19** Thermodynamische Darstellung des rekuperativen Gasturbinenzyklus im T-s-Diagramm (Quelle: E.V.A.)

Erläuterungen: (1)–(2) Verdichtung der Verbrennungsluft im Kompressor, (2)–(3) weitere Vorwärmung im Rekuperator, (3)–(4) Verbrennung in der Brennkammer, (4)–(5) Entspannung in der Turbine, (5)–(6) Abkühlung im Rekuperator, (6)–(1) i.d.F. Abgabe des Rauchgases an die Umgebung (bei BHKW-Anwendung weitere Abwärmenutzung in einem Gas-Wasser-Wärmetauscher)

Strom wird mit einem schnell laufenden Permanentmagnet-Generator, ohne Zwischenschaltung eines mechanischen Getriebes, erzeugt. Im Gegensatz zu Industriegasturbinen erfolgt die Leistungsregelung über die Drehzahl. Das wird durch ein „elektronisches Getriebe“ möglich, welches hochfrequenten Wechselstrom zunächst gleichrichtet und dann in Wechselstrom mit einer Frequenz von 50 Hz umwandelt.

Durch die Drehzahlregelung ergeben sich bei Teillast nur geringe Wirkungsgradverluste, da die Eintrittstemperatur in weiten Lastbereichen konstant gehalten werden kann /L 10/.

Mit der Rekuperatortechnik können elektrische Wirkungsgrade von 25 bis 30% erreicht werden. Der Rekuperator nutzt die Wärmeenergie aus den Turbinenabgasen und wärmt damit die Verdichteraustrittsluft auf, bevor diese in die Brennkammer gelangt. Dadurch vermindert sich der benötigte Brennstoffeinsatz und es können höhere elektrische Wirkungsgrade erzielt werden.

Die folgenden Firmen sind bis dato mit der Entwicklung von Mikro-Gasturbinen-Anlagen in Erscheinung getreten (siehe Tabelle 4).

**Tabelle 4** Anbieterfirmen und Produkteigenschaften von Mikro-Gasturbinen (Quelle: L 19)

Firma	Elektr. Leistung [kW]	Brennstoff	Lagerung	Turbinen-Type	Generator-Type	Rekuperator-Bypass
Capstone/Gas	28, 60	Erdgas	Luft	Radial, einstufig	Hochfrequenz	Nein
Honeywell/GE	75	Erdgas	Luft	Radial, einstufig	Hochfrequenz	Nein
Bowman/Elliott Energy Systems (Gasturbo)	50, 80	Erdgas	Öl	Radial, einstufig	Hochfrequenz	Ja
Turbec / API **)	100	Erdgas	Öl, Luft	Radial, einstufig	Hochfrequenz	Nein (Ja)
IR Energy Systems (vorm. NREC)	70	Erdgas (Diesel, Propan)	Öl	Radial, zweistufig (Gas-Turbine, Leistungs-Turbine)	Mech. Getriebe ***)	Nein

\*) Die Firma Honeywell/GE hat die Produktentwicklungsaktivitäten und den Vertrieb derartiger Anlagen im Jahr 2001 eingestellt.

\*\*) Die Firma TURBEC hat seit Herbst 2003 die Auslieferung von Mikro-Gasturbinen eingestellt und beschränkt sich in ihren Geschäftstätigkeiten auf die Wartung der bisherig ausgelieferten Anlagen. Per Ende 2003 hat die italienische Firma API die gesamten Aktienanteile der Firma TURBEC übernommen. Laut Aussagen von Turbec werden die Geschäftsaktivitäten nunmehr wieder planmäßig fortgesetzt.

\*\*\*) Bis jetzt vorwiegend im amerikanischen Markt eingesetzt.

Die kommerzielle Entwicklung von Mikro-Gasturbinen hat sich im letzten Jahr sehr dynamisch entwickelt. Schätzungen gehen davon aus, dass in den letzten Jahren an die 3.000 Systeme – vorwiegend von den Firmen Capstone und Turbec – weltweit ausgeliefert wurden /L 19/.

Mikrogasturbinen sind insbesondere für Anwendungsfelder interessant, wo für Trocknungsprozesse oder zur Realisierung einer Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung ein höheres Temperaturniveau der Abwärme benötigt wird. Die Abgastemperatur liegt bei rund 280°C, daher eignet sich die Mikrogasturbine auch für kleinere Industriebetriebe mit Prozesswärmebedarf sowie als Aggregat zur Klimakälteerzeugung mittels Absorptionskältemaschine.



**Abbildung 20** Turbec's T100 100 kW<sub>el</sub> Mikro-Gasturbine (Quelle: Turbec)

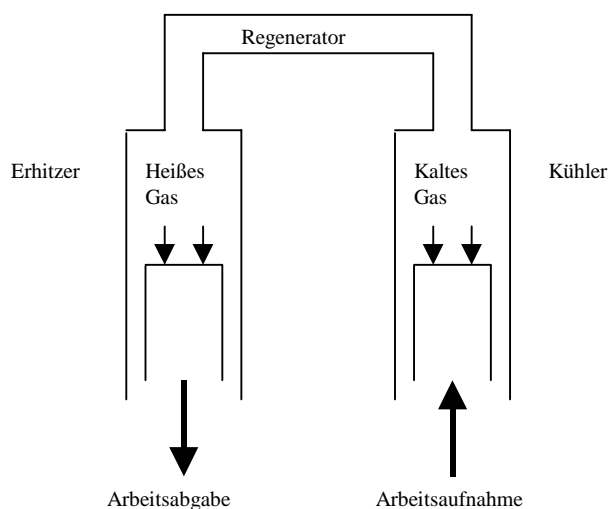
Abmessungen: L: 2.900 mm x B: 870 mm x H: 1.900 mm

Als ein ökologischer Vorteil erweisen sich die niedrigen  $\text{NO}_x$ -Werte, diese resultieren aus den sehr niedrigen Brennkammertemperaturen. Der erforderliche Gasdruck am Brennkammereintritt beträgt ca. 3,8-8,5 bar, von den meisten Herstellern werden die Anlagen aus diesem Grund mit Gasverdichter angeboten, so dass die Anlage am Niederdruck-Gasnetz betrieben werden kann.

In Österreich sind bis dato zwei 100  $\text{kW}_{\text{el}}$  Mikro-KWK-Anlagen der Firma TURBEC (siehe Abbildung 20) installiert worden; eine davon von der STEWAG/ESTAG in Voitsberg und eine von der OMV Cogeneration GmbH installiert im CMST Kraftwerk bei der Firma Magna Steyr in Graz. Laut Aussagen der Firma Wels Strom ist seit 2004 weiters eine Capstone C60 WKK im Probebetrieb ( $60 \text{ kW}_{\text{el.}}$ ,  $115 \text{ kW}_{\text{th.}}$ ).<sup>21</sup>

### 3.9.2 Stirling Motoren

Beim Stirlingmotor wird während eines Arbeitszyklus das Arbeitsgas (Wasserstoff, Helium, Stickstoff (Luft)) von einem kalten Gebiet (Verdichtungszyylinder) in ein heißes Gebiet (Arbeitszyylinder) verschoben (siehe Abbildung 21).



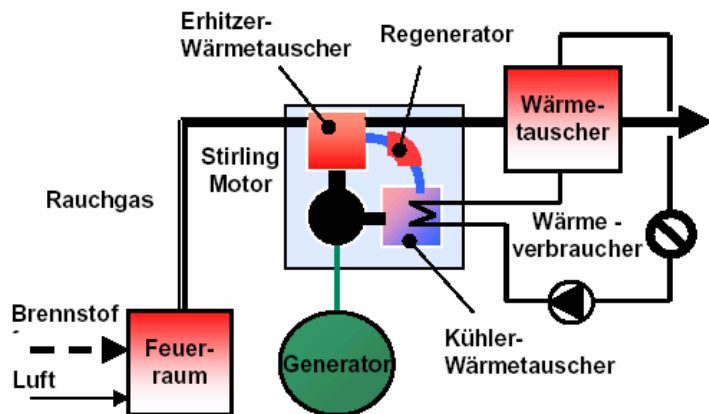
**Abbildung 21** Schema eines Stirling Motors /L 35/

Die Antriebsenergie wird von außen in Form von heißem Rauchgas, über den Erhitzer-Wärmetauscher zugeführt. Über einen Kühler-Wärmetauscher wird das Arbeitsgas gekühlt. Aus der Differenz zwischen hohem und niedrigem Temperaturniveau entstehen Druckschwankungen, die mechanische Arbeit erzeugen. Zwischen dem Erhitzer und dem Kühler ist ein Regenerator angeordnet, hier gibt das heiße Gas Wärme ab, bevor es in den Kühler kommt. Beim Zurückströmen des kalten Gases kann die im Regenerator gespeicherte Wärme wieder aufgenommen werden (siehe Abbildung 22).

---

<sup>21</sup> Schriftliche Stellungnahme vom 6. Mai d. J.





**Abbildung 22** Aufbau einer KWK-Anlage mit Stirling Motor /L 7/

Stirling Motoren weisen ein sehr gleichmäßiges Drehmoment auf. Die Motoren sind weiters sehr verschleiß- und wartungsarm. Es kann eine Vielzahl von Brennstoffen eingesetzt werden. Für den Einsatz in BHKW sind Freikolben-Stirlingmotoren mit Lineargeneratoren oder bei großer Leistung mit kinematischen Stirlingmotorgeneratoren vorgesehen.

Durch die externe Verbrennung ist ein Einsatz von Biogas oder Klärgas mit weniger Aufwand für die Reinigung möglich. Es kann aber auch Abwärme z.B. aus Industrieanlagen verwendet werden. Ein großes Marktpotenzial wird dem Stirlingmotor im Bereich der Biomasse- bzw. Holznutzung im kleinen Leistungsbereich prognostiziert, dabei werden Holzpellets oder Hack-schnitzel verfeuert (z.B. Joanneum Research). /L 30/.

Aufgrund der Anordnung der Kolben werden grundsätzlich zwei wichtige Bauarten unterschieden /L 7/:

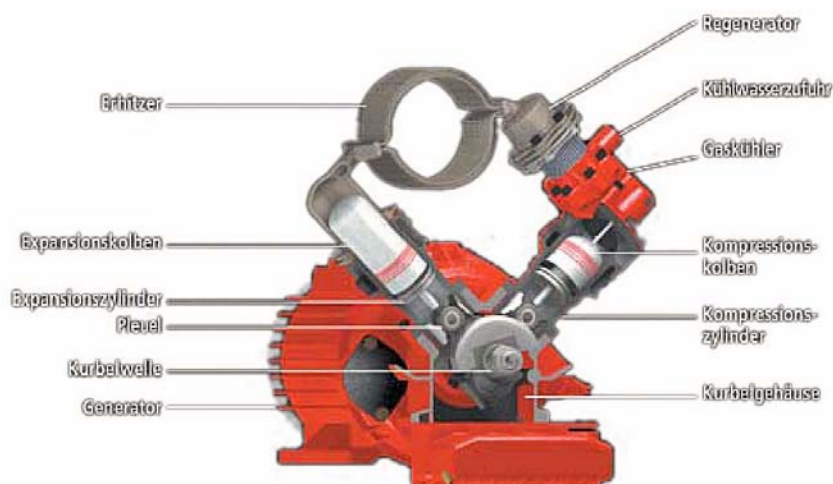
- $\alpha$ -Typ: Bei dieser Ausführung stehen die Kolben in einem Winkel von  $90^\circ$  zueinander (siehe Abbildung 23)
- $\beta$ -Typ: Arbeits- und Kompressionszylinder werden im selben Zylinder übereinander angeordnet. Die notwendige Phasenverschiebung von  $90^\circ$  kann durch ein besonderes Gestänge erreicht werden.

### Beispiel des Stirling-BHKW-Moduls der Firma SOLO Stirling GmbH

In weiterer Folge wird die Stirling BHKW Anlage („Solo V161“) der Firma Solo Stirling GmbH<sup>22</sup> vorgestellt, die seit Mitte 2002 in Deutschland in Kleinserie produziert wird. Mittlerweile kann die Firma bereits auf eine Reihe von Referenzanlagen in Europa verweisen. In Österreich werden diese Anlagen im „SOLO Stirling-Netzwerk Österreich“ durch die Firmen E-Werk Gösting und Wels Strom vertrieben. Bis dato wurden auch bereits zwei Anlagen ausgeliefert und vom E-Werk Gösting im Stuckitzbad in Graz installiert.

In Abbildung 23 ist das Funktionsschema eines Stirlingmotors der Firma Solo dargestellt. Der Motor ist ein  $90^\circ$  V-Zweizylinder, das Arbeitsgas wird nach dem Abkühlen (auf ca.  $100^\circ\text{C}$ ) verdichtet und expandiert nach der Erhitzung (auf  $650^\circ\text{C}$ ), wobei mechanische Arbeit verrichtet wird. Der Erhitzer besteht aus ringförmig gebogenen Röhrchen, die von einem Brenner auf etwa  $740^\circ\text{C}$  erwärmt werden. Der Arbeitsgaskühler besteht aus Rohrbündel, die vom Kühlwasser durchflossen werden; der Regenerator besteht aus einem Paket von Drahtsieben /L 36/.

<sup>22</sup> Siehe auch die Website der Firma Solo Stirling GmbH (<http://www.stirling-engine.de/>; Februar 2003)



**Abbildung 23** Funktionsschema des Stirlingmotors der Firma Solo (Quelle: Solo Stirling GmbH /L 36 /)

Die Leistung ist zwischen 2 und 9 kW elektrisch und zwischen 8 und 24 kW thermisch modulierbar. Der große Vorteil des Stirlingmotors liegt in der äußeren Wärmezufuhr, den geringen Wartungskosten und niedrigen Emissionen. Die abgegebene Leistung kann ohne nennenswerte Wirkungsgrad-Verluste dem jeweiligen Bedarf angepasst werden. Die Leistungsmodulation erfolgt über die Steuerung des Prozessdrucks. Da die Leistungsabgabe des BHKWs modulierbar ist, muss auch die Leistung des Brenners entsprechend geregelt werden können. Bei den Erdgas-Anlagen wird ein Verfahren mit flammloser Oxidation eingesetzt /L 37/. Die technischen Daten dieser Anlage finden sich in Tabelle 5.

**Tabelle 5** Technische Daten des Solo V 161 /L 36/

Brennstoff		Erdgas
Arbeitsgas		Helium
Obere Arbeitsgastemperatur	°C	650
Thermische Leistung	kW	8-26
Elektrische Leistung	kW	2-9,5
Elektrischer Wirkungsgrad <sup>1)</sup>	%	24
Thermischer Wirkungsgrad <sup>1)</sup>	%	> 65
Hubraum	ccm	160
Maximale Temperatur im Zulauf	°C	60
Nenn Drehzahl	U/min	1500
Gewicht	kg	450
Emissionen	CO [mg/Nm <sup>3</sup> ]	50
	NO <sub>x</sub> [mg/Nm <sup>3</sup> ]	80
	HC <sup>2)</sup> [mg/Nm <sup>3</sup> ]	2
<sup>1)</sup> bezogen auf Kühlwasserzulauf von 50 °C und auf den unteren Heizwert <sup>2)</sup> HC ist die Abkürzung für Kohlenwasserstoffe		

Basierend auf den Aussagen der Firma Solo sind die in Tabelle 5 angeführten Wirkungsgrade maßgeblich von der Kühlwassertemperatur abhängig. Weiters wurde bei der Entwicklung des Stirling 161 mehr Wert auf die Fertigungskosten und die Zuverlässigkeit gelegt als auf hohe elektrische Wirkungsgrade.

Die Investition für eine derartige Stirling Anlage beträgt – nach einer Anfrage im September 2003 – rund € 24.900,-. Die Wartungskosten liegen im Bereich von 1–1,5 Cent/kWh<sub>el</sub> und die Lebensdauer beträgt – laut Aussagen der österreichischen Vertriebsfirmen – 80.000 Betriebsstunden /L 16/.



**Abbildung 24** 2-9 kW<sub>el</sub>/8-24 kW<sub>th</sub> Mikro-KWK-Modul Stirling 161 (Quelle: Solo Stirling GmbH /L 36 /) Abmessungen: Länge 1280 mm, Breite 700 mm, Höhe 980 mm, Gewicht 450 kg

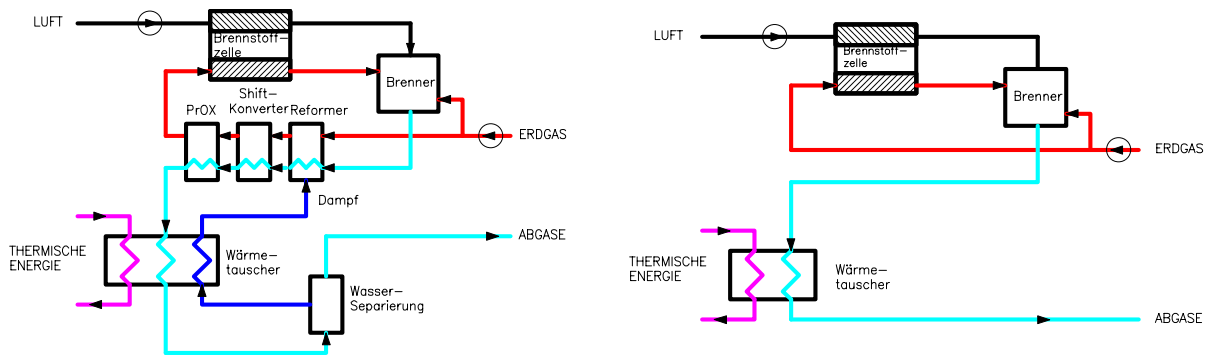
### 3.9.3 Brennstoffzellen

Eine Brennstoffzelle ist ein elektrochemischer Energiewandler, der die im Brennstoff enthaltene Energie direkt in Strom und Wärme wandelt. Dadurch können höhere Wirkungsgrade (insbesondere im Teillastbetrieb) bei geringeren Emissionen erzielt werden. Die technischen Grundlagen von Brennstoffzellen-Systemen wurden in E.V.A. Studien in den Vorjahren ausführlich beschrieben. Aus diesem Grund wird auf eine detaillierte Diskussion der verschiedenen zur Verfügung stehenden Brennstoffzellen-Typen und -Systeme an dieser Stelle verzichtet und explizit auf diese Studien verwiesen /L 19, L 27/.

Ein Brennstoffzellen-System für stationäre Anwendungen besteht aus folgenden Komponenten (siehe hierzu auch Abbildung 25):

- (i) Gasaufbereitungssystem
- (ii) Brennstoffzellen-Stapel (inkl. Luftkonditionierung)
- (iii) Abwärme-Einheit
- (iv) Inverter
- (v) Systemmanagement und Kontrolleinheit.

Insbesondere die PEFC- und SOFC-Systeme (siehe Tabelle 6) stehen für den Einsatz in der Haustechnik (im Leistungsbereich < 10 kW<sub>el</sub>) zur Verfügung. Die Eigenschaften dieser Systeme und ein vereinfachtes Systemdesign finden sich in Abbildung 25 und Tabelle 6.



**Abbildung 25** Vereinfachtes Systemkonzept von PEFC (links) und SOFC (rechts) Systemen mit Erdgas als Brennstoff (Quelle: E.V.A.)

**Ablaufende Reaktionen im PEFC System:**

**Brennstoffzelle:** Anode:  $H_2 \rightarrow 2 H^+ + 2 e^-$   
 Kathode:  $\frac{1}{2} O_2 + 2 H^+ + 2 e^- \rightarrow H_2O$   
**Reformer:**  $CH_4 + H_2O \rightarrow CO + H_2$   
**Shift-Koverter:**  $CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2$   
**PrOX:**  $CO + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO_2$

**Ablaufende Reaktionen im SOFC System:**

**Anode:**  $H_2 + O^{2-} \rightarrow H_2O + 2 e^-$   
 $CO + O^{2-} \rightarrow CO_2 + 2 e^-$   
 $CH_4 + 4 O^{2-} \rightarrow 2 H_2O + CO_2 + 8 e^-$   
**Kathode:**  $\frac{1}{2} O_2 + 2 e^- \rightarrow O^{2-}$

**Tabelle 6** Charakteristika der verschiedenen Brennstoffzellen-Systeme für dezentrale BHKW-Anwendungen<sup>23</sup> (Quelle: E.V.A.)

Brennstoffzellen-Typ	Elektrolyt	Arbeits-temperatur	Brennstoff	Oxidations-mittel
Polymermembran-Brennstoffzellen (PEFC) <sup>24</sup>	Polymer-Elektrolyt (Nafion, Dow)	60 - 90 °C	Wasserstoff aus Erdgas nach Reformierung	Luftsauerstoff
Oxidkeramische Brennstoffzellen (SOFC)	Keramischer Feststoff $ZrO_2$ ( $Y_2O_3$ )	800 - 1000 °C	Wasserstoff, Kohlenmonoxid aus Erdgas (hoher CO-Inhalt tolerierbar)	Luftsauerstoff

Die Einbindung eines Brennstoffzellen-Heizgerätes erfolgt analog zu einem Kleinst-BHKW. Zusätzlich zum Gasanschluss, zur Anbindung an Heizungs- und Stromnetz und zur Abgasabführung kann eine Wasserzuführung für die Dampfbereitstellung im Reformer erforderlich sein.

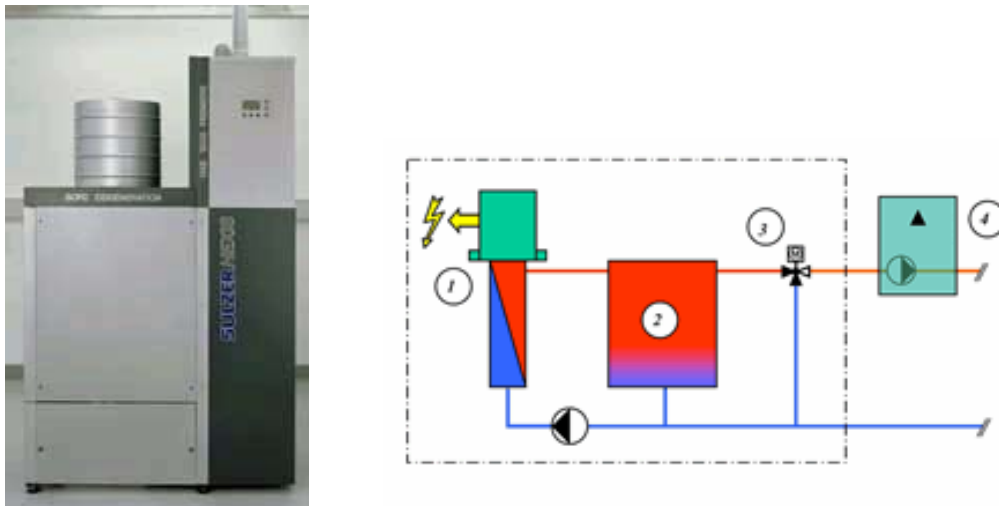
Zusätzlich ist es üblich, dass der Einheit noch ein Gasbrenner bzw. ein Wärme- bzw. Batteriespeicher<sup>25</sup> angefügt ist, um die Anlage flexibel auf den asynchron auftretenden Strom- und Wärmebedarf beispielsweise in der Hausanwendung auslegen zu können.

Nachfolgend werden zwei Anlagen der Firmen Sulzer Hexis AG und Vaillant gezeigt (siehe Abbildung 26 und Abbildung 27).

<sup>23</sup> Die Einteilung richtet sich nach dem verwendeten Elektrolyt.

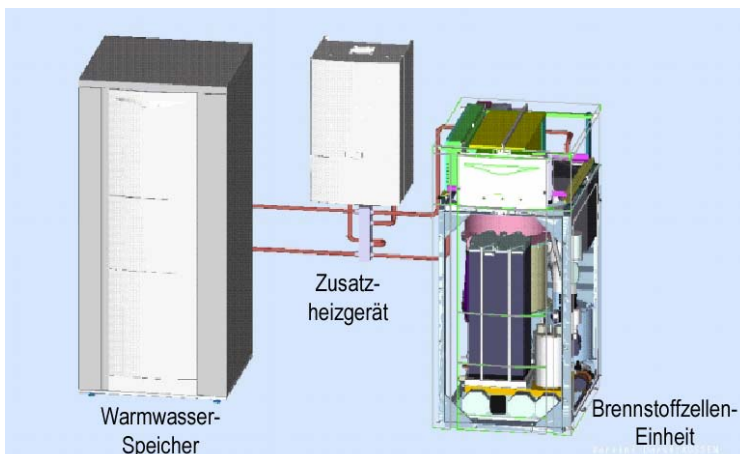
<sup>24</sup> PEFC ist die englische Abkürzung für „polymer electrolyte fuel cells“; SOFC ist die Abkürzung für „solid oxide fuel cells“. Beide Abkürzungen werden im deutschen Sprachraum häufig verwendet und deshalb an dieser Stelle angeführt.

<sup>25</sup> Aufgrund der hohen Kosten für den Batteriespeicher und aufgrund der wärmegeführten Betriebsweisen ist ein Wärmespeicher üblich.



**Abbildung 26** Links: Foto der 1 kW<sub>el</sub>/3 kW<sub>th</sub> HXS 1000 PREMIERE Anlage; rechts: hydraulische Schaltung der einzelnen Komponenten (Quelle: Sulzer Hexis)

Erläuterungen: 1. Brennstoffzelle & Abgaswärmetauscher; 2. Wärmespeicher 200 l; 3. Vorlaufregulierung; 4. Heizgerät



**Abbildung 27** Das 4,6 kW<sub>el</sub>/7kW<sub>th</sub> Vaillant Brennstoffzellen Heizsystem mit Zusatzheizgerät und Warmwasser-Speicher (Quelle: Vaillant)

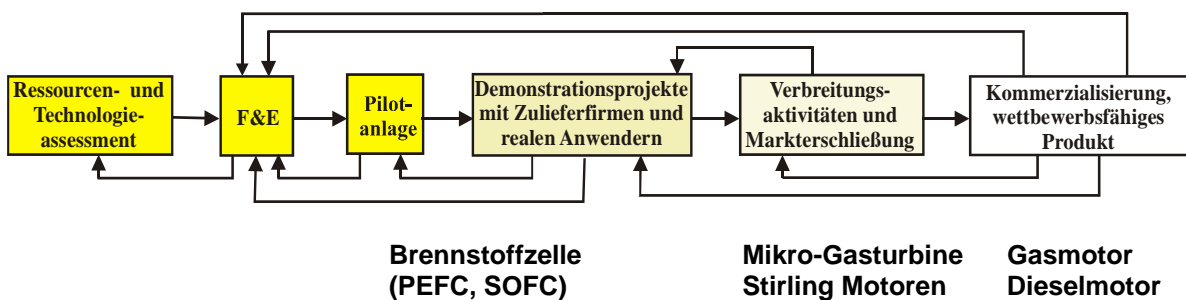
Bis dato wurden in Österreich vier Anlagen der Firma Vaillant und eine Anlage der Firma Sulzer installiert bzw. werden in diesem Jahr noch installiert. Insbesondere die österreichischen Energieversorger Energie AG, ESTAG/Steir. Ferngas, Wiengas und SAFE führen Demonstrationsprojekte durch.

Brennstoffzellen haben bis dato den Status von Pilot- und Demonstrationsanlagen nicht verlassen. Die Anzahl der FTE-Firmen hat sich in den letzten Jahren deutlich erhöht, insbesondere bei der Entwicklung von Mikro-Systemen. Die Durchführung (β-testing) von Demonstrationsprojekten wird derzeit von verschiedenen Firmen vorangetrieben.

### 3.10 Stand der Technik von Mikro- und Mini-BHKW-Anlagen

Bei einem Vergleich der Motorsysteme mit den innovativen Energietechnologien (Mikrogasturbine, Stirling, Brennstoffzelle) hinsichtlich des technologischen Entwicklungsstandes, kann der Schluss gezogen werden, dass Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen basierend auf Motorsystemen in Österreich den Markteintritt erfolgreich geschafft haben. Insbesondere im kleinen Leistungsbereich ist es gelungen, sehr kompakte und wartungsfreundliche Anlagen zu entwickeln. Durch die Vielzahl der zur Verfügung stehenden Produkte (Produktportfolio) kann die Anlagengröße an die verschiedenen Wärmebedarfssituationen verschiedenster Objekte gut angepasst werden. Neuentwicklungen, die modulierende Systeme zum Ziel haben und damit stromgeführte Betriebsweisen ermöglichen, ergänzen das derzeitige Produktportfolio.

In den letzten Jahren wurden in Österreich mehrere hundert Anlagen ausgeliefert und installiert. Die Referenzlisten im Anhang belegen diese dynamische Entwicklung (siehe Anhang 10.2.1 bis 10.2.3 beginnend ab Seite 94). Von den Stückzahlen her dominieren insbesondere die erdgasbefeuerten „Dachs“ HKA der Firma Senertec (ausgeliefert vorwiegend von den Firmen Oberdorfer und Lackner) diese Entwicklung. Weitere österreichischen Vertriebs- bzw. Planungsfirmen finden sich im Anhang (siehe Anhang 10.2 auf Seite 94).



**Abbildung 28** Typischer FTE-Zyklus der Produktentwicklung von Energietechnologien von der Forschung bis hin zur Kommerzialisierung (Quelle: E.V.A.)

Mikro-Gasturbinen konnten in den letzten Jahren ein technologisch sehr hohes Niveau erreichen. Die hohen Erwartungen hinsichtlich Invest- und Wartungskosten (im Sinne von ökonomischen Vorteilen gegenüber Motor BHKW-Anlagen) konnten bis dato zwar noch nicht erreicht werden, dennoch werden in Österreich die bisherigen Resultate der beiden Demonstrationsprojekte von den Betreibergesellschaften ESTAG und OMV Cogeneration sehr positiv beurteilt. Dies gilt insbesondere auch für die erreichten niederen NO<sub>x</sub> Emissionen. Der Einsatz dieser Technologie ist vor allem bei Anwendungen von Interesse, die ein hohes Temperaturniveau benötigen. Dies trifft auch für Kühlzwecke zu (hohe Abgastemperaturen sind hierbei für die Absorptionskältemaschinen erforderlich). Allerdings weisen Mikro-Gasturbinen geringere elektrische Wirkungsgrade als Gasmotoren auf. Weiters fallen die elektrischen Wirkungsgrade von Gasmotoren im Teillastbereich gegenüber den Mikro-Gasturbinen schwächer ab.

Stirling-Motoren wurde in den letzten Jahren ein sehr hohes Marktpotenzial – insbesondere im Kleingewerbebereich bzw. Haushaltssektor – zugeschrieben. Erst gegen Ende des letzten Jahres wurden in Österreich zwei Anlagen installiert. Seriöse Beurteilungen dieser Demonstrationsprojekte können zu diesem Zeitpunkt noch nicht abgegeben werden. Die Wartungskosten dieser Anlagen sind etwas niedriger, die Investitionskosten allerdings etwas höher (insbesondere unter Berücksichtigung der elektrischen Wirkungsgrade) als von vergleichbaren Gasmotoren.

Der Einsatz von Brennstoffzellen in BHKW-Anlagen ist technologisch noch nicht ausgereift, und die derzeitigen Kosten für die Anschaffung sind sehr hoch. Dies gilt auch für die Wartung und Instandhaltung derartiger Anlagen. Bei voller Marktreife dieser Technologie werden eine Reihe von Vorteilen wie hohe Wirkungsgrade (auch im Teillastbereich) bei niederen Emissionen gegenüber den anderen Energieumwandlungstechnologien erwartet.





## 4 Rahmenbedingungen

### 4.1 Gewerbliches Betriebsanlagenrecht

Gewerbliche Betriebsanlagen dürfen nur mit Genehmigung der Behörde errichtet und betrieben werden, wenn sie u.a. wegen der Verwendung von Maschinen und Geräten (wie z.B. Stationärmotoren) geeignet sind, Leben und Gesundheit zu gefährden oder die Nachbarn durch Geruch, Lärm, Rauch, Staub, Erschütterungen oder in anderer Weise zu belästigen (§74 Abs 2 Z 1 und 2 GewO 1994).

Der Betriebsanlage ist u.a. die Genehmigung zu erteilen, wenn nach dem Stand der Technik und dem Stand der medizinischen und der sonst in Betracht kommenden Wissenschaften zu erwarten ist, dass voraussehbare Gefährdungen vermieden und Belästigungen überhaupt oder bei Einhaltung von Auflagen auf ein zumutbares Maß beschränkt werden (§ 77 Abs 1 GewO 1994). Maßstäbe für die Zumutbarkeit der Belästigung sind folgende objektive Kriterien (§ 77 Abs 2 GewO 1994):

- die Auswirkungen der durch die Betriebsanlage erfolgten Änderungen auf die örtlichen Verhältnisse;
- die Auswirkungen auf den gesunden, normal empfindlichen Erwachsenen und
- das gesunde, normal empfindende Kind.

Die Forderung des § 77 Abs. 3 GewO 1994, wonach Emissionen von Luftschadstoffen jedenfalls nach dem Stand der Technik zu begrenzen sind, bedeutet, dass die Begrenzung der Luftschadstoffe nach dem Stand der Technik auch dann vorzuschreiben ist, wenn dies im Hinblick auf den Nachbarschutz gar nicht erforderlich wäre. Eine über den Stand der Technik hinausgehende Beschränkung von Luftschadstoffen ist jedoch dann möglich, wenn der Schutz der Gesundheit und die Zumutbarkeit von Nachbarbelästigungen nur so gewährleistet werden kann.

Für die Errichtung von BHKW-Anlagen in Österreich ist in erster Linie das Genehmigungsverfahren nach der GewO 1994 (§ 77 Abs. 1 und 3) relevant. Gemäß § 77 Abs. 3 GewO 1994 müssen im gewerbebehördlichen Genehmigungsverfahren Emissionen von Luftschadstoffen jedenfalls nach dem Stand der Technik begrenzt werden.

Die Bauordnung wird nur indirekt über den Immissionsschutz für Nachbarn angewendet. Weiters können die EI(W)G der Länder teilweise subsidiär zur GewO oder teilweise über Nachbarschutz, sowie die LRG-K falls Abhitzeessel geplant sind, relevant werden /L 5/. In Tabelle 7 wird überblicksartig dargestellt, welche Genehmigungsverfahren für die einzelnen Anwendungsfelder in Österreich relevant sein können.

**Tabelle 7** Genehmigungsverfahren für stationäre Motoren (Quelle: /L 5/)

	<b>Genehmigung nach:</b>	<b>Berücksichtigung von Emissionen aus Motoren:</b>
<b>Gewerbliche Betriebsanlagen</b>	Gewerbeordnung - GewO 1994	§ 77 Abs. 1 und 3
	Bauordnung	nur indirekt über Immissionsschutz für Nachbarn
	Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen (LRG-K) (in GewO-Verf. mitangew.)	nur mit Abhitzeessel
	EIWOOG der Länder	teilweise subsidiär zu GewO, teilweise über Nachbarschutz
<b>Öffentliche Gebäude, Wohnhäuser</b>	Bauordnung	nur indirekt über Immissionsschutz für Nachbarn
<b>Energieversorgungsunternehmen</b>	GewO 1994, wenn gewerblich (siehe § 74 Abs. 5)	§ 77 Abs. 1 und 3
	EIWOOG	teilweise subsidiär zu GewO, teilweise über Nachbarschutz
	Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen (LRG-K)	nur mit Abhitzeessel
	Bauordnung	nur indirekt über Immissionsschutz für Nachbarn
<b>Krankenhäuser, Altenheime</b>	Krankenanstaltengesetz (KAG)	keine Emissionsvorschriften
	Bauordnung	nur indirekt über Immissionsschutz für Nachbarn
<b>Deponien</b>	Gewerbeordnung - GewO 1994 Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) Deponie Verordnung Wasserrechtsgesetz (WRG)	§77 Abs. 1 und 3 Anwendung GewO, DeponieVO ... regelt Stand der Technik f. Ablagerungen subsidiär zur DeponieVO, regelt Anpassung bestehender Anlagen an DeponieVO
<b>Klärgasanlagen</b>	Wasserrechtsgesetz (WRG)	WRG regelt nur Abwasseremissionen
<b>Landwirtschaftl. Betriebe</b>	Bauordnung	nur indirekt über Immissionsschutz für Nachbarn

## 4.2 Grenzwerte

Hinsichtlich der Emissionen von KWK-Anlagen müssen diese jedenfalls nach dem „Stand der Technik“ begrenzt werden. Hinsichtlich der Emissionsgrenzwerte von Stationärmotoren wurden im Jahr 2001 von Seiten des BMWA Grenzwertempfehlungen publiziert, diese sind in Tabelle 8 angeführt.

**Tabelle 8** Grenzwertempfehlungen<sup>26</sup> für Stationärmotoren, Angaben in mg/Nm<sup>3</sup> (Quelle:/L 5/)

	NO <sub>x</sub>	CO	NMHC	Staub	H <sub>2</sub> S
<b>Heizöl extraleicht/Dieselmotoren</b>					
< 50 kW <sup>1)</sup>	4000	650	k.A.	Bosch 3	k.A.
≥ 50 kW < 400 kW (Oxi-Kat) <sup>2)</sup>	2500	650	k.A.	50	k.A.
≥ 400 kW < 1000 kW (SCR-Kat) <sup>3)</sup>	400	250	k.A.	50	k.A.
≥ 1000 kW (SCR-Kat) <sup>3)</sup>	250	250	k.A.	30	k.A.
<b>Erdgas / Flüssiggas (Ottomotor)</b>					
< 1000 kW	250	200	150	k.A.	k.A.
≥ 1000 kW	150	200	50	k.A.	k.A.
<b>Biogas</b>					
< 100 kW	---	650	---	k.A.	k.A.
≥ 100 kW	400	650	150	k.A.	5
<b>Klärgas, Deponiegas <sup>4)</sup></b>					
< 100 kW	---	650	---	k.A.	k.A.
≥ 100 kW (Magermotor)	500	400	150	k.A.	k.A.
1) Es gibt bereits Anbieter, die in diesem Leistungsbereich die Einhaltung eines NO <sub>x</sub> -Grenzwertes von 2.500 mg/Nm <sup>3</sup> garantieren. Es sind hier Fortschritte in der technischen Weiterentwicklung abzusehen. 2) Vorteilhaft zur Reduzierung der unverbrannten Kohlenwasserstoffe und der Geruchsbelastung 3) Zur Einhaltung der angeführten Grenzwerte ist nach derzeitigem Stand der Technik ein SCR Katalysator erforderlich. Ein Ammoniakslupf von höchstens 5 mg/Nm <sup>3</sup> darf nicht überschritten werden. 4) Grundsätzlich sind die übrigen Luftschadstoffe wie bei der Müllverbrennung zu begrenzen. In der Regel wird eine Rohgasreinigung erforderlich sein, siehe hierzu LRV-K 1989, BGBl Nr. 19/1989 i.d.F. BGBl II Nr. 324/1997.					

Die in Tabelle 8 angeführten Leistungen sind jeweils als Gesamtleistung einer Anlage zu verstehen, die aus mehreren Motoren bestehen kann, die in einem engen örtlichen Zusammenhang stehen und gleichzeitig betrieben werden können. Notstromaggregate werden bei diesen Empfehlungen als Motoren mit weniger als 50 Betriebsstunden im Jahr definiert, wobei Probelaufe nach Betriebsanleitung nicht zu den Jahresstunden gerechnet werden. Die Grenzwerte gelten als Halbstundenmittelwerte für trockenes Abgas im Normzustand und bezogen auf 5% O<sub>2</sub>, in der Regel bei Nennlast.

Bei kleinen Anlagen bis 125 kW kann der Staubgrenzwert durch eine Beurteilung der Abgasstrübung (z.B. Bosch-Zahl, Sichtkontrolle) ersetzt werden, da die regelmäßige messtechnische Überwachung des Staubgrenzwertes mit einfachen Messmethoden technisch nicht möglich ist.

Bei besonderen örtlichen Verhältnissen oder wenn zu erwarten ist, dass nach Inbetriebnahme der Anlage die Immissionsgrenzwerte nach IG-L, BGBl I Nr. 115/1997, nicht eingehalten

<sup>26</sup> Die Grenzwertempfehlungen sind auf 0°C, 1013 mbar, 5% O<sub>2</sub> bezogen. Die angegebenen Leistungen sind als mechanische Leistungen zu verstehen, die unter der Annahme eines Wirkungsgrades von 40% aus der Brennstoffwärmeleistung errechnet wurden und als Richtwert anzusehen sind (basierend auf /L 5/). Für Notstromaggregate gelten die entsprechend ihrer Leistung in der Tabelle angeführten Grenzwerte für CO und Staub. Für NO<sub>x</sub> ist der Grenzwert in der Höhe von 4000 mg/Nm<sup>3</sup> einzuhalten.

werden können, sind niedrigere Emissionsgrenzwerte als die in Tabelle 8 angeführten vorzusehen.

Zum Vergleich sind in Tabelle 9 die Grenzwerte der in Deutschland geltenden TA-Luft angegeben, diese sind in Österreich nur beschränkt anwendbar, von einigen Herstellern und Autoren wird aber immer wieder auf diese Werte Bezug genommen.

**Tabelle 9** Grenzwerte nach TA-Luft (Stand 1.10.2002) /L 52/

	<b>NO<sub>x</sub></b> <sup>1)</sup>	<b>CO</b> <sup>1)</sup>	<b>Staub</b>
	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
<b>Dieselmotoren</b> < 3 MW	1000	300	20
<b>Zündstrahlmotoren</b> (Biogas od. Klärgas) < 3 MW	1000	2000	
<b>Gasmotoren</b> (Erdgas/Flüssiggas) – für Magermotoren – für sonstige 4-Takt-Motoren	500 250	300 300	k.A. k.A.
<b>Gasmotoren</b> (Biogas od. Klärgas) < 3 MW	500	1000	
<b>Gasturbinen</b> – für Gasturbinen mit Erdgasbetrieb	75 <sup>2)</sup>	100 <sup>2)</sup>	k.A.
1) Bezogen auf einen Volumenanteil von 5% Sauerstoff im Abgas 2) bei 70-100% Last			

#### 4.2.1 Überprüfung der Emissionsmessungen

Bei Anlagen kleiner als 1 MW Brennstoffwärmeleistung ist entweder eine Typprüfung oder eine Abnahmeprüfung vorgeschrieben. Typprüfungen bzw. Abnahmeprüfungen sollten für alle Anlagen, unabhängig von deren Brennstoffwärmeleistung, von akkreditierten Prüfstellen oder Ziviltechnikern durchgeführt werden. Im Rahmen der Typprüfung kann nachgewiesen werden, dass ein Anlagentyp technisch geeignet ist, die Emissionsgrenzwerte einzuhalten. Die Abnahmeprüfung soll nachweisen, dass die Emissionsgrenzwerte der installierten Anlage eingehalten werden.

#### 4.2.2 Jährliche Überprüfung

Jede Anlage ist mindestens einmal jährlich durch einen befugten Sachverständigen auf die Einhaltung der gesetzlichen und bescheidmäßigen Anforderungen zu überprüfen. Dabei handelt es sich um eine Sichtprüfung mit vereinfachter Messung von CO und NO<sub>x</sub> gemäß ÖNORM M 7535.

Zusätzlich sollten von einem Fachmann in regelmäßigen Abständen, mindestens jedoch jährlich, Wartungsarbeiten durchgeführt werden.

Bei  $\lambda$ -1-Motoren ist einmal jährlich eine Wartung durch den Hersteller oder dessen bevollmächtigten Vertreter notwendig.

Bei Magermotoren ist spätestens nach jeweils 6000 Betriebsstunden oder einem Jahr eine Wartung durch die Erzeugerfirma durchzuführen.

Wiederkehrende bzw. insbesondere kontinuierliche Messungen sind erst bei größeren Anlagen von Relevanz (Brennstoffwärmeleistungen ab 10 MW).

### 4.3 Elektrizitätswirtschafts- und -organisationsgesetz (EIWOG)

Das EIWOG, BGBl. I Nr. 143/1998, ist hinsichtlich der Grundsatzbestimmungen mit 19. August 1998 in Kraft getreten (§ 67 Abs. 1). § 12 Abs. 2 EIWOG normiert, dass die Ausführungsgesetze der Länder vorsehen können, dass bestimmte Stromerzeugungsanlagen (KWK, elektrische Energie aus erneuerbaren Energien oder Abfällen) bis zu einer bestimmten Leistung einem vereinfachten Verfahren oder einem Anzeigeverfahren zu unterziehen sind. Ausdrücklich wird in § 12 Abs. 2 zweiter Satz festgelegt, dass eine Bewilligungspflicht nach EIWOG im Hinblick auf nach der GewO 1994 bewilligungs- oder anzeigespflichtige Anlagen, nur subsidiär gilt.

In §12 Abs. 2 EIWOG (Grundsatzbestimmung) finden sich folgende für Mikro- und Mini-BHKW-Anlagen wichtige Ausführungen: Die Ausführungsgesetze der Länder können vorsehen, dass Stromerzeugungsanlagen, die elektrische Energie aus erneuerbaren Energien oder Abfällen erzeugen oder die nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung arbeiten, bis zu einer bestimmten Leistung einem vereinfachten Verfahren oder einer Anzeigepflicht zu unterziehen sind. Die relevanten Leistungsgrößen sind in Tabelle 10 aufgelistet.

**Tabelle 10** Vereinfachtes Verfahren (Quelle: E.V.A. /L 19/)

Land	Leistungsgröße
Wien	max. 100 kW <sub>el</sub>
Steiermark	max. 500 kW <sub>el</sub>
Oberösterreich	10 bis 200 kW <sub>el</sub>
Burgenland	max. 200 kVA
Niederösterreich	max. 250 kW <sub>el</sub>
Tirol	max. 100 kW <sub>el</sub>
Kärnten	max. 500 kW <sub>el</sub>
Vorarlberg	max. 500 kW <sub>el</sub>
Salzburg	10 bis 200 kW <sub>el</sub>

Die Kompetenz für den Einsatz von Kleinf Feuerungsanlagen mit Relevanz für den österreichischen Wärmemarkt liegt primär bei den Ländern und wird durch unterschiedlichste Gesetzesmaterien geregelt (z.B. Vereinbarung zwischen dem Bund und den Ländern gem. Art. 15 a B-VG über die Einsparung von Energie, diverse Landesgesetze, Bauordnungen, Verordnungen etc.). Ausnahmen bilden Kesselanlagen für gewerbliche Anlagen, deren Emissionen über die Feuerungsanlagenverordnung (FAV) des Bundes im Rahmen der GewO geregelt werden.

### 4.4 Förderungen

Von der Kommunalkredit ([www.kommunalkredit.at](http://www.kommunalkredit.at)) werden KWK-Anlagen von Unternehmern, gemeinnützigen Vereinen und Energieversorgungsunternehmen (ev. auch Einrichtungen der öffentlichen Hand im Sinne von Betrieben mit marktbestimmender Tätigkeiten) über die Umweltförderung im Inland gefördert. Gefördert werden: „mit Erdgas oder Flüssiggas befeuerte Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, die überwiegend zur kombinierten Strom- und Wärmeversorgung von Betrieben eingesetzt werden bis zu einer maximalen Leistung von 2 MW<sub>th</sub>...“ /L 49/

Es können KWK-Anlagen mit einem elektrischen Wirkungsgrad von mindestens 25% und einem Jahresnutzungsgrad von mindestens 75% gefördert werden (siehe L 48). Weitere Voraussetzungen für eine Förderung sind die Emissionen der Anlage. Für Verbrennungskraftmotoren mit einer Leistung von bis zu 800 kW müssen die NO<sub>x</sub>-Emissionen<sup>27</sup> unter 250 mg/Nm<sup>3</sup> und die CO-Emissionen kleiner als 200 mg/Nm<sup>3</sup> sein. Gasturbinenanlagen, mit einer Brennstoffleistung unter 50 MW, müssen NO<sub>x</sub>-Emissionen kleiner als 100 mg/Nm<sup>3</sup> haben.

Der Förderungssatz beträgt bei „de-minimis“<sup>28</sup>-Projekten max. 30 % der gesamten umweltrelevanten Investitionskosten (nicht förderungsfähig sind Gasanschluss, Flüssiggastank, Gaskessel und Übergabestation). Bei Projekten über „de-minimis“ werden maximal 40 % der umweltrelevanten Mehrinvestitionen gefördert. Die umweltrelevanten Investitionskosten sind mit 3.300 € pro Tonne erzielter CO<sub>2</sub>-Reduktion begrenzt. /L 49/ Um die eingesparten Emissionen zu ermitteln werden die Emissionen des Versorgungszustandes vor der Investition mit den Emissionen nach der Investition bilanziert. Die Emissionen des Stromes werden mit 0,304 t<sub>CO2</sub>/MWh<sub>el</sub> angenommen; das entspricht den Emissionen des österreichischen Basiskraftwerksmixes. (Im GEMIS werden der Stromerzeugung im Kraftwerkspark in Österreich 0,246 t<sub>CO2-äq</sub>/MWh<sub>el</sub> bewertet.)

Das Ansuchen muss vor Baubeginn bei der Kommunalkredit einlangen und die umweltrelevanten Investitionskosten müssen mindestens 10.000 € betragen. Weitere Informationen z.B. zu den erforderlichen Unterlagen siehe /L 49/.

Im Jahr 2003 wurden von der Kommunalkredit Austria 23 fossile KWK Projekte mit einem Fördervolumen von 378.000 Euro finanziert. Die jährlichen CO<sub>2</sub> Einsparungen werden mit 576 t CO<sub>2</sub> berechnet.

## 4.5 Besteuerung der Energieträger (eingesetzt in BHKW-Anlagen)

Das gegenwärtige österreichische System umfasst die Besteuerung von Mineralölprodukten, Gas und elektrischem Strom. Biogene Stoffe, die unvermischt eingesetzt werden, sind – unabhängig davon, wo sie eingesetzt werden – steuerfrei. Seit Anfang 2004 gelten die folgenden Steuersätze (siehe Tabelle 11):

**Tabelle 11** Energie- bzw. Mineralösteuersätze in Österreich

Energieträger	Energiesteuer / MÖST ab Beginn 2004 €/ Einheit
Kraftfahrzeug Diesel	0.317 / Liter (*)
Normal- und Superbenzin unverbleit	0.432 / Liter (*)
Heizöl Extra Leicht	0.098 / Liter

<sup>27</sup> Bezogen auf 3% O<sub>2</sub>

<sup>28</sup> Gemäß der Verordnung (EG) Nr. 69/2001 der Kommission vom 12.01.2001 über die Anwendung der Artikel 87 und 88 EG-Vertrag auf „de-minimis“-Beihilfen wird die Förderungsgewährung zugunsten eines Unternehmens bis zum Betrag von 100.000,- Euro innerhalb von drei Jahren nicht als staatliche Beihilfe angesehen und unterliegt damit auch nicht der Anmeldepflicht gemäß EG-Vertrag. Der Dreijahreszeitraum ist fließend, d.h. bei jeder Neubewilligung einer „de-minimis“-Beihilfe ist die Gesamtsumme der in den vorangegangenen drei Jahren gewährten „de-minimis“-Beihilfen maßgeblich. Da die „de-minimis“-Beihilfe keine staatliche Beihilfe darstellt, lässt sie die Gewährung anderer Beihilfen unberührt. Ein Kumulieren von „de-minimis“-Beihilfen mit anderen Beihilfen ist somit zulässig. Vom Anwendungsbereich der Verordnung sind die Bereiche Landwirtschaft, Fischerei und Aquakultur sowie der Verkehrsbereich ausgenommen.

Energieträger	Energiesteuer / MÖSt ab Beginn 2004 €/ Einheit
Heizöl leicht, mittel, schwer	0,060 / kg
Naturgas	0.066 / m <sup>3</sup>
Steinkohle	0,05 / kg

(\*) die MÖSt-Anhebung bei Treibstoffen schwefelarm ist um 1,5 Cent je Liter niedriger.

Elektrischer Strom wird unabhängig davon besteuert, welche Primärenergieträger für seine Erzeugung eingesetzt werden. Von dieser Steuer befreit sind jene Elektrizitätserzeuger, die Strom für den Eigenbedarf produzieren, wenn die Erzeugung und der Verbrauch pro Jahr nicht mehr als 5.000 kWh betragen. Typischerweise sind dies kleine Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Zusätzlich zu den Energiesteuern werden die Energiepreise mit 20% Umsatzsteuer beaufschlagt.

Beim Betrieb einer KWK besteht die Möglichkeit, den Input, der für die Stromerzeugung verwendet wird, steuerfrei zu beziehen und den Output zu versteuern. Das heißt, der Brennstoff der zur Erzeugung von Strom verwendet wird, wird steuerfrei bezogen oder man erhält eine Steuerrückvergütung. Die in der Anlage erzeugte elektrische Energie ist aber elektrizitäts-abgabepflichtig.

#### 4.5.1 Erdgas

Nach dem Erdgasabgabegesetz ist die Abgabe auf die verbrauchte Menge Erdgas mit 0,066 € je m<sup>3</sup> Erdgas (ab 1.1.2004) festgelegt. Unter §3 Abs.2 des Erdgasabgabegesetzes ist die Möglichkeit der Steuerbefreiung angeführt: *„Die Steuerbefreiung erfolgt im Wege einer Vergütung an denjenigen, der das Erdgas verwendet ... für Erdgas, soweit es zur Erzeugung von elektrischer Energie verwendet wird. Für das Vergütungsverfahren sind die Regelungen des Energieabgabenvergütungsgesetzes sinngemäß anzuwenden, wobei die Vergütung auch monatlich erfolgen kann.“* /L 25/.

Es wird der Energieinput entlastet und der Output besteuert. Die Vergütung der Erdgasabgabe umfasst nur jenen Anteil, der für die Erzeugung von elektrischer Energie verwendet wird. Wird in einer Anlage gleichzeitig elektrische Energie und Wärme erzeugt, so ist der Anteil, der auf die Erzeugung elektrischer Energie entfällt, nachzuweisen. Ist ein derartiger Nachweis nicht möglich, z.B. weil der Wärmeoutput nicht gemessen wird, dann besteht die Möglichkeit, die für die Stromerzeugung eingesetzte Erdgasmenge folgendermaßen abzuschätzen:

Erdgaseinsatz für Erzeugung elektrischer Energie = Nettostromerzeugung (Output an elektrischer Energie) dividiert durch 0,44 (Der Wirkungsgrad wird mit 44% angesetzt). Das Ergebnis ist in Normkubikmeter Erdgas umzurechnen, wobei zur Vereinfachung davon auszugehen ist, dass ein Normkubikmeter Erdgas einer Energiemenge von 10 kWh entspricht /L 42/.

Wird von dieser Vereinfachungsregelung Gebrauch gemacht, dann muss diese Regelung über den Zeitraum eines ganzen Jahres beibehalten werden. Eine Änderung der Berechnungsmethode (exakte Zuordnung – Pauschalregelung) innerhalb eines Jahres ist nicht zulässig. Bei der Anwendung der Pauschalregelung ist die tatsächlich eingesetzte Erdgasmenge nachzuweisen, sodass eine Vergütung über die tatsächlich eingesetzte Erdgasmenge hinaus nicht erfolgen kann /L 42/.

## 4.5.2 Flüssiggas / Heizöl

Im Mineralölsteuergesetz von 1995 ist die Versteuerung von Heizöl und Flüssiggas geregelt.

Beim Betrieb der Anlage zur Erzeugung von elektrischem Strom mit Flüssiggas und Heizöl kann nach §4 Abs. 9 ein Freischein beantragt werden, das Flüssiggas kann dann steuerfrei bezogen werden. Nach § 24 Abs. 4 ist die Nachversteuerung geregelt: *“Wer Mineralöl ....gemäß §4 Abs.1 Z 9 lit. C auf Grund eines Freischeines unversteuert bezieht und zu anderen Zwecken als zur Erzeugung elektrischer Energie verwendet, hat für jene Mineralölmengen, die nicht auf die Erzeugung elektrischer Energie entfallen, die Mineralölsteuer zu entrichten (Nachversteuerung).“* Für die zur Erzeugung von Wärme eingesetzte Menge Flüssiggas sind, nach §3 Abs. 1 Z 8, 43 €/t<sub>Flüssiggas</sub> zu entrichten.<sup>29</sup>

Unter § 24 Abs. 4 ist auch die Möglichkeit angeführt, auf Antrag für das gesamte in der Anlage verwendete Mineralöl eine Mineralölsteuer von 14,5 € für 1000 kg Flüssiggas oder Heizöl zu entrichten. Voraussetzung dafür ist die Verwendung des Mineralöls in stationären Anlagen, die ausschließlich zur Erzeugung von elektrischer Energie und Wärme dienen und die im Verhältnis zur Wärmeerzeugung mindestens ein Drittel Strom erzeugen.

Die Freischeine werden auf Antrag des Inhabers des Betriebes, in dem das Mineralöl verwendet werden soll, ausgestellt. Der Inhalt des Freischeines ist in §13 festgelegt:

*(1) Im Freischein sind anzugeben:*

- 1. der Name (die Firma) und die Anschrift des zum unversteuerten Bezug und zur steuerfreien Verwendung Berechtigten (Inhaber des Verwendungsbetriebes)*
- 2. die Bezeichnung und die Anschrift des Verwendungsbetriebes;*
- 3. die Art des Mineralöls, das unversteuert bezogen und steuerfrei verwendet werden darf;*
- 4. der Zweck, zu dem das Mineralöl steuerfrei verwendet werden darf;*
- 5. der Zeitraum, innerhalb dessen Mineralöl unversteuert bezogen und steuerfrei verwendet werden darf.*

*(2) Auf schriftlichen Antrag des Inhabers eines Freischeins sind amtliche Abschriften des Bewilligungsbescheides auszustellen. /L 24/*

## 4.6 KWK-Richtlinie

Die EU-Kommission hat in den letzten Jahren eine Anzahl von Direktiven beschlossen, von denen insbesondere die KWK-Richtlinie<sup>30</sup> Bedeutung für die weitere Entwicklung von BHKW-Anlagen in Österreich hat.

Zweck dieser Richtlinie ist es, die Energieeffizienz zu erhöhen und die Versorgungssicherheit zu verbessern, indem ein Rahmen für die Förderung und Entwicklung einer hocheffizienten, am Nutzwärmebedarf orientierten und auf Primärenergieeinsparungen ausgerichteten KWK im

---

<sup>29</sup> Der Heizwert von Flüssiggas beträgt rund 12 kWh/kg (Primagaz, Februar 2004).

<sup>30</sup> Richtlinie 2004/8/EG des europäischen Parlaments und des Rats vom 11. Februar 2004 über die Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung im Energiebinnenmarkt und zur Änderung der Richtlinie 94/42/EWG.



Energiebinnenmarkt unter Berücksichtigung der spezifischen einzelstaatlichen Gegebenheiten, insbesondere klimatischer und wirtschaftlicher Art, geschaffen wird.

Die Richtlinie definiert Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen wie folgt:

- (i) KWK-Kleinstanlagen sind KWK-Anlagen mit einer Kapazität von höchstens 50 kW<sub>el</sub>, und
- (ii) KWK-Kleinanlagen sind KWK-Blöcke mit einer installierten Kapazität unter 1 MW<sub>el</sub>.

Die Richtlinie umfasst folgende Artikel:

- (i) Kriterien für die Bestimmung von KWK Wirkungsgraden
- (ii) Herkunftsnachweis für Strom aus hocheffizienter KWK
- (iii) Nationale Potentiale für hocheffiziente KWK
- (iv) Förderregelungen
- (v) Stromnetz und Tariffragen
- (vi) Verwaltungsverfahren
- (vii) Berichtswesen der Mitgliedsstaaten und der Kommission
- (viii) Alternative Berechnungsmethoden
- (ix) Überprüfung, Ausschussverfahren und der Umsetzung.

Unter Artikel 8 der Richtlinie gibt es für Klein- und Kleinstanlagen einen speziellen Passus. Von Seiten der Kommission werden die Mitgliedstaaten aufgefordert, insbesondere den Netzzugang für Strom aus hocheffizienten KWK-Anlagen zu erleichtern (Artikel 8, Absatz 3).

Basierend auf der KWK-Richtlinie (ANHANG III, Absatz a) müssen „hocheffiziente KWK“ folgende Kriterien erfüllen:

- (i) Die KWK-Erzeugung in KWK-Blöcken ermöglicht gemäß Buchstabe b)<sup>31</sup> berechnete Primärenergieeinsparungen von mindestens 10 % im Vergleich zu den Referenzwerten für die getrennte Strom- und Wärmeerzeugung.
- (ii) Die Erzeugung in KWK-Klein- und Kleinstanlagen, die Primärenergieeinsparungen erbringen, kann als hocheffiziente KWK gelten.

<sup>31</sup> Im Anhang III, Absatz b wird die Berechnungsformel für die Primärenergieeinsparungen angeführt. Diese lautet:

$$PEE = \left( 1 - \frac{1}{\frac{KWKW_{\eta}}{Re fW_{\eta}} + \frac{KWKE_{\eta}}{Re fE_{\eta}}} \right) \times 100\%$$

**PEE** ist die Abkürzung für Primärenergieeinsparung,

**KWK W<sub>η</sub>** steht für den Wärmewirkungsgrad-Referenzwert der KWK-Erzeugung, definiert als jährliche Nutzwärmeerzeugung im Verhältnis zum Brennstoff, der für die Erzeugung der Summe von KWK-Nutzwärmeleistung und KWK-Stromerzeugung eingesetzt wurde.

**Ref W<sub>η</sub>** ist der Wirkungsgrad-Referenzwert für die getrennte Wärmeerzeugung.

**KWK E<sub>η</sub>** ist der elektrische Wirkungsgrad der KWK, definiert als jährlicher KWK-Strom im Verhältnis zum Brennstoff, der für die Erzeugung der Summe von KWK-Nutzwärmeleistung und KWK-Stromerzeugung eingesetzt wurde. Wenn ein KWK-Block mechanische Energie erzeugt, so kann der jährlichen KWK-Stromerzeugung ein Zusatzwert hinzugerechnet werden, der der Strommenge entspricht, die der Menge der mechanischen Energie gleichwertig ist.

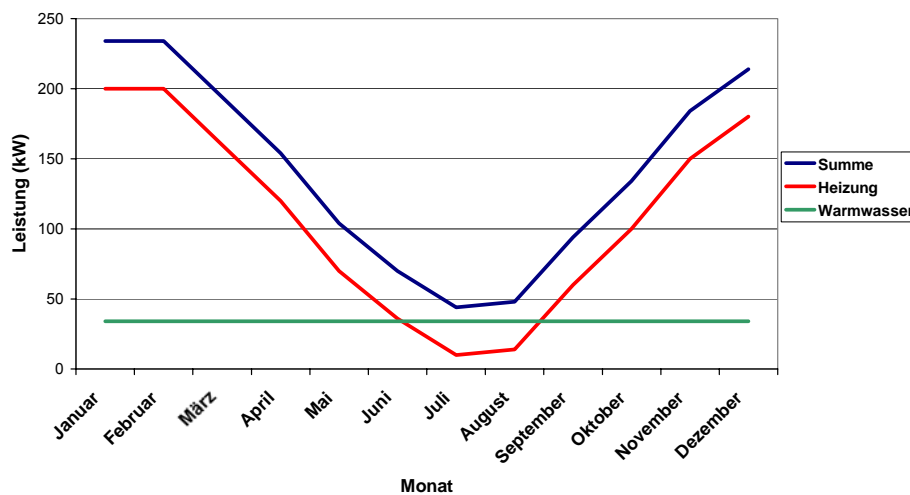
**Ref E<sub>η</sub>** ist der Wirkungsgrad-Referenzwert für die getrennte Stromerzeugung.

Weiters soll von den Mitgliedsstaaten gewährleistet werden, dass die Kaufpreise für Reserve- bzw. Zusatzstrom auf der Grundlage veröffentlichter Tarife und Bedingungen festgelegt werden müssen. Die Richtlinie ist von den Mitgliedsstaaten spätestens bis 21. Februar 2006 umzusetzen.

## 5 Kosten und Wirtschaftlichkeit

### 5.1 Allgemein

Eine gute Planung und die richtige Auslegung des BHKWs sind für den wirtschaftlichen Betrieb entscheidend. Um die Wirtschaftlichkeit eines BHKWs abschätzen zu können, muss der zeitliche Verlauf des Wärme- bzw. Strombedarfs eines Objektes ermittelt werden. Bei Neubauten muss der Wärmebedarf anhand von Gebäudedaten berechnet werden. Abbildung 29 zeigt ein Beispiel für den Verlauf des Wärmebedarfs während eines Jahres. Für einen wirtschaftlichen Einsatz eines BHKWs sollte auch im Sommer ein Wärmebedarf vorhanden sein, andernfalls sind lange Betriebszeiten der Anlage nicht möglich.



**Abbildung 29** Beispiel für den Verlauf des Wärmebedarfs während eines Jahres

Für die Normierung des Raumwärmebedarfs sollte das in der VDI 3807 dargestellte Heizgradtage<sup>32</sup>-Verfahren herangezogen werden. Eine detaillierte Analyse des Wärmeverbrauchs kann durch die stündliche Erfassung der Wärmemengen erzielt werden. Am höchsten Wert bemisst sich im Prinzip die Auslegung des Heizkessels nach dem Norm-Wärmebedarf (für Norm-Außentemperatur<sup>33</sup> nach DIN 4701). Da nur in seltenen Fällen Stundenwerte vorliegen, behilft man sich mit objekttypischen normierten Lastganglinien, die man mit dem tatsächlichen Nutz-wärmeverbrauch multipliziert /L 4/.

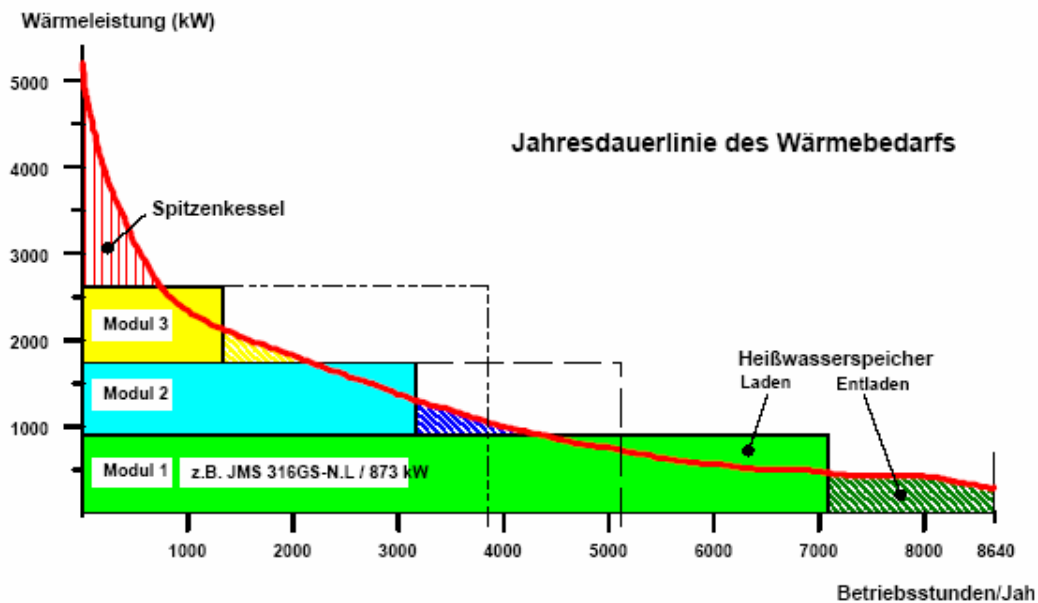
Anhand der Jahresdauerlinie<sup>34</sup> ist ersichtlich, dass bei niedriger Wärmeleistung des BHKWs, im Verhältnis zur benötigten Spitzenleistung, seine Laufzeit hoch ist (s. folgende Abb.) . Allerdings ist die gelieferte Wärmemenge gemessen am Wärmebedarf klein. Günstiger stellt sich unter

<sup>32</sup> Heizgradtage sind ein Maß für den Einfluss des Klimas auf den Heizenergieverbrauch eines Gebäudes. Heizgradtage sind die Differenz zwischen der gewünschten Raumtemperatur und der mittleren Außentemperatur eines Tages, falls diese Außentemperatur unter einer angenommenen Heizgrenze liegt.

<sup>33</sup> Unter Norm-Außentemperatur wird jene Außentemperatur verstanden, bei welcher einem Gebäude die Norm-Heizlast (Nennleistung) zugeführt werden muss, um eine Berechnungs-Raumtemperatur erreichen und aufrechterhalten zu können. (siehe ÖNORM B 8135)

<sup>34</sup> Eine Jahresdauerlinie stellt den (kumulierten) Leistungsbedarf eines Versorgungsobjektes in Abhängigkeit von der jährlich benötigten Nutzungszeit dieser Leistung dar.

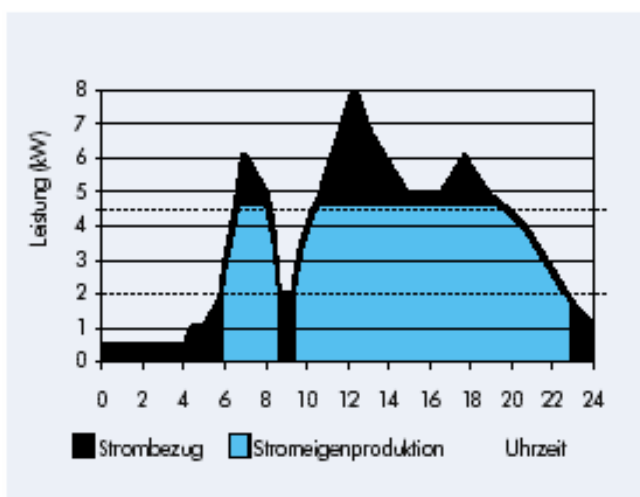
diesem Aspekt eine größere Maschine dar. Diese sollte jedoch im Teillastbetrieb arbeiten können, damit wiederum hohe Laufzeiten erreicht werden können. In Abbildung 30 ist eine Anlage mit drei Modulen mit Spitzenlastkessel und Pufferspeicher dargestellt.



**Abbildung 30** Jahresdauerlinie einer Anlage mit drei Modulen (Quelle: GE Jenbacher / L 50/)

Nachdem die Laufzeit des BHKWs mit dem Jahresdauerlinien-Verfahren bestimmt worden ist (siehe Abbildung 30), muss die Struktur des Strombedarfs mit der Stromerzeugung des BHKWs verglichen werden. Erst dann kann eine Energiebilanz für Wärme und Strom aufgestellt werden.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung müssen die Jahresanteile des substituierten und des eingespeisten BHKW-Stroms sowie der verbleibende Strombezug bestimmt werden. In Abbildung 31 ist die Struktur des Strombedarfs über den Tag dargestellt. Die stromgeführte Anlage läuft entsprechend dem Strombedarf, nur die Stromspitzen werden dabei durch Strombezug gedeckt.



**Abbildung 31** Fahrweise eines leistungsvariablen BHKWs (2–4,5 kW<sub>el</sub>) mit stromgeführtem Betrieb /L 1/

Der notwendige Brennstoffeinsatz und die aus der BHKW Anlage resultierenden Wärme- und Strommengen werden mit Energiepreisen des betreffenden Objektes bewertet. Diese sollten aus den Abrechnungen bzw. Verträgen des Gas- bzw. Stromversorgers bekannt sein. Anhand von pauschalen Kostensätzen für die Errichtung und den Betrieb eines BHKWs kann eine überschlägige Rechnung vorgenommen werden. Kapitel 5.2 führt aktuelle Richtpreise für Investitionskosten und Instandhaltungskosten an.

Die Bewertung des erzeugten Stroms und der erzeugten Wärme ist abhängig von ihrer Verwendung. Der Strom kann genutzt werden, um Fremdstrombezug einzusparen, er kann in das vorgelagerte Netz eingespeist oder an Dritte verkauft werden. Bei der Eigennutzung ergibt sich der Wert des Produkts daraus, welche Kosten bei anderweitiger Beschaffung (= vorliegende Tarifstruktur) dadurch eingespart werden.

Sofern ein wirtschaftlicher Betrieb erwartet werden kann, sind in einem zweiten Schritt die Kostensätze anhand von Richtpreisanfragen zu verifizieren und die Tarifsituation (für Strom und Gas) mit dem Versorgungsunternehmen abzuklären. Vor der abschließenden Entscheidung sind die Investitionskosten und Instandhaltungskosten mittels Ausschreibung zu konkretisieren.

## **5.2 Kosten von BHKW-Anlagen**

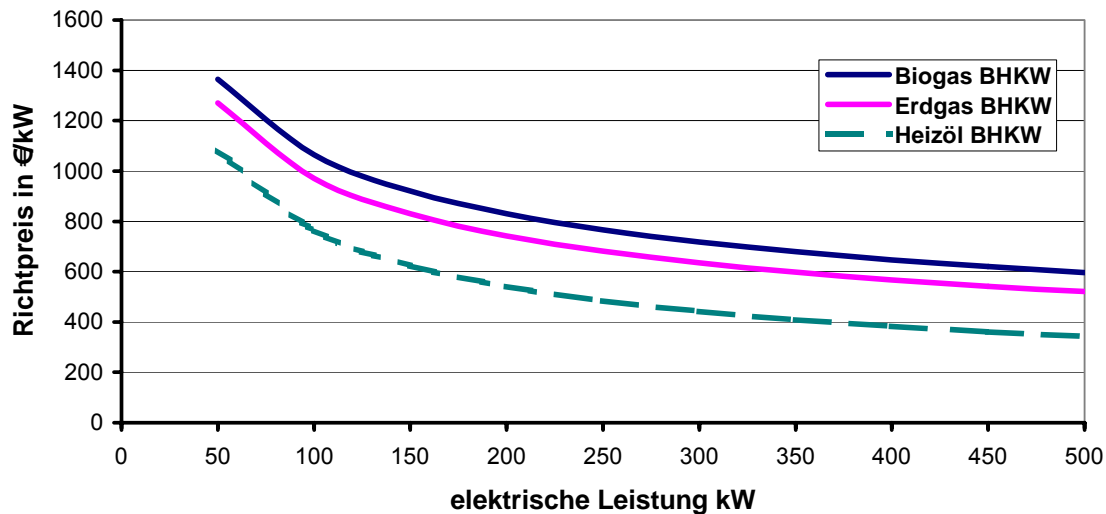
### **5.2.1 Investitionskosten von Motor BHKW-Anlagen**

Die Investitionskosten für Motor BHKW-Anlagen können über Richtpreis-Angebote erhoben werden. Von der Stadt Frankfurt am Main werden seit einigen Jahren periodische Erhebungen durchgeführt /L 3/. Punktuelle Untersuchungen der E.V.A. (sowohl für die Investitions- und Wartungskosten) ergaben, dass das österreichische Preisniveau vergleichbar ist.

Die in Abbildung 32 dargestellten BHKW-Preise als Funktion der elektrischen Leistung sind als Durchschnittspreise zu verstehen und repräsentieren einen Richtwert. Bei einer realen Ausschreibung können noch Kostenreduktionen (beispielsweise hinsichtlich Ausführung, Sonderrabatte, etc.) erzielt werden.

Die angeführten Richtpreise inkludieren die folgenden Komponenten bzw. Dienstleistungen:

- (i) KWK-Modul
- (ii) Schalldämmhaube, Schallschutzkabine zur Absenkung des Schalldruckpegels auf min. 75 dB (A) in 1 m Entfernung
- (iii) Kosten für die Emissionsbegrenzung (beispielsweise Katalysatoren) zur Einhaltung der geforderten Abgasgrenzwerte
- (iv) Schmierölver- und -entsorgung inkl. Vorratsbehälter, Pumpen und automatischer Nachfüleinrichtungen
- (v) Schaltschrank für Netz-Parallelbetrieb, inklusive Steuerung und Überwachung
- (vi) Be- und Entlüftung
- (vii) Fernüberwachung inkl. Montage (Spezifikation des Herstellers/Selbstwählmodem oder gleichwertig)
- (viii) Transport und Montage
- (ix) Inbetriebnahme, Probetrieb und Abnahme.



**Abbildung 32** Spezifische Preise von Erdgas-, Heizöl-/Diesel- und Biogas-BHKW-Anlagen als Funktion der elektrischen Leistung (Quelle: ASUE /L 3/)

Die Auswertung der Erdgas BHKW-Anlagen basiert auf 207 BHKW-Modulen von 33 Anbietern, die Auswertung der Heizöl/Diesel BHKW-Anlagen auf 41 BHKW-Modulen von 7 Anbietern und die Biogas BHKW-Anlagen auf 95 BHKW-Modulen von 16 Anbietern (siehe Tabelle 9 in Abschnitt 4.2).

Die Richtpreise von Mikro-Gasturbinen liegen derzeit noch über den Erdgas-BHKW-Anlagen (siehe Tabelle 12 und Abbildung 33). Die angeführten Preise für die Anlagen der Fa. Capstone stammen von der deutschen Firma G.A.S., mittlerweile hat auch die Wels Strom mit dem Vertrieb derartiger Anlagen begonnen mit ähnlich Preiskonditionen.

**Tabelle 12** Preisübersicht derzeit angebotener Mikro-Gasturbinen (Quelle: E.V.A., 2002)

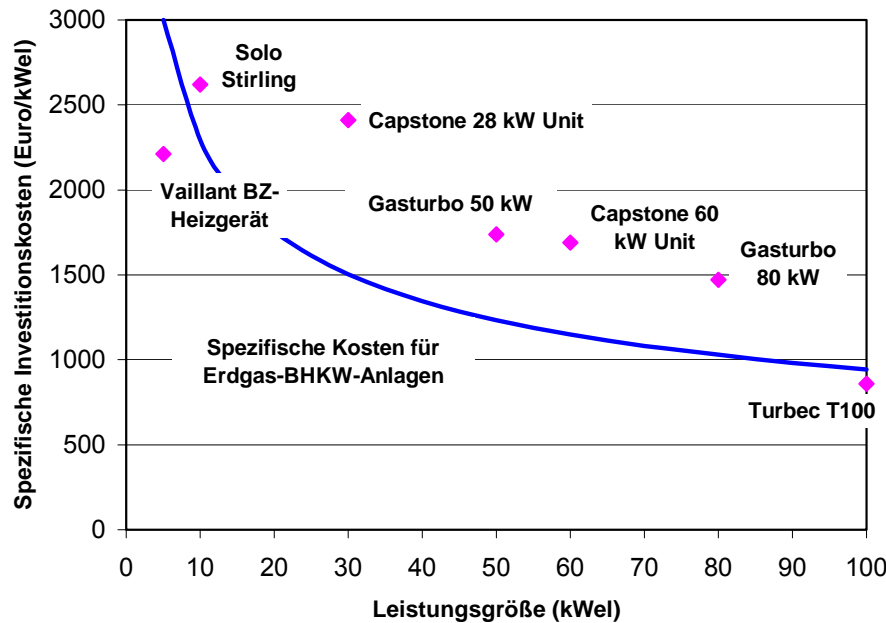
Anlagenhersteller / Vertreiber bzw. Pa- ckager	Richtpreis der Anlage [Euro]	Elektr. Leistung [kW]	Elektrischer/ Gesamt-Wirkungsgrad [% / %]	Richtpreis pro kW <sub>el</sub> [Euro / kW <sub>el</sub> ]	Wartung [Euro/kWh <sub>el</sub> ]
Capstone Turbine Corp.	67.600 (52.000)****	28	25 / 82	2.410	0,01 *)
Capstone Turbine Corp.	101.000 (81.800)****	60	26 / 89	1.690	K. A.
Gasturbo (Bowman Power Sys- tems Ltd.)	87.200	50	22 / 72	1.740	0,02 *)
Gasturbo (Bowman Power Sys- tems Ltd.)	116.300	80	25 / 74	1.470	0,02 *)
Turbec / API ***)	85.000 (123.200) ****	100	30 / 80	850 (1360) ****	0,007 **) (0,015 **) ****)

\*) Vollwartungsvertrag

\*\*) Teilwartungsvertrag

\*\*\*) Die Firma TURBEC hat seit Herbst 2003 die Auslieferung von Mikro-Gasturbinen eingestellt und beschränkt sich in ihren Geschäftstätigkeiten auf die Wartung der bisherig ausgelieferten Anlagen. Per Ende 2003 hat die italienische Firma API die gesamten Aktienanteile der Firma TURBEC übernommen. Laut Aussagen von Turbec werden die Geschäftsaktivitäten nunmehr wieder planmäßig fortgesetzt.

\*\*\*\*) Seit 2004 hat die Firma Wels Strom mit dem Vertrieb von Capstone und Turbec / API Mikro-Gasturbinen begonnen. Die entsprechenden Richtpreise werden in Klammer angeführt.



**Abbildung 33** Blaue Linie: Richtpreise von BHKW-Anlagen < 100 kW<sub>el</sub>. Die violetten Punkte repräsentieren Richtpreise für Mikro-Gasturbinen-, Stirling- und Brennstoffzellen-Anlagen von europäischen Lieferfirmen. Für die T100 Anlage wurden noch die alten Preisangaben der Firma TURBEC berücksichtigt (Quelle: E.V.A., /L 19/)

Indikativ wurden auch die Zielkosten(!) von Brennstoffzellen-Systemen eines Herstellers (Fa. Vaillant) eingetragen. Derzeit liegen die realen Kosten allerdings noch um Faktoren zwischen 5 und 10 über den Erdgas BHKW-Anlagen mit vergleichbaren Leistungsgrößen. Der Stirling Motor der Firma Solo Stirling hingegen liegt bereits im Preisniveau mit vergleichbaren konventionellen Motor-BHKW-Anlagen.

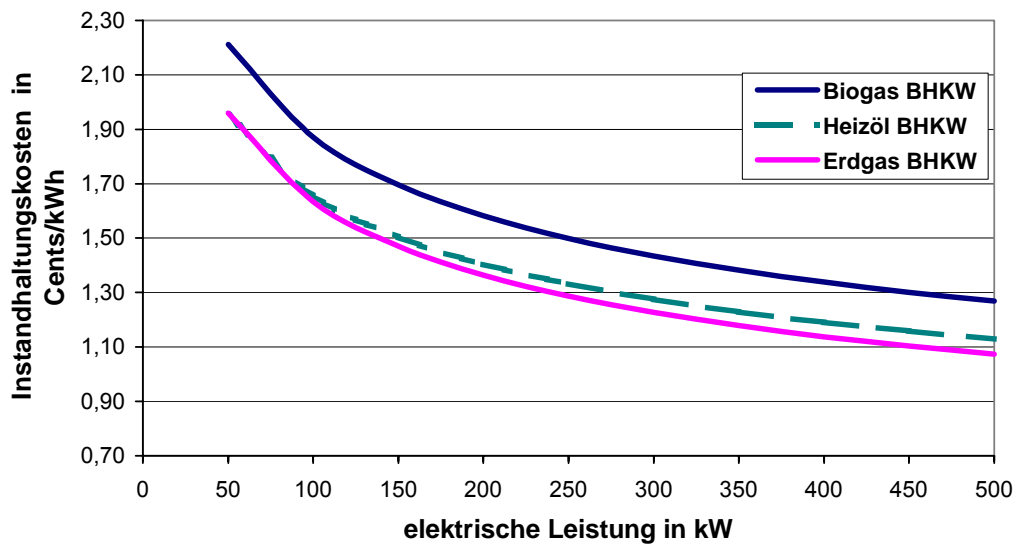
## 5.2.2 Instandhaltungskosten

Hinsichtlich der Wartung und Instandhaltung von BHKW-Anlagen werden nachfolgend die Kosten für Instandhaltung im Rahmen einer Vollwartung einerseits und die Kosten für eine Generalüberholung andererseits vorgestellt, insbesondere um die große Bandbreite an möglichen Wartungsverträgen aufzuzeigen.

Ein (Vollwartungs-)Instandhaltungsvertrag umfasst alle Wartungs-, Reparaturarbeiten, Ersatzteile, Betriebsstoffe (außer Brennstoff), die für die BHKW-Anlage benötigt werden. Eine sogenannte Generalüberholung ist, bedingt durch die Dauer des Vertrages von in der Regel 10 Jahren, ebenfalls enthalten. Dieser Vertrag entspricht weitestgehend einer bezahlten Garantieleistung. Mittlerweile wurde in Deutschland basierend auf dieser Spezifikation die VDI-Richtlinie 4680 „BHKW-Grundsätze für die Gestaltung von Serviceverträgen“ entwickelt. Diese VDI-Richtlinie berücksichtigt noch besser die Belange der Betreiber und kann auf österreichische Verhältnisse grundsätzlich übertragen werden.

Generell sind Preise für Instandhaltungsverträge „verhandelbar“ und damit abhängig von der Position des Käufers/Verkäufers, sowie der Anzahl von gleichen Anlagen, die z. B. ein Stadtwerk oder Contracting-Anbieter betreibt. Im Anhang findet sich ein Vertragsmuster eines von einem VDMA<sup>35</sup>-Arbeitskreis entwickelten Instandhaltungsvertrags (siehe 10.4 Anhang).

<sup>35</sup> Fachgemeinschaft Kraftmaschinen im VDMA (Verein im Dienste des Maschinenbaus, des Anlagenbaus und der Informationstechnik) <http://www.krm.vdma.org>



**Abbildung 34** Preiskonditionen für einen Instandhaltungsvertrag von Erdgas-, Heizöl-/Diesel- und Biogasmotoren als Funktion der elektrischen Leistung /L 3/

Die durchschnittlichen Preisangaben in Abbildung 34 basieren auf 142 Angeboten in einem elektrischen Leistungsbereich zwischen 5 und 2.000 kW.

Bei den Instandhaltungskosten kann die Kostenerhebung bei den Erdgasmaschinen als Richtschnur für die zu erwartenden Instandhaltungskosten für Heizölmaschinen dienen. Detaillierte Untersuchungen liegen hierzu nicht vor.

Richtpreise für Wartung und Instandhaltung für Mikrogasturbinen sind in Tabelle 12 angeführt.

Die Vorteile von Vollwartungsverträgen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

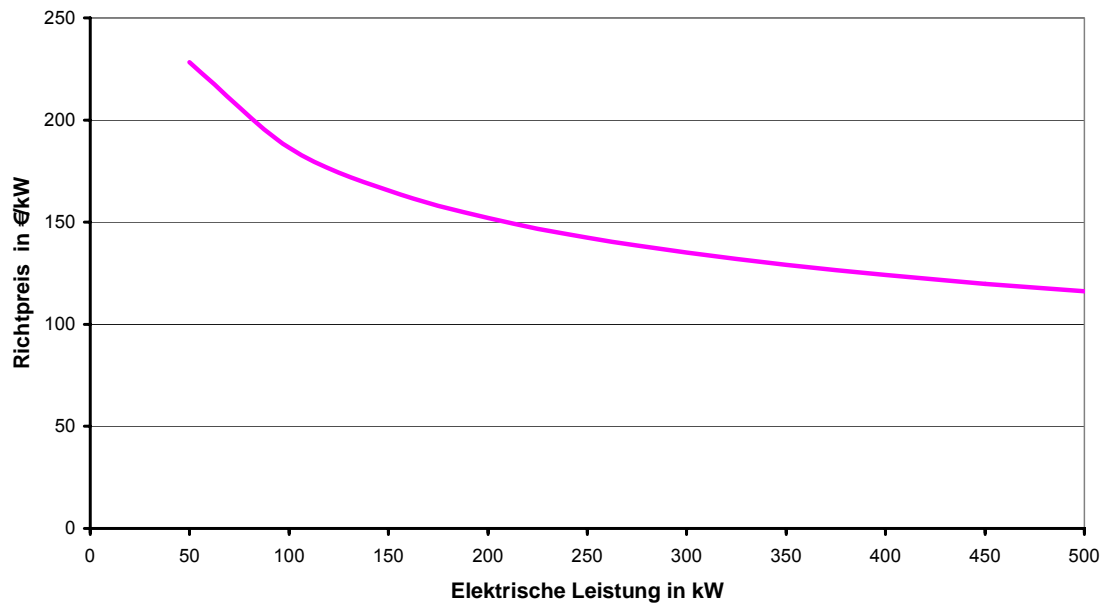
- (i) Die Ausführung aller Arbeiten an der BHKW-Anlage sowie die Absicherung gegenüber den technischen Risiken (z.B. Motorschaden) ist im Leistungsumfang enthalten.
- (ii) Durch Preisleitklauseln sind die Kosten für einen Vollwartungsvertrag über lange Zeiträume einfach zu schätzen, dadurch ergibt sich für den Betreiber eine gewisse Kalkulationssicherheit.
- (iii) Wird eine Maschine bei gleichzeitigem Abschluss eines Vollwartungsvertrages gekauft, wird der Hersteller schon aus Eigeninteresse für die notwendige Qualität des BHKWs sorgen.

### 5.2.3 Kosten Generalüberholung

Der Instandhaltungsvertrag ist für einen Betreiber ohne eigenes qualifiziertes Personal die sicherste und bequemste Art, eine BHKW-Anlage zu betreiben. Die jährlichen Kosten sind überchaubar. Dennoch wird ein Betreiber mit ausreichend eigenem qualifizierten Personal (Stadterke, Industriebetriebe) diese Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten größtenteils selber durchführen.

Die Generalüberholung, die je nach Auslegung und Belastung der Maschine nach 25.000 – 65.000 Stunden notwendig wird, wird auf jeden Fall von der Lieferfirma durchgeführt. Nach einer Generalüberholung ist eine weitere Laufzeit in gleicher Höhe zu erwarten. Da die Kosten einer Generalüberholung maximal ein Viertel der Gesamt-Modulkosten betragen, ist dies eine sehr wirtschaftliche Maßnahme.





**Abbildung 35** Kosten der Generalüberholung für BHKW-Anlagen mit Verbrennungsmotoren als Funktion der elektrischen Leistung /L 3/

Die Datenbasis für die Preisangaben in Abbildung 35 inkludiert 99 Richtpreisangebote mit elektrischen Modulleistungen bis 500 kW<sub>el</sub>.

#### 5.2.4 Einbindungskosten und sonstige Investitionskosten

Kostengünstig lässt sich ein BHKW in der Regel dann einbinden, wenn das BHKW die vorhandene Infrastruktur nutzen kann. Beispielsweise wenn das BHKW im selben Raum wie der Heizkessel in die bereits vorhandenen Rohrleitungen eingebunden werden kann.

Neben den Modul- und Einbindungskosten sind Planungskosten zu berücksichtigen, die sich einerseits nach dem Investitionsumfang richten können, andererseits auch danach, in welchem Umfang die Planung selbst bzw. extern von einem Contracting-Anbieter durchgeführt wird. Üblicherweise belaufen sich die Planungskosten auf rund 10 % der Investitionskosten.

Weiters sind Kosten für die Systemeinbindung (Strom, Gas, Wärme), Genehmigung, Versicherung und Sonstiges nicht zu vernachlässigen. Diese Kosten betragen in etwa 15–25% der Gesamtinvestition, so die Erfahrungswerte der österreichischen Planungsunternehmen. Diese hängen jedoch stark von der projektspezifischen Situation ab und können auch noch beträchtlich höher ausfallen.

### 5.3 Ermittlung der Wirtschaftlichkeit

Üblicherweise ersetzt ein BHKW nicht einen bereits vorhandenen oder neu zu installierenden Kessel, sondern das BHKW wird zusätzlich zu einer bestehenden Kesselanlage betrieben. Wird die Leistung des Kessels so dimensioniert, dass er die Wärmehöchstlast alleine decken kann, dann müssen die Vollkosten für die Wärmeerzeugung mit dem BHKW niedriger sein als die Brennstoffkosten, die im Kessel eingespart werden. In den Vollkosten der BHKW-Wärme sind alle Kosten des BHKW für Brennstoff, Kapitalverzehr zuzüglich Zinsen, Reparaturen, Wartung und sonstiger Betriebskosten enthalten.

Diese Kosten werden um die Einsparungen vermindert, die sich aus der Differenz der Kosten für den Fremdstrombezug (ohne BHKW) und der Kosten des verminderten Fremdstrombedarfs (mit BHKW) ergeben. Dabei reduzieren sich die Fremdstrombezugskosten nicht proportional zur eingesparten Strommenge, denn die Strombezugspreise sind in der Regel nicht linear gestaltet. Die im Kessel eingesparte Brennstoffmenge ergibt sich aus der BHKW-Wärme-  
produktion geteilt durch den Nutzungsgrad der Kesselanlage.

Kann durch den Einsatz des BHKWs die Kesselleistung vermindert werden, dann können neben den ersparten Brennstoffkosten auch die ersparten Kosten durch geringere Kessel-  
leistung in den Vergleich einbezogen werden. Durch den Einsatz von modulierbaren BHKW-  
Modulen und Pufferspeicher bzw. monovalenten Betriebsweisen kann die Installation eines  
Heizkessels und damit die Investitionskosten hierfür entfallen.

Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit ist es wichtig, die unterschiedlichen Tarifsituationen  
zu berücksichtigen. Eine Berechnung mit durchschnittlichen Energiepreisen kann nur zur gro-  
ben Abschätzung dienen. In den folgenden Tabellen werden durchschnittliche Tarifsituationen  
(Strom und Gas) für gewerbliche Kunden aufgezeigt. Bei genauer Berechnung ist es wichtig,  
auch die Tarifzeiten zu kennen, in denen die Stromproduktion bzw. der Stromverbrauch erfolgt.

**Tabelle 13** Durchschnittliche Strompreise für gewerbliche Betriebe basierend auf  
Stromverbräuchen von 10.000 kWh, 20.000 kWh, 50.000 kWh und 100.000 kWh. Preise inkl.  
Energie-, Netzkosten, Energieabgabe und Steuern (Quelle: Tarifikalkulator E-Control, Februar  
2004)

	10.000 kWh		20.000 kWh		50.000 kWh		100.000 kWh	
1	Switch	1.328,11	Switch	2.617,75	Switch	6.486,67	Switch	12.934,87
2	Wien Energie	1.335,25	Wien Energie	2.632,03	Wien Energie	6.522,37	Wien Energie	13.006,27
3	KELAG	1.380,43	KELAG	2.697,67	KELAG	6.649,39	My Electric	13.143,43
4	oekostrom AG	1.382,11	Oekostrom AG	2.725,75	oekostrom AG	6.658,63	Alpen Adria Naturenergie	13.207,87
5	Alpen Adria Naturenergie	1.400,11	My Electric	2.736,86	Alpen Adria Naturenergie	6.699,67	KELAG	13.235,59
∅	€/kWh	0,137		0,134		0,132		0,131
∅ (ohne UST)	€/kWh	0,114		0,112		0,110		0,109

**Tabelle 14** Gaspreise für gewerbliche Betriebe basierend auf Gasverbräuchen von  
100.000 kWh, 250.000 kWh, 500.000 kWh und 1.000.000 kWh. Preise inkl. Energie-,  
Netzkosten, Energieabgabe und Steuern (Quelle: Tarifikalkulator E-Control, Februar 2004)

	100.000 kWh		250.000 kWh		500.000 kWh		1.000.000 kWh	
1	Kelag	4131,75	Kelag	9.824,59	Kelag	18.973,60	Kelag	36.254,41
2	Wien Energie	4229,10	Wien Energie	10.085,66	Wasser- kraft	19.721,31	Wasser- kraft	37.803,19
3	Wasser- kraft	4238,61	Wasser- kraft	10.171,77	Erdgas OÖ	20.110,35	Erdgas OÖ	38.556,06
4	Erdgas OÖ	4336,59	Erdgas OÖ	10.378,90				
∅	€/kWh	0,0423		0,0405		0,0392		0,03754
∅ (ohne UST)	€/kWh	0,0353		0,0337		0,0327		0,03128

### 5.3.1 Standard-Verfahren zur Differenzkostenbetrachtung

Beim Standard-Verfahren werden nur die Jahreskosten berücksichtigt, die durch den Betrieb des BHKWs unmittelbar beeinflusst werden. Es werden die Kapital- und Betriebskosten des BHKW betrachtet sowie die erzielbare Einsparung an Brennstoff für den Kessel und beim Fremdstrombezug. Die Kapital- und Betriebskosten des Heizkessels werden beispielsweise nicht betrachtet, da sie sich durch die BHKW-Wärmeerzeugung nur geringfügig ändern. Preisänderungen werden ebenfalls nicht berücksichtigt.

Der Brennstoffbedarf des BHKWs wird durch Ermittlung des Brennstoffmehraufwandes für die Stromerzeugung berücksichtigt. Der BHKW-Brennstoffaufwand, der der Wärmeerzeugung zuzurechnen ist (wie er sich im Heizkessel bei Erzeugung der gleichen Wärmemenge ohne BHKW ergeben würde), wird über den Nutzungsgrad des Heizkessels herausgerechnet, denn diese Menge müsste auch ohne BHKW eingesetzt werden.

### 5.3.2 Erweitertes Verfahren zur Vollkostenbetrachtung (BHKW und Kessel)

Bei dieser Berechnung handelt es sich um eine vereinfachte Annuitäten-Vollkostenbetrachtung für die gesamte Heizkesselanlage mit BHKW im Vergleich zu den Vollkosten einer reinen Wärmeerzeugung im Heizkessel mit Strombezug von Energieversorgungsunternehmen.

Dieses Verfahren ist dann anzuwenden, wenn nicht nur die Kostenänderung aus dem BHKW-Betrieb, sondern die gesamten Kosten für die Wärme- und Stromversorgung betrachtet werden sollen. Vorteil dieser Berechnung ist eine größere Transparenz gegenüber der Differenzkostenbetrachtung, da nicht nur die Mehrkosten bzw. Einsparungen durch den BHKW-Betrieb, sondern die gesamten Jahreskosten der Energiebereitstellung betrachtet werden. Nachteilig ist der größere Bedarf an Daten, um diese Berechnung durchzuführen.

## 5.4 Stromgestehungskosten und Amortisationszeit

Für die nachfolgenden Berechnungen wurden drei Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen  $< 100 \text{ kW}_{\text{el}}$  berücksichtigt. Diese sind: (i) die emissionsarme  $5,0 \text{ kW}_{\text{el}}$  HKA-Anlage der Firma Senertec sowie ein  $70$  und ein  $90 \text{ kW}_{\text{el}}$  Mini-BHKW der Firma Oberdorfer Kraft-Wärme-Kopplung GmbH. Weiters wurde eine  $60 \text{ kW}_{\text{el}}$  Mikro-Gasturbine von der Firma Capstone bzw. G.A.S. berücksichtigt.<sup>36</sup> Für die Investitions- und Instandhaltungskosten wurden die Daten aus den Kapiteln 5.2.1 und 5.2.2 herangezogen.

Etwaige Einbindungskosten bzw. mögliche Förderungen für die Investitionskosten wurden in dieser Berechnung nicht berücksichtigt. Es wurde mit einem Erdgaspreis von  $3,5 \text{ Cent/kWh}$  für die  $5,0 \text{ kW}_{\text{el}}$  Anlage und für die anderen mit einem Erdgaspreis von  $3,1 \text{ Cent/kWh}$  gerechnet. Als kalkulatorischer Fremdkapitalzinssatz wurden  $6\%$  angenommen. Der Wärmegestehungspreis wurde mit  $3,9$  bzw.  $4,4 \text{ Cent/kWh}$  angenommen.<sup>37</sup> Als Lebensdauer für die Motor- BHKW-Module wurden  $15$  Jahre, für die Mikrogasturbine  $10$  Jahre (aufgrund fehlender Daten der Lebensdauer und der Neuartigkeit der Technologie) angenommen. Eine Zusammenfassung der zugrundeliegenden Datensätze für diese Berechnungen finden sich in Tabelle 15.

---

<sup>36</sup> Da zum Zeitpunkt an dem dieser Bericht angefertigt wurde, die  $100 \text{ kW}_{\text{el}}$ -Anlage von der Firma TURBEC nicht mehr ausgeliefert wurde, wurde auf die  $60 \text{ kW}$ -Anlage der Firma Capstone zurückgegriffen. Zu diesem Zweck fanden jene Kostensätze Berücksichtigung, die zum damaligen Zeitpunkt von der Firma G.A.S. genannt wurden.

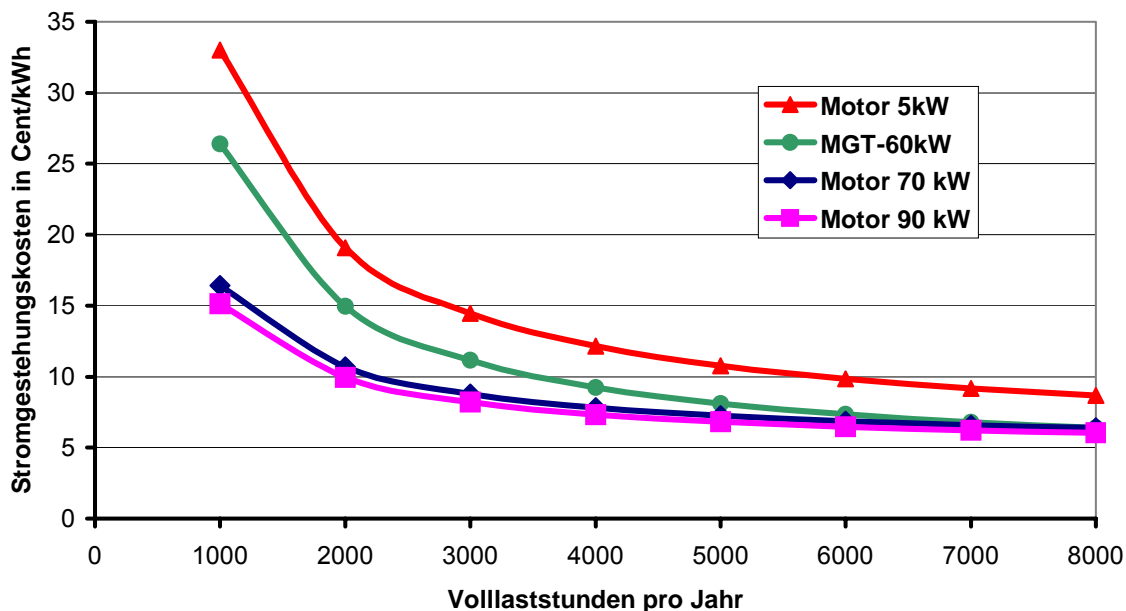
<sup>37</sup> Es wurden für diese Annahme nur die Gaskosten für die Wärmeerzeugung in einem Gaskessel ( $\eta_{\text{th}} = 80 \%$ ) herangezogen.

**Tabelle 15** Daten für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit (Quelle: E.V.A. basierend auf Spezifikationsblättern und Informationen von Vertriebsfirmen)

		Motor 5,0 kW	Motor 70 kW	Motor 90 kW	MGT 60 kW
Elektr. Output	kW	5,0	70	90	60
Therm. Output	kW	11,7	118,3	147	145
Elektr. Wirkungsgrad	%	26	32	33	26
Therm. Wirkungsgrad	%	61	54	54	63
Modulpreis	€	13.500	78.000	91.000	101.000
Wartungskosten (Vollwartungsvertrag)	€-Cent/kWh	2,0	1,8	1,7	1,0
Lebensdauer	Jahre	15	15	15	10
Zinssatz	%	6	6	6	6
Brennstoffkosten	€-Cent/kWh	3,5	3,1	3,1	3,1

In Abbildung 36 sind die Stromgestehungskosten in Abhängigkeit von den Betriebsstunden pro Jahr dargestellt. Die 70 kW<sub>el</sub> und insbesondere die 90 kW<sub>el</sub> BHKW-Anlagen weisen bei 4.000 Volllaststunden bereits akzeptable – im Sinne von konkurrenzfähigen – Stromgestehungskosten auf. Die Mikrogasturbine erreicht erst bei rund 6.000 Volllaststunden pro Jahr Stromgestehungskosten auf dem Niveau der 70 kW<sub>el</sub> BHKW Anlage. In diesem Zusammenhang ist auf – für Neuanlagen noch typisch – höhere Investitionskosten zu verweisen, die geringeren Wartungskosten wirken sich erst bei hohen Jahresvolllaststunden aus. Das Kostenniveau der 5 kW HKA ist aufgrund der höheren Basiskosten ebenfalls nicht unerwartet.

Generell ist anzumerken, dass alle Anlagen mindestens 4.000 bis 5.000 Betriebsstunden erreichen müssen, um akzeptable Stromgestehungskosten zu erzielen. Diese Volllaststundenanzahl setzt eine richtige Planung bzw. Auslegung der Anlage voraus.



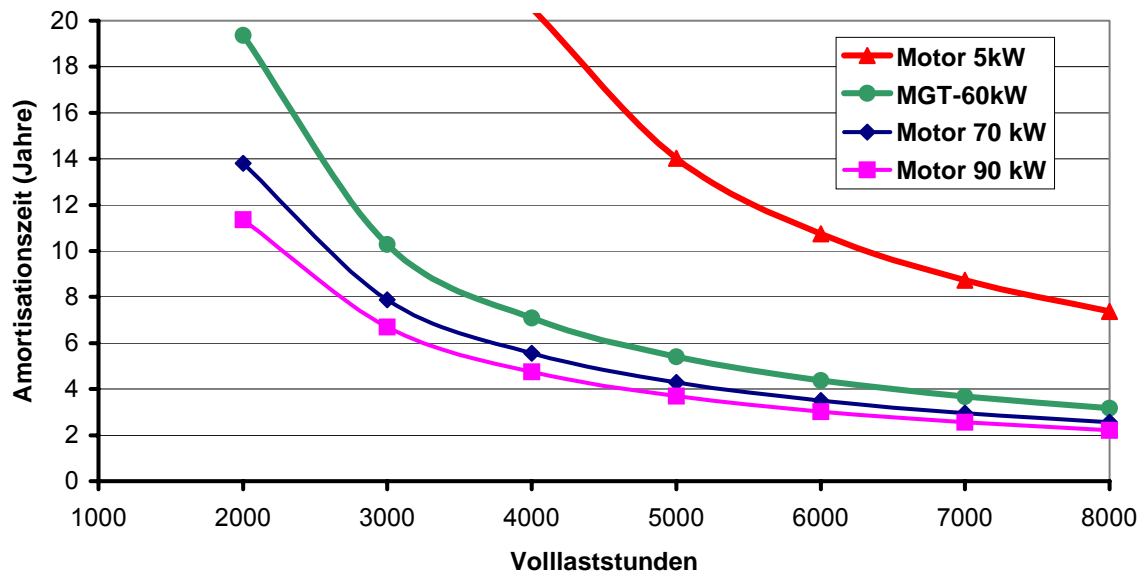
**Abbildung 36** Abhängigkeit der Stromgestehungskosten von den Volllaststunden (Quelle: E.V.A.)

Die angeführten Amortisationszeiten für BHKW-Anlagen in Tabelle 16 wurden mit einem Strompreis von 11 Cent/kWh berechnet. Die Abhängigkeit der Amortisationszeit von den Betriebsstunden pro Jahr wird in Abbildung 37 dargestellt.

**Tabelle 16** Dynamische Amortisationszeiten für die betrachteten Module

	Amortisationszeit bei 4000 Bh/a	Amortisationszeit bei 5000 Bh/a	Amortisationszeit bei 6000 Bh/a
Motor 90 kW	4,8	3,7	3,0
Motor 70 kW	5,6	4,3	3,5
MGT-60 kW	7,1	5,4	4,4
Motor 5,4 kW	20,5	14	10,7

Bei 5000 Volllaststunden können für die 70 und 90 kW<sub>el</sub> BHKW-Anlage bereits Amortisationszeiten unter 5 Jahren erreicht werden. Die 60 kW<sub>el</sub> Mikrogasturbine liegt nur knapp darüber. Bei den gewählten Randbedingungen erreicht das 5 kW HKA erst bei über 6.000 Volllaststunden eine Amortisationszeit von weniger als 10 Jahren.



**Abbildung 37** Abhängigkeit der Amortisationsdauer von den jährlichen Volllaststunden (Quelle: E.V.A.)

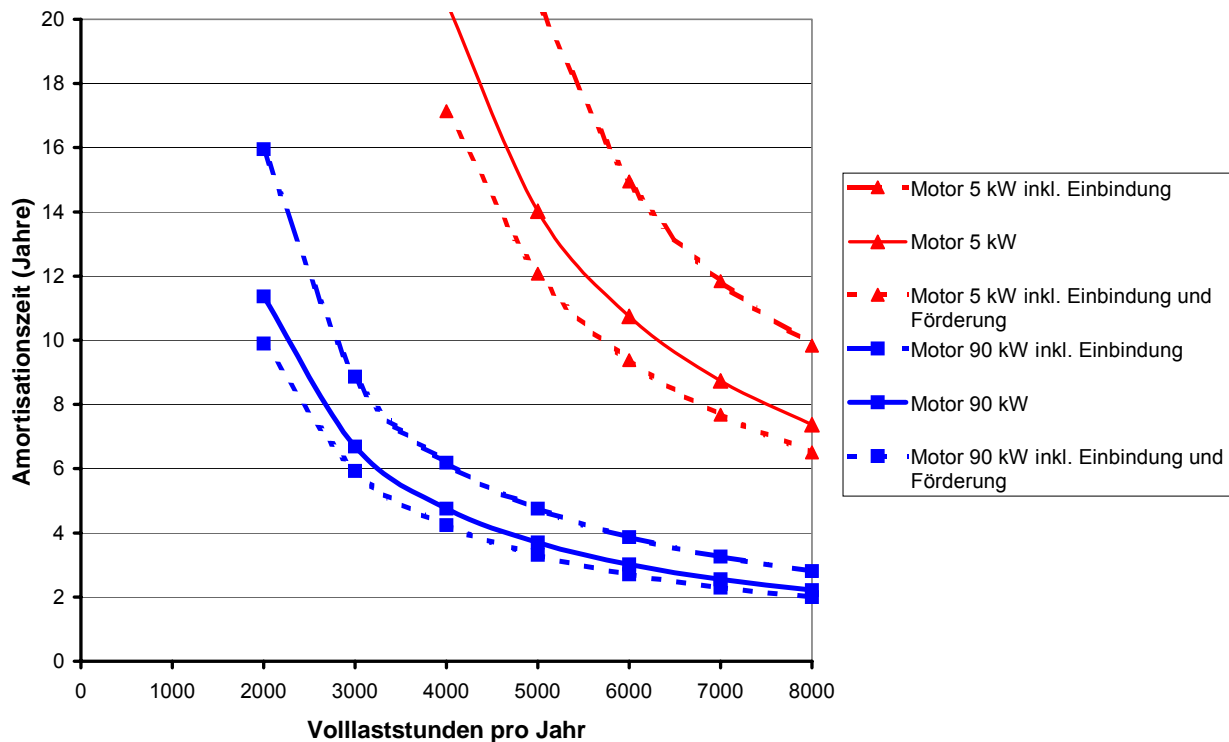
Bei dieser Betrachtung wurden die Planungs- und Einbindungskosten und die mögliche Förderungen – beispielsweise durch die inländische Umweltförderung – nicht berücksichtigt.

In Abbildung 38 wurden die Berechnungen auf diese Kostenanteile und eine mögliche Förderung für zwei BHKW-Anlagen erweitert. Drei Varianten pro BHKW-Anlage sind in dieser Abbildung dargestellt:

- (i) Investitionskosten ohne Einbindungs- und Planungskosten
- (ii) Investitionskosten mit Einbindungs- und Planungskosten (bis zu 25 % der Investitionskosten)
- (iii) Investitionskosten mit Einbindungs- und Planungskosten und einer 30 % Förderung der energierelevanten Investitionskosten.<sup>38</sup>

<sup>38</sup> Förderungen auf Planungskosten werden in diesem Beispiel nicht berücksichtigt.

Durch die Berücksichtigung der Einbindungs- und Planungskosten steigt die Amortisationszeit sowohl der 90 kW<sub>el</sub> BHKW Anlage als auch der 5 kW<sub>el</sub> HKA (um ca. 30 % bzw. 45 %) gegenüber der Basisvariante. Bei Berücksichtigung der Umweltförderung wirkt sich der Fördereffekt besonders bei der Kleinanlage aus, da sich die Amortisationszeiten deutlich (> 4 Jahre) verbessern. Es ist absehbar, dass Investitionsentscheidungen dadurch maßgeblich positiv beeinflusst werden. Dies führte in den letzten Jahren auch in Österreich zu einer Reihe von Projekten in diesem Leistungsbereich.

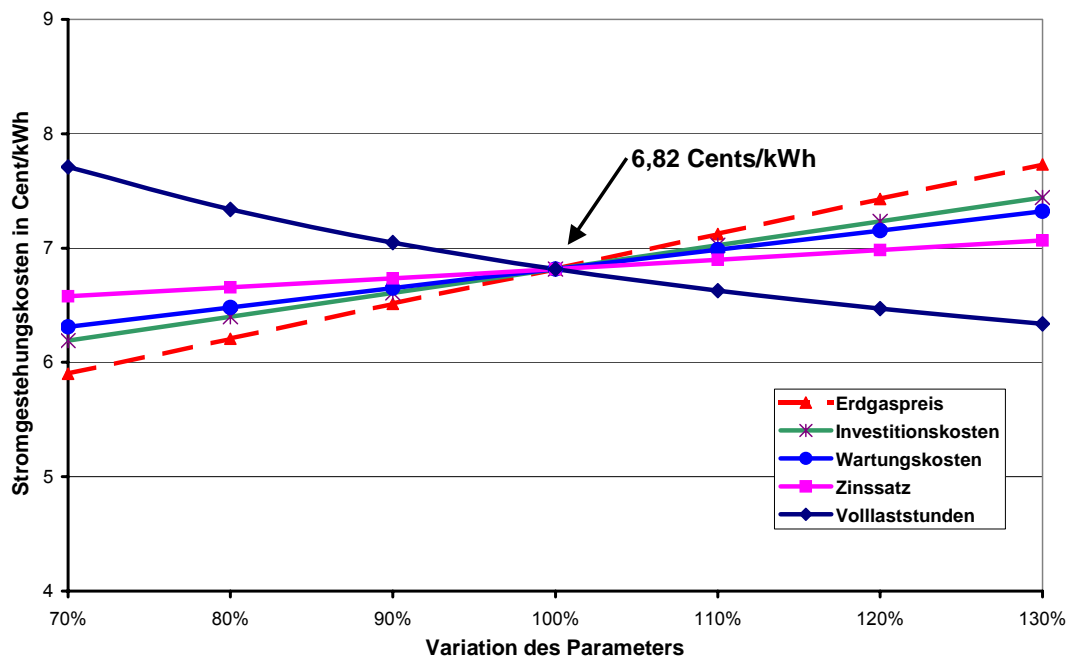


**Abbildung 38** Auswirkung der Berücksichtigung der Einbindungskosten und der Förderung auf die Amortisationszeit (Quelle: E.V.A.)

## 5.5 Sensitivitätsanalysen

Bei einer konkreten Umsetzung müssen die hier verwendeten Parameter noch der tatsächlichen Situation angepasst werden. Variationsrechnungen oder Sensitivitätsanalysen können die Auswirkung möglicher Parameteränderungen (z.B. Preissteigerungen, Änderungen von Energiemengen bzw. Volllaststunden) untersuchen und beispielsweise Grenzen für den wirtschaftlichen Einsatz herausfinden.

Um den Einfluss der einzelnen Parameter auf die Stromgestehungskosten aufzuzeigen, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Diese ist in Abbildung 37 dargestellt. Als Basisfall wurde die 90 kW Anlage mit 5000 Volllaststunden pro Jahr herangezogen. Der Basisfall wurde mit einem Erdgaspreis von 3,1 Cent/kWh, einem Fremdkapitalzins von 6%, Investitionskosten von 91.000 € und Wartungskosten von 1,68 Cent/kWh berechnet (siehe Tabelle 15). Mit diesen Werten ergeben sich Stromgestehungskosten von 6,82 Cent/kWh<sub>el</sub>.

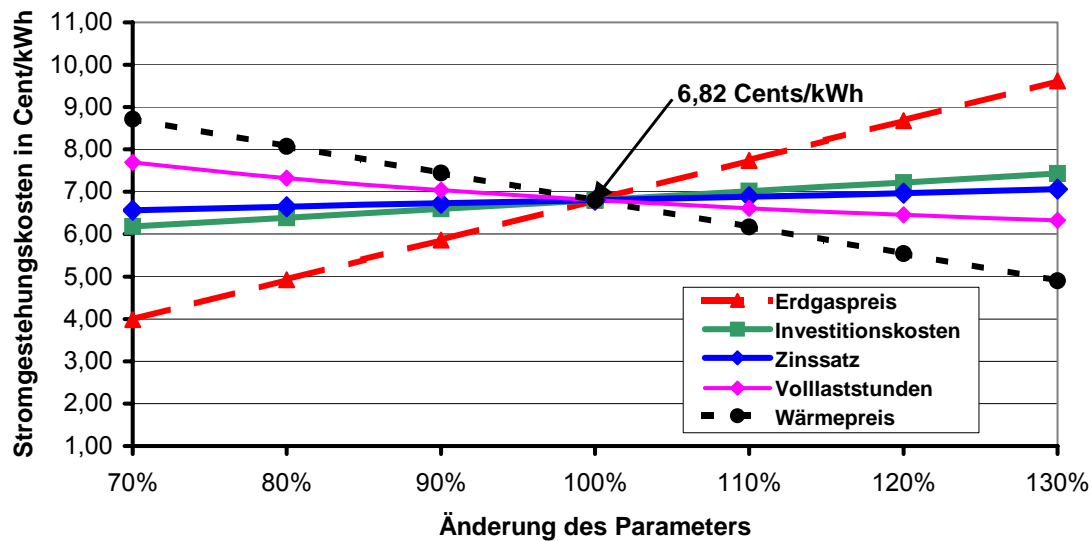


**Abbildung 39** Veränderung der Stromgestehungskosten in Abhängigkeit einer Änderung der angenommenen Werte (Quelle: E.V.A.)

Die erreichten Volllaststunden pro Jahr und der Erdgaspreis haben den stärksten Einfluss auf die Stromgestehungskosten. Können anstatt der angenommenen 5.000 Volllaststunden pro Jahr nur 4.000 Stunden erreicht werden (um 20 % weniger), dann steigen die Stromgestehungskosten auf 7,34 Cent/kWh (um ca. 7 %). Können aber 5500 Volllaststunden erreicht werden (10% mehr als geplant) dann sinken die Stromgestehungskosten auf 6,63 Cent/kWh.

Steigt oder sinkt der Erdgaspreis um 10% so steigen oder sinken die Stromgestehungskosten auch um ca. 4,5% (sie sinken auf 6,51 bzw. steigen auf 7,12 Cent/kWh). Der Wärmepreis ist in dieser Berechnung vom Erdgaspreis abhängig. Die anderen Parameter wirken sich nicht so stark auf die Stromgestehungskosten aus. Eine Veränderung der Investitionskosten um 10 % verändert die Stromgestehungskosten um 3%. Sinken oder steigen die Wartungskosten um 10%, sinken oder steigen die Stromgestehungskosten um ca. 2,5%. Ändert sich der Zinssatz um 10%, steigen oder sinken die Stromgestehungskosten um 2%.

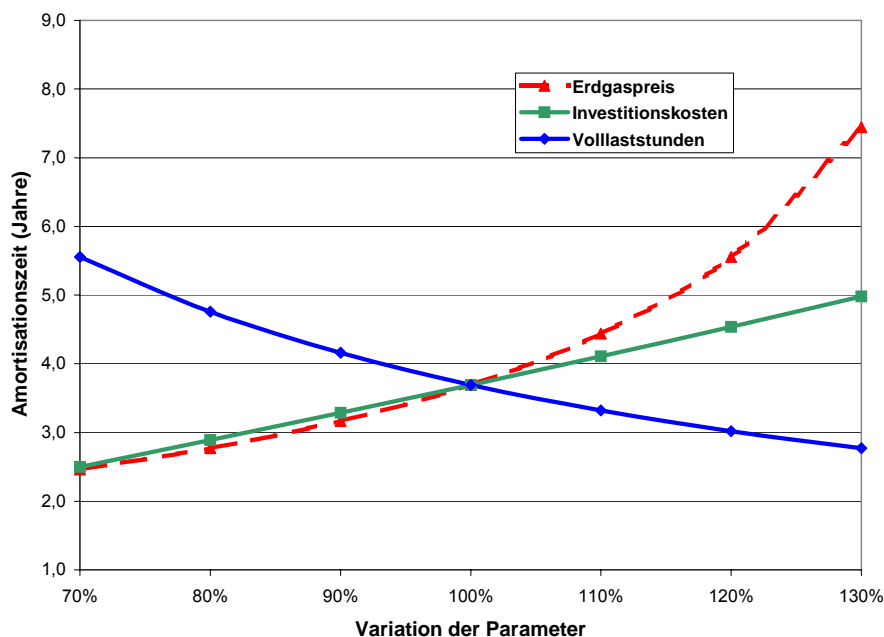
Wird der Wärmepreis als unabhängig von den Brennstoffkosten betrachtet – beispielsweise bei einer Fernwärmeversorgung – ergibt sich die in Abbildung 40 dargestellte Abhängigkeit der Stromgestehungskosten. Wichtig ist aber, dass diese Darstellung nur für vollständige Unabhängigkeit der Parameter Erdgaspreis und Wärmepreis gültig ist.



**Abbildung 40** Variation der Stromgestehungskosten in Abhängigkeit verschiedener Parameter mit von den Brennstoffkosten unabhängigen Wärmepreisen (Quelle: E.V.A.)

Ist der Wärmepreis vom Erdgaspreis unabhängig, dann haben diese beiden Parameter den größten Einfluss auf die Stromgestehungskosten. Fallen oder steigen die Erdgaspreise um 10%, dann fallen oder steigen die Stromgestehungskosten um 14%. Sinkt der Wärmepreis um 10%, dann steigen die Stromgestehungskosten um 9% und steigt der Wärmepreis um 10 %, dann sinken die Stromgestehungskosten um 9%.

Betrachtet man die Veränderung der Amortisationszeit so haben auch hier der Erdgaspreis und die Volllaststunden den größten Einfluss (siehe Abbildung 41). Steigen die Volllaststunden um 10%, dann sinkt die Amortisationszeit von 3,7 auf ca. 3,3 Jahre. Sinken die erreichten Volllaststunden im Jahr um 10 %, dann steigt die Amortisationszeit auf 4,2 Jahre. Steigt jedoch der Erdgaspreis um 10%, dann steigt die Amortisationszeit um ca. 20% (von 3,7 auf 4,4 Jahre). Eine Senkung der Erdgaspreise um 10% senkt die Amortisationszeit um 14% (auf 3,2 Jahre).



**Abbildung 41** Abhängigkeit der Amortisationszeit mit vom Erdgaspreis abhängigen Wärmepreis (Quelle: E.V.A.)



## 5.6 Contracting<sup>39</sup>

Die Realisierung einer BHKW-Anlage scheitert meist nicht an der fehlenden Wirtschaftlichkeit, sondern an einer Reihe informatorischer, organisatorischer und institutioneller Hemmnisse. Höhere Investitionskosten, eine komplexe Betriebsweise und diverse Genehmigungsverfahren schrecken den Nutzer oft ab. Diese Hemmnisse können durch Contractingunternehmen überwunden werden. Beim Contracting übernimmt ein Unternehmen – eben der Contractor – sowohl die Realisierung als auch die Betriebsführung der geplanten Anlage.

Das Unternehmen garantiert dabei bei Vertragsabschluss dem Auftraggeber den Erfolg seiner Maßnahme. Zeitgleich wird vereinbart, welche Konsequenzen die Nicht-Einhaltung der garantierten Vertragsvereinbarungen beinhaltet. Die Investition wird durch den Contractor vorfinanziert. Die Bezahlung erfolgt dann über den Vertragszeitraum in Form von vereinbarten Contractingraten.

Die Contractingrate wird auf Auftraggeberseite zumeist über die eingesparten Kosten (z.B.: Energie, Wartung, Betriebsführung, ...) finanziert, wodurch dem Auftraggeber keine zusätzlichen Kostenbelastungen entstehen. Dem Auftraggeber verbleiben dadurch finanzielle Mittel für die Durchführung des Kerngeschäftes.

Contracting stellt ein Komplettangebot dar (Generalunternehmer) und umfasst in der Regel Finanzierung, Planung, Bau, Inbetriebnahme, Betrieb und Serviceleistungen. Dadurch unterscheidet es sich von der Leasing- oder Drittmittelfinanzierung.

Je nach Inhalt des Vertrages wird zwischen verschiedenen Contractingarten differenziert (siehe Tabelle 17), wobei auch Mischformen üblich sind. Die übliche Form für den Einsatz von BHKWs ist das Anlagen-Contracting. Dabei errichtet der Contractor das BHKW und liefert Strom und Wärme zu günstigeren Konditionen als bisher an den Auftraggeber.

**Tabelle 17** Übersicht über die verschiedenen Contracting-Formen (Quelle: E.V.A.)

Bezeichnung	Auch verwendete Begriffe
Energieliefer-Contracting	Anlagen-Contracting, Nutzenergie-Lieferung
Einspar-Contracting	Performance-Contracting, Energie-Einspar-Contracting
Finanzierungs-Contracting	Third-Party-Financing (TPF)
Technisches Anlagenmanagement	Betriebsführungs-Contracting

Nachfolgend wird auf die verschiedenen Formen des Contracting eingegangen.

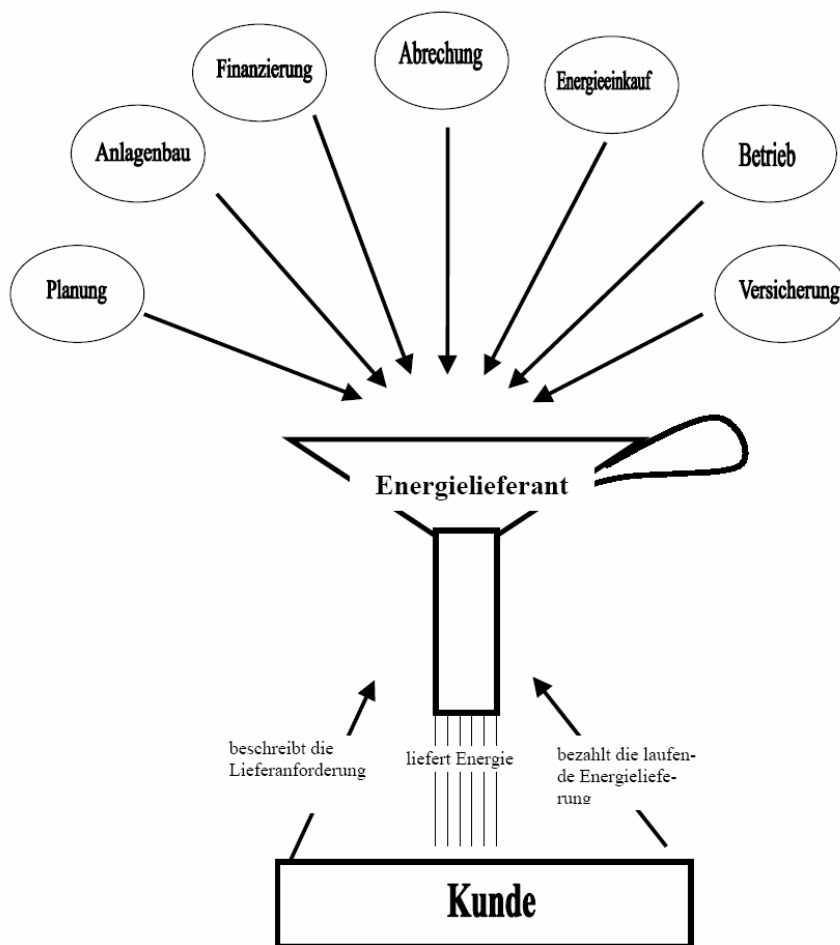
### 5.6.1 Energieliefer-Contracting (Anlagen-Contracting)

Statt der Beschaffung von Brennstoff und Strom wird vom Nutzer ein Generalunternehmer (Contractor) beauftragt, die benötigte Nutzenergie (Wärme, Kälte, Dampf, Strom) zu liefern. Das Energiedienstleistungsunternehmen plant, baut, finanziert, betreibt und wartet eine neu zu errichtende Energieerzeugungsanlage weitgehend auf sein Risiko. Es ist sein wirtschaftliches Ziel, dass die Umwandlung der Primärenergie (z.B.: Gas) in Wärme und Strom sehr effizient erfolgt, weil davon sein Profit abhängig ist (siehe Abbildung 42).

<sup>39</sup> Umfangreiche Literatur zum Thema Contracting finden sie auf der Webseite der E.V.A. ([www.eva.ac.at](http://www.eva.ac.at)). Der Schwerpunkt der dortigen Darstellung liegt jedoch im Bereich des Einspar-Contractings.

Anlagen-Contracting ist die häufigste Form der Contractingverträge, da diese sehr transparent sind und während der Vertragsdauer wenig Interpretations- und Rechtfertigungsbedarf bedürfen. Zum Teil ist sie vergleichbar mit dem Bezug von Fernwärme und Strom von einem EVU, wobei die Bereitstellung der Energie zu günstigeren Konditionen erfolgt. Im Anhang 10.5 finden sich zwei Energielieferverträge:

- (i) Energieliefervertrag der Firma Oberdorfer Contracting GmbH (siehe Anhang 10.5.2 auf Seite 121) und
  - (ii) Strom- und Wärmeliefervertrag der Firma Primagaz (siehe Anhang 10.5.1 auf Seite 118),
- Beide Firmen können auf eine Reihe von erfolgreichen Contract-Abwicklungen hinsichtlich Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen und Flüssiggas befeuerten Anlagen verweisen.



**Abbildung 42** Informations-, Energie- und Geldflüsse zwischen Kunde und Energielieferant (= Contractor) und dessen Leistungsumfang (Quelle: Verband für Wärmelieferung /L 51/)

Die Finanzierung der durch den Contractor getätigten Investition erfolgt über die Bezahlung der gelieferten Energie, wobei die Tarife (Grund- und Arbeitspreis) im Voraus vereinbart werden (Preisanpassung). Das unternehmerische Risiko für die Betriebssicherheit des BHKWs liegt zumeist ausschließlich beim Contractor.

An der Lieferung von Nutzwärme haben vor allem die Gas-Versorgungsunternehmen ein starkes Interesse. Dadurch wird nicht mehr nur Gas für die firmeninterne Wärmeerzeugung an den Kunden verkauft, sondern zusätzlich noch Gas für die Stromerzeugung.

Nach Ende der Vertragszeit kann das BHKW vollständig in das Eigentum des Auftraggebers übergehen, bzw. kann ein Nachfolgevertrag beschlossen werden.

### **5.6.2 Einspar-Contracting**

Während beim Anlagen Contracting die günstige Bereitstellung der Energie im Zentrum steht, liegt der Focus beim Einspar-Contracting – oder „Performance Contracting“ – in der rationellen Energienutzung beim Nutzer. Der Contractor ist dafür zuständig, die Energiekosten durch die Reduktion der Nachfrage zu senken. Um dieses Ziel zu erreichen, führt der Contractor Energiesparinvestitionen primär im Bereich der Haustechnik durch, bzw. gibt unter anderem Vorschläge im organisatorischen Bereich, um so die Nachfragestruktur zu beeinflussen. Fallweise werden auch Dämmmaßnahmen durchgeführt.

Die Finanzierung der Contractingrate erfolgt durch die eingesparten Energiekosten über die vereinbarte Vertragslaufzeit. Sind die Energiekosteneinsparungen höher als die Contracting-Raten, kommt dieser Teil von Anfang an dem Contracting-Nehmer zugute. Für den Fall, dass das garantierte Einsparziel nicht erreicht wird, kann ein Pönale vereinbart werden.

Die Wartung und Instandhaltung der Anlage während der Vertragszeit ist meist Aufgabe des Contractors, kann aber auch anders geregelt werden.

Einspar-Contracting spielt vor allem im Bereich der umfassenden energietechnischen Modernisierung großer Gebäude (mit Energiebezugskosten von mehr als 70.000 € jährlich) oder für Gebäudepools eine Rolle. Aber auch für Einzeltechnologien (z.B. Spannungsregulierung bei Beleuchtung) kann sich durch standardisierte Anwendung und oftmalige Wiederholung ein attraktives Contracting-Angebot ergeben.

Einspar-Contracting kann von der Struktur her im Konflikt mit Anlagen-Contracting stehen. Anlagen-Contracting ist dann erfolgreich, wenn möglichst viel Energie in den verschiedensten Formen vom Auftraggeber übernommen wird. Beim Einspar-Contracting ist es hingegen das Ziel, die Nachfrage nach Energie generell zu reduzieren.

Die Praxis zeigt auch, dass Kombinationen beider Formen durchaus möglich und erfolgreich sein können.

### **5.6.3 Finanzierungscontracting**

Eine Form des Anlagen-Contractings stellt das Finanzierungs-Contracting dar. Bei dieser Form wird vom Contractor die vom Nutzer ausgewählte Anlage zur Verfügung gestellt. Vom Contractor werden neben der Finanzierung auch Planung und Errichtung sowie eventuell auch die Optimierung und verschiedene Servicefunktionen übernommen. Das Risiko für den Betrieb der Anlage liegt aber beim Nutzer. Solche Konzepte kommen vor allem bei größeren Industrie- und Gewerbebetrieben zur Anwendung.

### **5.6.4 Betriebsführungscontracting**

Im Gegensatz zu den anderen Varianten, bei denen die Finanzierung der Anlage im Vordergrund steht, umfasst das Betriebsführungscontracting Dienstleistungen aus der Überwachung, Nutzerschulung, Betriebsführung, Wartung und Instandhaltung der Anlagen. Das Entgelt für

solche Dienstleistungen kann grundsätzlich nach Aufwand oder Zeit bemessen sein. Es werden Modelle mit einer Kombination aus einer fixen Grundvergütung und einer Beteiligung an den erzielten Einsparungen angeboten.

In der Praxis erfolgt dabei zumeist eine detaillierte Fernüberwachung der Verbrauchsdaten, wodurch rascher auf Störungen reagiert werden kann.

## 6 Emissionen von Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen im Vergleich zu ungekoppelten Systemen

In diesem Kapitel werden die ökologischen Effekte des Einsatzes von KWK-Anlagen betrachtet. Es werden die Emissionen und der Energieaufwand einer dezentralen Strom- und Wärmeerzeugung in BHKW-Anlagen einer Wärmeerzeugung mittels Heizkessel und einer Stromproduktion in einem Referenzkraftwerkspark (oder Referenzkraftwerk) gegenübergestellt. Die unterschiedlichen Systeme wurden im GEMIS<sup>40</sup> modelliert und hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Äquivalente<sup>41</sup>, der CO-, und NO<sub>x</sub>-Emissionen und ihres kumulierten Energieaufwands verglichen.

### 6.1 Was ist GEMIS?

GEMIS, vom deutschen Öko-Institut und der Gesamthochschule Kassel Ende der 80-iger Jahre entwickelt, ist ein computergestütztes Instrument, mit dem die Umweltauswirkungen von unterschiedlichen Energiesystemen einfach, präzise und vor allem umfassend berechnet und miteinander verglichen werden können. Das Modell wurde vom Umweltbundesamt in Österreich eingeführt und für die Situation hierorts adaptiert. Es finden sich in GEMIS-Österreich daher auch für Österreich spezifische Datensätze (z.B. zur Strom- und Fernwärmeversorgung, zu Heizsystemen, Energieträgern, Kosten, ...), die die österreichischen Verhältnisse widerspiegeln und daher eine Anwendung des Computermodells für Fragestellungen in Österreich ermöglichen.

#### 6.1.1 Modellumfang

GEMIS berücksichtigt von der Primärenergie- bzw. Rohstoffgewinnung bis zur Nutzenergie bzw. Stoffbereitstellung alle wesentlichen Schritte – also die gesamte „Energiekette“ – und bezieht auch den Hilfsenergie- und Materialaufwand zur Herstellung von Energieanlagen und Transportsystemen mit ein (sogenannte „graue“ Energie). Die Datenbasis enthält für alle diese Prozesse Kenndaten zu Nutzungsgrad, Leistung, Auslastung, Lebensdauer, direkten Luftschadstoffemissionen, Treibhausgasemissionen, festen Reststoffen, etc.

Mit GEMIS ist es daher möglich, die Auswirkungen von alternativen Energiebereitstellungssystemen auf die Gesamtemissionssituation sowohl für die Emissionssituation auf nationaler/regionaler als auch auf globaler Ebene hin zu analysieren und somit fundierte Aussagen über die Umweltauswirkungen spezifischer Investitionsentscheidungen zu treffen.

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Modellstruktur von GEMIS.

---

<sup>40</sup> Weitere Angaben zum **Gesamt-Emissions-Modell-Integrierter Systeme (GEMIS)** unter [www.gemis.de](http://www.gemis.de)

<sup>41</sup> CO<sub>2</sub>-Äquivalente ist die Summe von verschiedenen Treibhausgasen gewichtet nach deren Treibhauspotenzial. Die wichtigsten Treibhausgase sind CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O sowie SF<sub>6</sub>, PFC und HFC.

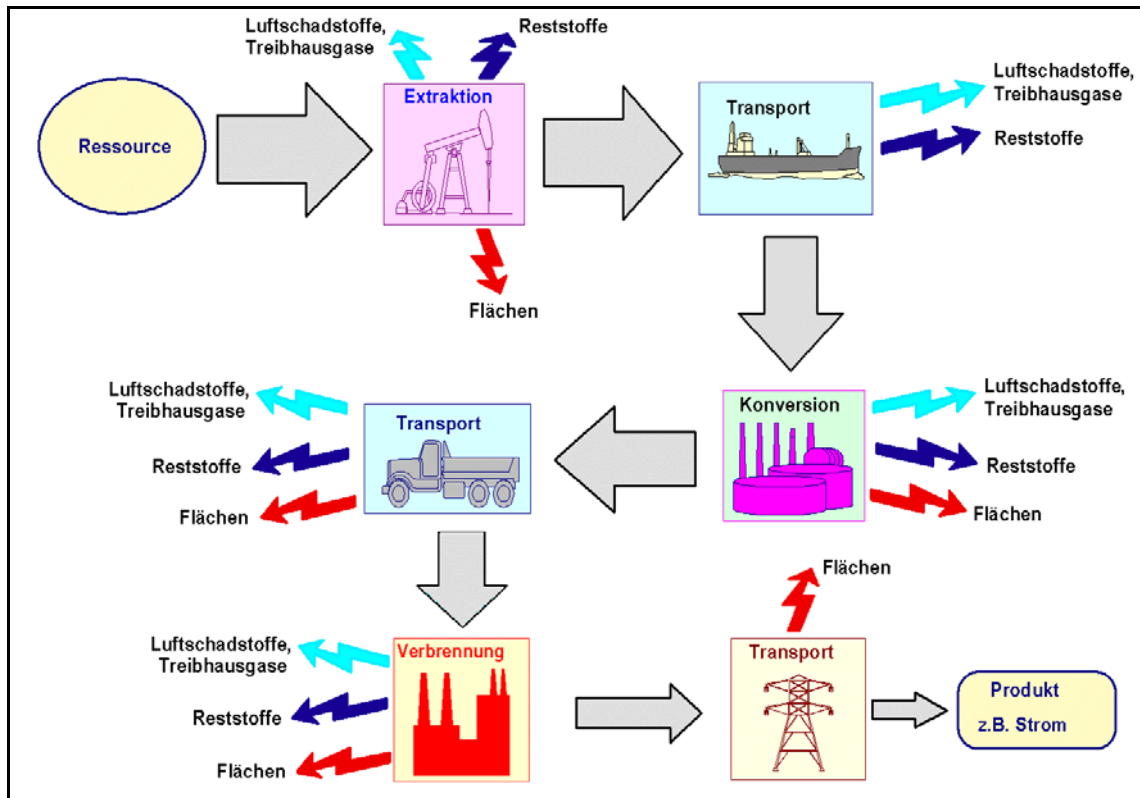


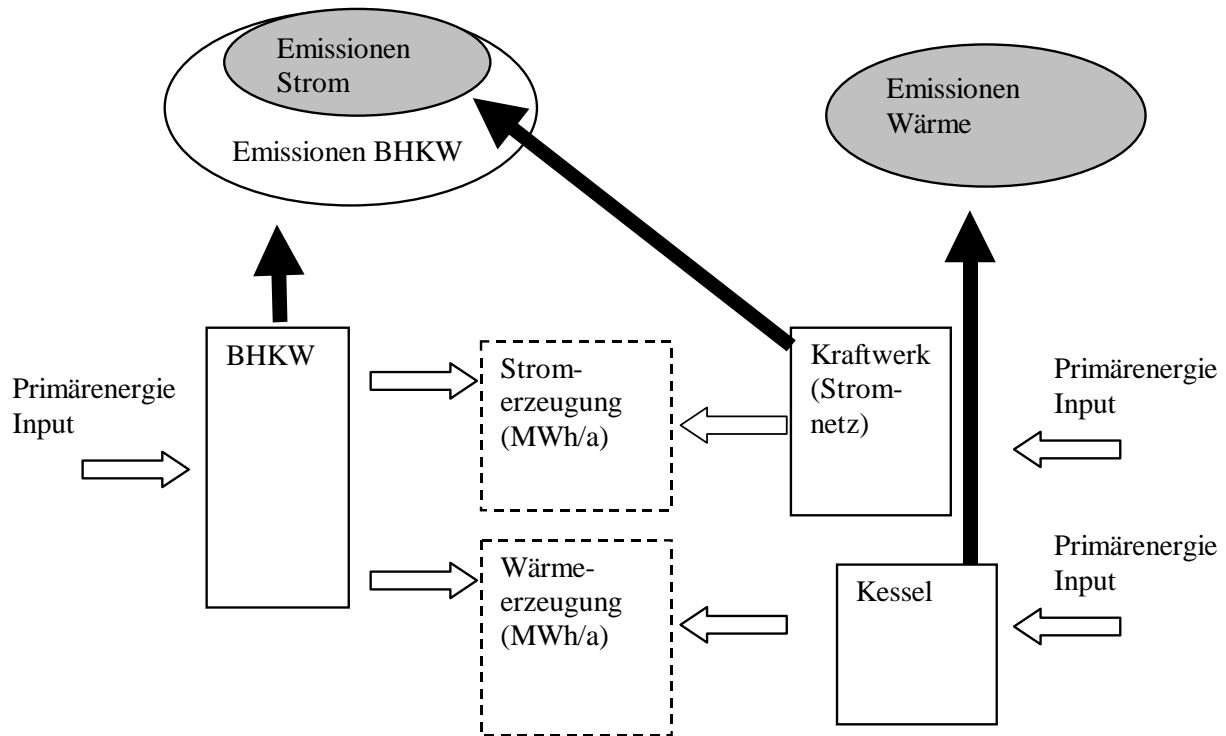
Abbildung 43 Modellstruktur bzw. Funktionsübersicht des Computerprogramms GEMIS 4.13

### 6.1.2 Modellierung von KWK-Prozessen

In GEMIS können auch Kraft-Wärme-Kopplungsprozesse modelliert werden. Da KWK-Prozesse mehr als ein Hauptprodukt (Strom(!) und Wärme) bereitstellen, ist eine Allokation erforderlich, um die Umwelt- und Kosteneffekte auf ein Hauptprodukt zu beziehen und den „Nebennutzen“ des anderen Produkts durch eine Zuordnungsregel anzurechnen. In GEMIS wird in der Regel das Gutschriften-Verfahren für Nebenprodukte verwendet, womit ein KWK-Prozess nur noch bezogen auf das Hauptprodukt betrachtet wird.

In Abbildung 44 ist die grundsätzliche Vorgangsweise des GEMIS-Modells für die Modellierung von KWK Prozessen dargestellt. Es wird die gekoppelte Erzeugung von Wärme und Strom in einer BHKW-Anlage einer getrennten Erzeugung gegenübergestellt. Der Primärenergieinput wird in der BHKW-Anlage entsprechend dem vorliegenden Wirkungsgrad in Wärme und Strom umgewandelt. Durch den Verbrennungsprozess ergeben sich Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen.

Das Hauptprodukt in einem BHKW ist die erzeugte Wärme. Diesem werden auch die Emissionen zugeordnet. Für die erzeugte Strommenge (= Nebenprodukt) erhält das BHKW Gutschriften. Die Bewertung dieser Gutschrift richtet sich nach dem im Modell zugrunde liegenden Referenzkraftwerk bzw. Kraftwerkspark. Die daraus resultierenden Emissionen der BHKW-Anlage werden in weiterer Folge mit den Emissionen von verschiedenen Heizkesseln verglichen (auf Basis der selben produzierten Wärmemengen).



**Abbildung 44** Darstellung der verglichenen Systeme (Quelle: E.V.A.)

## 6.2 Beschreibung der verglichenen Systeme

Für den Systemvergleich wurden fünf BHKW-Anlagen mit verschiedenen Leistungsgrößen herangezogen:

- (i) eine low-NO<sub>x</sub> 5,0 kW<sub>el</sub> Anlage der Firma Senertec
- (ii) eine flüssiggasbetriebene 5,5 kW<sub>el</sub> Anlage der Firma Senertec
- (iii) eine modulierende 2 bis 4,7 kW<sub>el</sub> Anlage der Firma Ecopower
- (iv) eine 70 kW<sub>el</sub> Anlage der Firma IET – Intelligente Energietechnik GmbH
- (v) eine 90 kW<sub>el</sub> Anlage der Firma Oberdorfer Kraft-Wärme-Kopplung GmbH.

In Tabelle 18 sind die Daten der untersuchten Module angeführt. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die dem Flüssiggas zugeordnet werden, sind höher als die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Erdgases.

Tabelle 18 Spezifikationen der beim Systemvergleich verwendeten BHKW-Anlagen (Quelle: E.V.A. basierend auf Spezifikationsblätter und Angaben der Lieferfirmen)

		<b>Senertec 01</b>	<b>Senertec 02</b>	<b>Ecopower</b>	<b>IET</b>	<b>Oberdorfer</b>
		HKA G 5.0 Low NO <sub>x</sub>	HKA F 5.5		IET-60 V02	OD 90 NG V02
Brennstoff		Erdgas	Flüssiggas	Erdgas	Erdgas	Erdgas
Leistungsaufnahme	kW	19,6	20,5	8,8 - 19	220	270
Therm. Leistung	KW <sub>th</sub>	12,3	12,5	6 - 12	119	136
Elektr. Leitung	KW <sub>el</sub>	5	5,5	2 - 4,7	70	90
Therm. Wirkungsgrad	%	63	61	63 <sup>*)</sup>	54,1	50,4
Elektr. Wirkungsgrad	%	26	27	24,7 <sup>*)</sup>	31,8	33,2
Gesamtwirkungsgrad	%	89	88	87,7 <sup>*)</sup>	85,9	83,6
Stromkennzahl		0,41	0,44	0,39 <sup>*)</sup>	0,59	0,66
Abgasminderung		Magermotor	Magermotor	3 Wege Kat	3-Wege-Kat	Magermotor
CO-Emissionen	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>24</b> <sup>1)</sup>	<b>22</b> <sup>2)</sup>	<b>170</b> <sup>3)*)</sup>	<b>100</b> <sup>4)</sup>	<b>200</b> <sup>5)</sup>
NO <sub>x</sub> -Emissionen	mg/Nm <sup>3</sup>	<b>135</b> <sup>1)</sup>	<b>224</b> <sup>2)</sup>	<b>30</b> <sup>3)*)</sup>	<b>100</b>	<b>250</b> <sup>5)</sup>
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>6)</sup>	kg/MWh	199	229	199	199	199
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>7)</sup>	kg/MWh	316,4	375,8	315,4	368,5	395

<sup>\*)</sup> Bezogen auf Volllast

- 1) Quelle: TÜV Bericht von der Firma Lackner zur Verfügung gestellt. Bezogen auf 5 % O<sub>2</sub>
- 2) Quelle: Fa. Lackner Oktober 2003
- 3) Quelle: Technische Dokumentation 1999
- 4) Quelle: Fa. IET
- 5) Quelle: Technische Beschreibung Fa. Oberdorfer. Bezogen auf 5 % O<sub>2</sub>
- 6) Laut GEMIS bezogen auf den Wärmeinput
- 7) Laut GEMIS bezogen auf den Wärmeoutput

Bei der Analyse wurde – wie bereits oben ausgeführt – als Hauptprodukt Wärme angenommen. Für den Vergleich wurde die Wärmeerzeugung in Erdgas- und Ölkesseln herangezogen. Es wurde jeweils ein alter und ein neuer Ölkessel, ein alter und ein neuer Gaskessel sowie ein Gasbrennwert-Kessel betrachtet. Als Spezifikationen der Kessel wurden die Standardwerte aus dem GEMIS-Österreich verwendet. Die Jahresnutzungsgrade der Kessel liegen zwischen 63 und 87 % (siehe Tabelle 19).<sup>42</sup>

<sup>42</sup> Es ist den Autoren bekannt, dass insbesondere von Seiten der Hersteller- und Vertriebsfirmen von Gas- und Ölkesseln von höheren Jahresnutzungsgraden ausgegangen wird. Detailanalysen, die diese Wirkungsgrade in österreichischen Feldtests belegen, standen den Autoren für die Erstellung dieses Berichts nicht zur Verfügung. Aus diesem Grund wurde auf akkordierte GEMIS Datensätze zurückgegriffen.



**Tabelle 19** Daten der Referenzkessel laut GEMIS

		Gaskessel			Ölkessel	
		Brennwert	neu	alt	neu	alt
GEMIS-Bezeichnung		Gas-Hzg-Brennwert 100-A	Gas-Hzg-Gebläse-neu-A	Gas-Hzg-Gebläse-alt-A	Öl-leicht-Hzg-groß-neu-A	Öl-leicht-Hzg-groß-alt-A
Leistung	kW	100	100	100	100	100
Auslastung	h/a	1600	1600	1600	1600	1600
Nutzungsgrad	%	87	77	65	75	63
Bezugsbasis der Emissionswerte	% O <sub>2</sub>	3	3	3	3	3
Reingas CO <sub>2</sub>	g/Nm <sup>3</sup>	198,87	198,87	198,87	257,57	257,57
Reingas NO <sub>x</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	108	108	190,5	122,16	153,7
Reingas CO	mg/Nm <sup>3</sup>	72	72	255	70	420
CO <sub>2</sub>	kg/MWh <sup>*)</sup>	229,1	258,9	306,7	354,2	421,7
CO <sub>2</sub> -Äquivalent	kg/MWh <sup>*)</sup>	230,5	260,4	308,5	355,8	423,5

\* Bezogen auf den Wärmeoutput

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen bezogen auf den Wärmeoutput (MWh) der Ölkessel sind um ca. 35% höher als die Emissionen der Gaskessel. Die CO<sub>2</sub>-(Reingas-)Emissionen bezogen auf einen Nm<sup>3</sup> sind im Wesentlichen vom Kohlenstoffgehalt des Brennstoffs abhängig und daher für alle Gaskessel bzw. Ölkessel gleich.

Die NO<sub>x</sub>-Emissionen eines neuen Gaskessels sind niedriger als die NO<sub>x</sub>-Emissionen eines neuen Ölkessels. Die alten Ölkessel haben jedoch geringere NO<sub>x</sub>-Emissionen im Vergleich zu einem alten Gaskessel. Die CO-Emissionen des neuen Ölkessels sind geringfügig niedriger als die Emissionen des neuen Gaskessels. Bei den CO-Emissionen der alten Kessel weisen die Gaskessel bessere Werte auf.

Für den im BHKW erzeugten Strom wurden, entsprechend unterschiedlicher Referenzsysteme für die Stromerzeugung, entsprechende Gutschriften berücksichtigt. Für die Stromproduktion wurde drei Referenzsysteme berücksichtigt: (i) der österreichische Kraftwerkspark, (ii) der thermische Kraftwerkspark in Österreich und (iii) das Kohlekraftwerk Dürnrohr (EVN).

Der Vergleich mit dem thermischen Kraftwerkspark und einem Kohlekraftwerk wird als zulässig erachtet, da durch die Installation von BHKW-Anlagen Strom aus diesen Kraftwerken substituiert wird. Wärmegeführte BHKW-Anlagen laufen großteils in den Wintermonaten. Zu diesem Zeitpunkt kommen auch die kalorischen Kraftwerke vermehrt zum Einsatz.<sup>43</sup>

Nach dem GEMIS-Modell werden die Emissionen, die bei der Erzeugung von Strom in einem Referenzsystem entstehen, dem Nebenprodukt Strom (aus der BHKW Anlage) gutgeschrieben. Die Datensätze für die Referenzsysteme bzw. -anlagen wurden ebenfalls aus dem GEMIS-Österreich übernommen (siehe Tabelle 20).

<sup>43</sup> Im Kyoto Fortschrittsbericht des UBA wird u. A. berichtet, dass ab dem Jahr 1999 von einem verstärkten Trend wieder hin zur Verwendung von Kohle in kalorischen Kraftwerken zu verzeichnen ist! /L 58/

**Tabelle 20** Emissionen der Referenzkraftwerke für die Produktion von 1 MWh Strom, inklusive der Emissionen der zugeordneten Vorketten (laut GEMIS)

		KW-Park Österreich	Kalorischer KW-Park Österreich	Kohlekraftwerk Dürnrohr
GEMIS-Bezeichnung		EI-KW-Park-A-2001	EI-KW-Park-A-kalor-detail	Ko-KW-DT-DürnrohrEVN 2002
CO <sub>2</sub>	kg/MWh <sub>el</sub>	229,16	744,31	793,89
CO <sub>2</sub> -Äquivalent	kg/MWh <sub>el</sub>	246,36	801,77	878,77
NO <sub>x</sub>	kg/MWh <sub>el</sub>	0,354	0,831	0,668
CO	kg/MWh <sub>el</sub>	0,270	0,314	0,124
SO <sub>2</sub> -Äquivalent	kg/MWh <sub>el</sub>	0,359	0,921	1,353

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des österreichischen Kraftwerksparks sind mit Abstand die geringsten. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Kraftwerks Dürnrohr sind um ca. 6% höher als die Emissionen des kalorischen Kraftwerksparks. Die NO<sub>x</sub>- und die CO-Emissionen des Kohlekraftwerks sind niedriger als die Emissionen des kalorischen Kraftwerksparks. Bei den CO-Emissionen hat das Kohlekraftwerk sogar niedrigere Emissionen als der gesamte österreichische Kraftwerkspark.

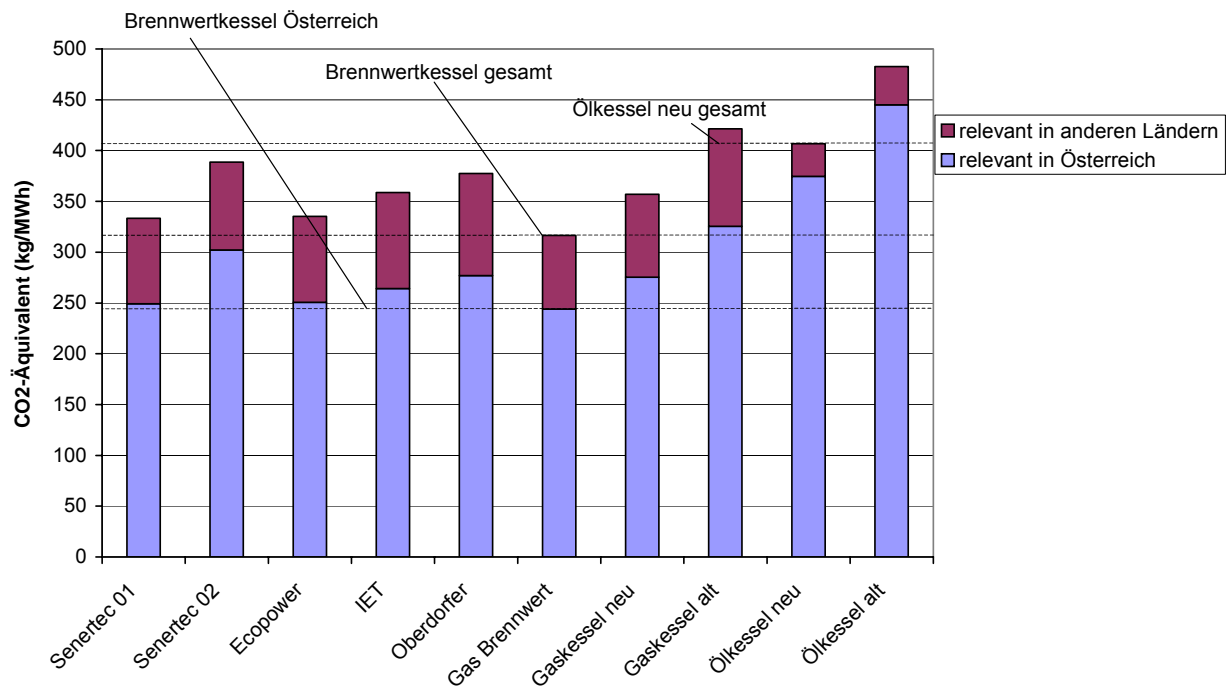
### 6.3 Vergleich der Emissionen und des kumulierten Energieaufwandes

Im Folgenden finden sich die durchgeführten Emissionsanalysen sowohl für die Treibhausgas-Emissionen als auch für die Luftschadstoffe sowie für den kumulierten Energieaufwand.

#### 6.3.1 Treibhausgasemissionen

##### 6.3.1.1 Treibhausgasemissionen mit einer Stromgutschrift auf Basis des österreichischen Kraftwerksparks

In Abbildung 45 sind die CO<sub>2</sub>-Äquivalente der verschiedenen Systeme dargestellt. Die Emissionen des Flüssiggas-BHKW (Senertec 02) sind höher als die Emissionen des vergleichbaren Erdgas-BHKW (Sentertec 01) und der modulierenden BHKW-Anlagen der Firma Ecopower. Das wird auf die höheren Emissionen des Flüssiggases (229 kg CO<sub>2</sub> pro MWh Input) gegenüber dem Erdgas (199 kg CO<sub>2</sub> pro MWh Input) zurückgeführt.

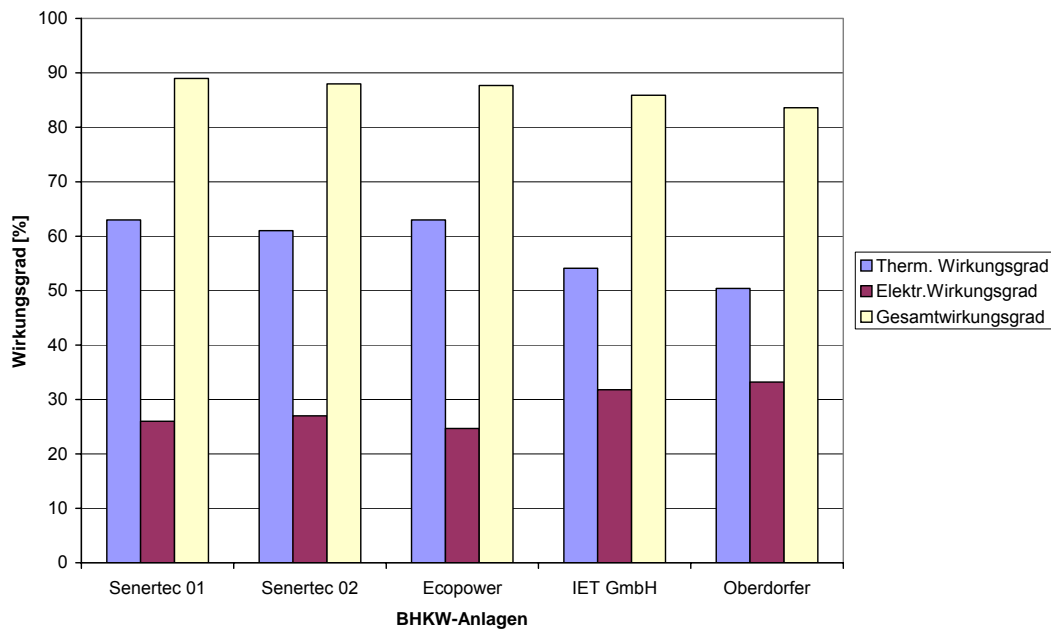


**Abbildung 45** CO<sub>2</sub>-Äquivalente der unterschiedlichen Vergleichssysteme mit dem österreichischen Kraftwerkspark als Referenzsystem (Berechnung mit GEMIS 4.1). Die Balken inkludieren sowohl die in Österreich relevanten Emissionen (blau) als auch die in der vorgelagerten Energiebereitstellungskette (violett).

Der Vergleich der CO<sub>2</sub>-Äquivalente der BHKW mit den Ölkessel fällt immer zugunsten der BHKW-Anlagen aus. Die Senertec 02-Anlage (Flüssiggas) hat um 5% niedrigere Emissionen als der neue Ölkessel. Oft werden Flüssiggas-BHKW in Regionen eingesetzt, in denen kein Erdgasanschluss zur Verfügung steht. Unter diesen Umständen ist ein Vergleich mit einem Gaskessel nicht sinnvoll. Es stellt sich die Frage, ob ein Ölkessel oder ein Flüssiggas-BHKW ökologische Vorteile bringt, das BHKW zeigt in diesem Zusammenhang eindeutige Vorteile.

In diesem Szenario (österreichischer Kraftwerkspark mit hohem Wasserkraftanteil) emittieren alle BHKW-Anlagen im Vergleich zu einem Gas-Brennwert Kessel mehr CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Bezogen auf die in Österreich auftretenden Emissionen haben die Senertec 01-Anlage und der Ecopower-Anlage allerdings nur geringfügig höhere Emissionen. Im Vergleich zu den Emissionen eines neuen Gaskessel liegen nur die CO<sub>2</sub>-Äquivalente der Senertec 02-Anlage und der Oberdorfer-Anlage höher.

Im Vergleich zu den anderen BHKW-Anlagen hat das Oberdorfer-BHKW einen (relativ) geringen thermischen Wirkungsgrad und Gesamtwirkungsgrad (siehe Abbildung 46 und Tabelle 18). Dadurch wird mehr Brennstoff für die Erzeugung der Wärme benötigt. Der hohe elektrische Wirkungsgrad der Oberdorfer-Anlage kann – zum Unterschied zu den folgenden Szenarien – mit den geringen Emissionsgutschriften, die in diesem Szenario Anwendung finden (hoher Wasserkraftanteil im österreichischen Kraftwerkspark) die höheren Emissionen der Wärmeerzeugung nicht kompensieren.

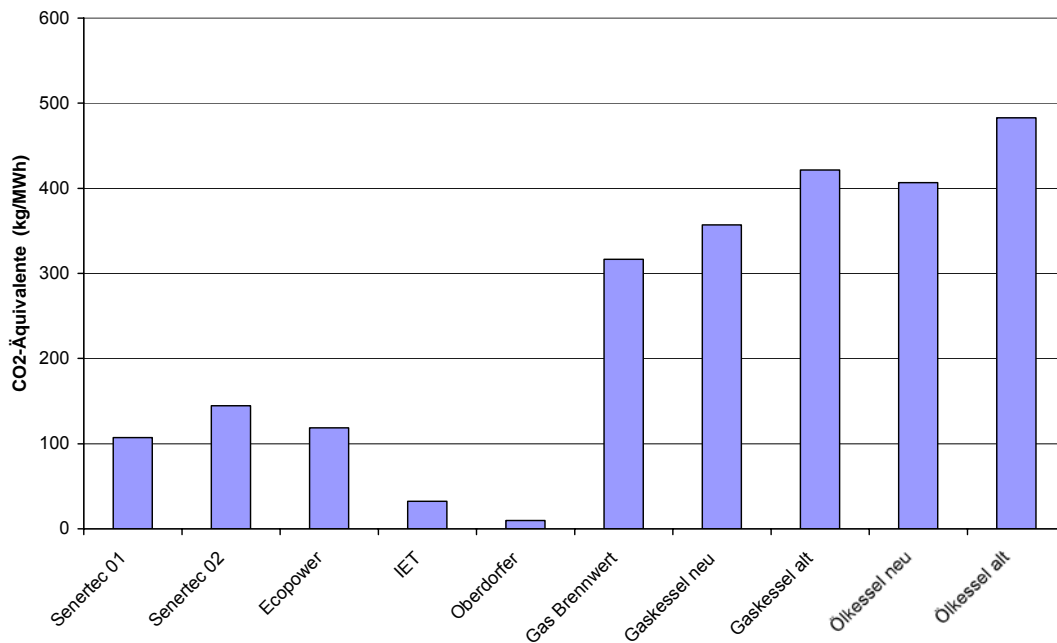


**Abbildung 46** Wirkungsgrade der betrachteten BHKW-Anlagen (Quelle: E.V.A. basierend auf Spezifikationen und Angaben der Vertriebsfirmen)

### 6.3.1.2 Treibhausgasemissionen mit einer Stromgutschrift auf Basis des kalorischen Kraftwerkspark in Österreich

In diesem Referenzszenario haben alle BHKW-Module, verglichen mit der getrennten Erzeugung, geringere Emissionen (siehe Abbildung 47). Bedingt durch die hohen Emissionen des kalorischen Kraftwerks, die der BHKW-Stromproduktion zugeordnet werden (damit höhere Gutschrift für die BHKW-Anlagen), verringern sich die Emissionen der Wärmeerzeugung im BHKW. Unterschiedlich(!) zum vorherigen Kapitel haben die Anlagen mit den hohen elektrischen Wirkungsgraden (IET und Oberdorfer) die niedrigsten Treibhausgasemissionen.

Unter diesen Rahmenbedingungen betragen die Emissionen der Flüssiggasanlage Senertec 02 (BHKW Anlage mit den höchsten CO<sub>2</sub>-Emissionen) nur(!) 45 % der Emissionen des Gas-Brennwert Kessels.



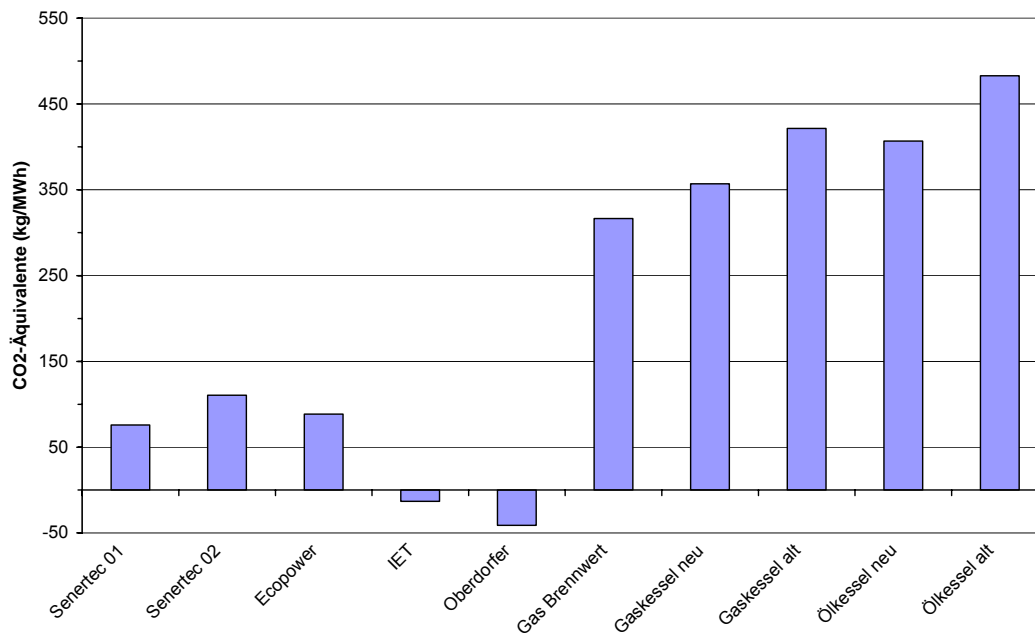
**Abbildung 47** CO<sub>2</sub>-Äquivalente der unterschiedlichen Vergleichssysteme mit dem kalorischen Kraftwerkspark in Österreich als Referenzsystem (Berechnung mit GEMIS 4.1)

### 6.3.1.3 Treibhausgasemissionen mit einer Stromgutschrift auf Basis eines Kohlekraftwerks

Bei diesem Szenario wurde als Stromgutschrift die Emissionen des Kraftwerks Dürnrohr herangezogen.<sup>44</sup> Im Vergleich zu den Emissionen des österreichischen Kraftwerksparks und dem thermischen Kraftwerkspark weist dieses Kohlekraftwerk die höchsten Emissionen auf. Aus diesem Grund erhalten die BHKW-Anlagen sehr hohe Gutschriften für den produzierten Strom. Die Emissionen für die Wärmeproduktion verringern sich daher im Vergleich zu den anderen Vergleichssystemen beträchtlich. Die CO<sub>2</sub>-Äquivalente des Brennvwertkessels betragen 316 kg pro MWh Wärmeoutput, im Vergleich dazu liegen die CO<sub>2</sub>-Äquivalente aller BHKW-Anlagen unter 111 kg pro MWh erzeugter Wärme.

Bei den Anlagen mit hohen elektrischen Wirkungsgraden (IET und Oberdorfer) überwiegen die Gutschriften und die Emissionen gehen in den negativen Zahlenbereich (siehe Abbildung 48). Daraus leiten sich eindeutige Vorteile für das BHKW ab.

<sup>44</sup> Datensatz wurde ebenfalls aus dem GEMIS Programm entnommen.



**Abbildung 48** CO<sub>2</sub>-Äquivalente der unterschiedlichen Vergleichssysteme mit einem Kohlekraftwerk in Österreich als Referenzsystem (Berechnung mit GEMIS 4.1) (Quelle: E.V.A.)

Anhand von diesem Szenario soll weiters der Fördereffekt hinsichtlich der eingesparten CO<sub>2</sub>-Äquivalente aufgezeigt werden. Wird eine Förderquote von 30 % der förderfähigen Projektkosten einer gut ausgelegten und geplanten Anlage berücksichtigt (siehe hierzu auch Kapitel 5.4), so können beim Vergleich der Oberdorfer-Anlage mit einem alten Ölkessel Förderkosten von € 70 pro eingesparter Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalent erreicht werden. Beim Vergleich der Senertec 01-Anlage mit einem Gas-Brennwertkessel steigen diese Kosten zwar auf € 250 pro eingesparter Tonne (CO<sub>2</sub> Äquivalent), allerdings im Vergleich zu anderen Einsparoptionen noch immer eine sehr attraktive Option.

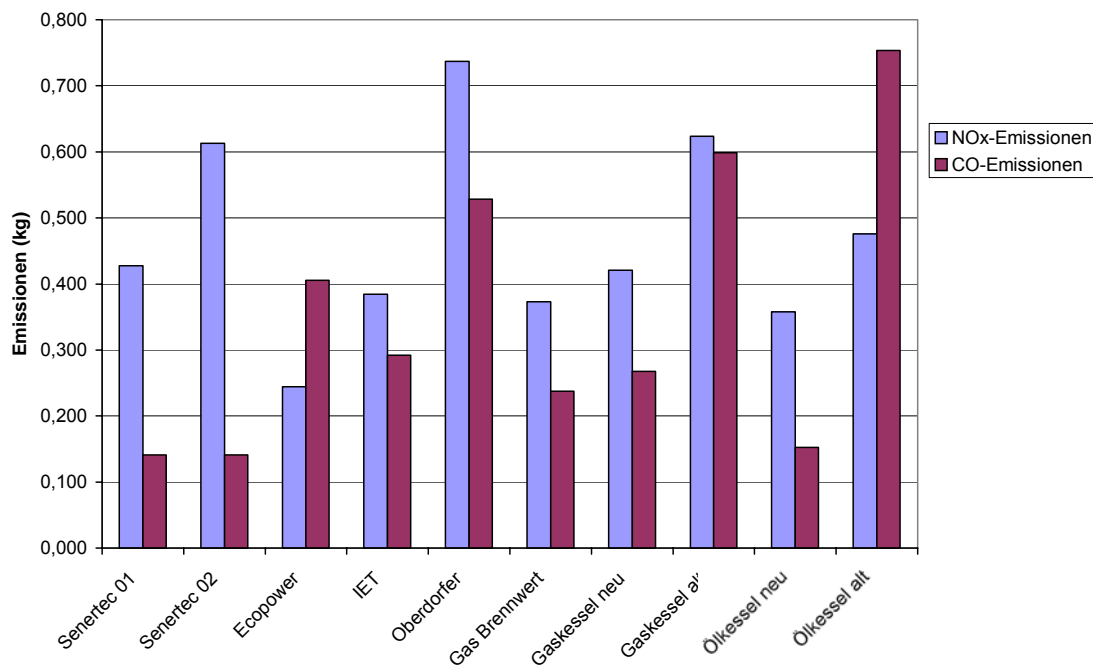
## 6.3.2 Luftschadstoffemissionen

### 6.3.2.1 Luftschadstoffemissionen mit einer Stromgutschrift auf Basis des österreichischen Kraftwerksparks

Im Folgenden werden die Luftschadstoffemissionen NO<sub>x</sub> und CO betrachtet. Die Ergebnisse aus der GEMIS-Berechnung sind in Abbildung 49 dargestellt.

Die Ecopower-Anlage 01 weist die geringsten NO<sub>x</sub>-Emissionen auf. Die IET-Anlage hat geringfügig höhere NO<sub>x</sub>-Emissionen als der Brennwertkessel. Die Senertec 01 und die Senertec 02 Anlagen sowie die Oberdorfer-Anlage haben höhere NO<sub>x</sub>-Emissionen als der neue Gas- bzw. Ölkessel.

Bei den CO-Emissionen haben die Senertec 01 und Senertec 02 die niedrigsten Emissionen. Die CO-Emissionen aller anderen Anlagen liegen über den Emissionen des Brennwertkessels, des neuen Gas- und insbesondere über den Ölkessel.

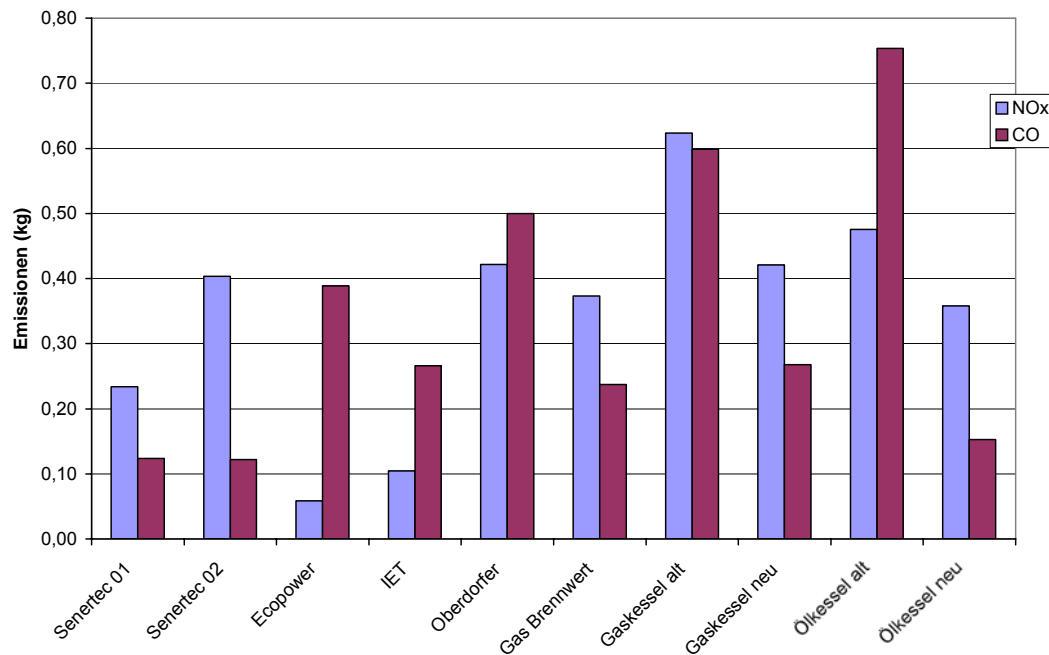


**Abbildung 49** NO<sub>x</sub>- und CO-Emissionen (in kg bezogen auf 1 MWh Wärmeoutput) der verschiedenen Systeme unter Berücksichtigung der Emissionen des österreichischen Kraftwerksparks (Quelle: E.V.A.)

### 6.3.2.2 Luftschadstoffemissionen mit einer Stromgutschrift auf Basis des kalorischen Kraftwerkspark

In diesem Szenario weisen – bis auf den Senertec 02- und der Oberdorfer-Anlage – alle BHKW-Anlagen geringere NO<sub>x</sub>-Emissionen auf.

Die CO-Emissionen der BHKW-Anlagen verringern sich bei diesem Referenzsystem gegenüber der Stromproduktion im gesamten österreichischen Kraftwerkspark. Bei den CO-Emissionen haben die Senertec 01 und Senertec 02 Anlagen die niedrigsten Emissionen (auch im Vergleich zu den CO-Emissionen des neuen Ölkessels). Die CO-Emissionen aller anderen Anlagen liegen unter den alten Gas- und Ölkesseln, allerdings über den Emissionen des Brennwertkessels.



**Abbildung 50** NO<sub>x</sub>- und CO-Emissionen (in kg bezogen auf 1 MWh Wärmeoutput) der verschiedenen Systeme unter Berücksichtigung der Emissionen des thermischen Kraftwerks-parks (Quelle: E.V.A.)

### 6.3.3 Kumulierter Energieaufwand

Mit dem GEMIS Berechnungstool kann weiters der „kumulierte Energieaufwand (KEA)<sup>45</sup> für die Erzeugung einer MWh Wärme ermittelt werden. Die angegebenen Werte in Tabelle 21 beziehen sich auf den gesamten Energieaufwand inklusive der Vorketten für die Bereitstellung der Energiedienstleistung (idF einer MWh Wärme).

**Tabelle 21** Kumulierter Energieaufwand zur Erzeugung einer MWh Wärme mit Stromgut-schriften entsprechend der unterschiedlichen Referenzsysteme

	Mit Gutschrift auf Basis des österr. KW-Parks	Mit Gutschrift auf Basis des therm. KW-Parks	Mit Gutschrift auf Basis des KWs Dürnrrohr (EVN)
	MWh/MWh	MWh/MWh	MWh/MWh
<b>Senertec 01</b>	1,302	0,759	0,900
<b>Senertec 02</b>	1,317	0,729	0,882
<b>Ecopower</b>	1,324	0,804	0,939
<b>IET</b>	1,325	0,540	0,745
<b>Oberdorfer</b>	1,371	0,487	0,718
<b>Gas Brennwert</b>	1,471	1,471	1,471
<b>Gaskessel neu</b>	1,658	1,658	1,658
<b>Gaskessel alt</b>	1,957	1,957	1,957
<b>Ölkessel neu</b>	1,501	1,501	1,501
<b>Ölkessel alt</b>	1,780	1,780	1,780

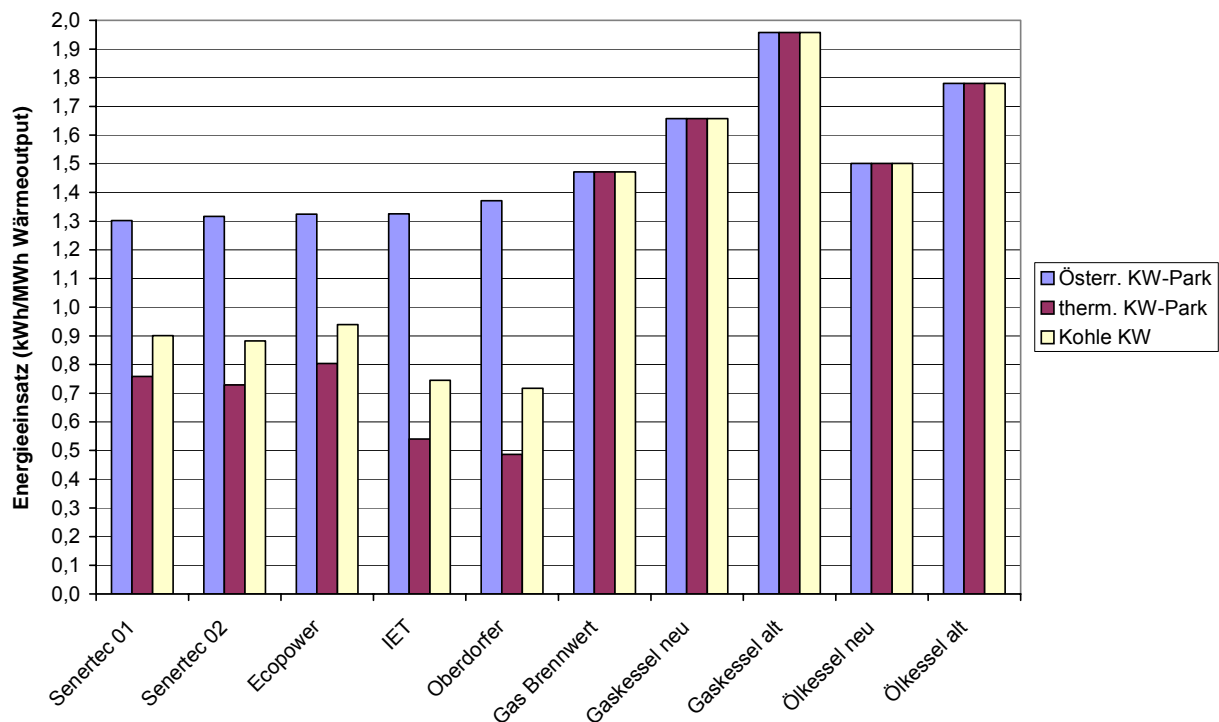
<sup>45</sup> „KEA ist der Kumulierte Energie-Aufwand, eine Maßzahl für den gesamten Aufwand an Energieressourcen (Primärenergien) zur Bereitstellung eines Produkts oder einer Dienstleistung“ L 57/



In Tabelle 21 ist der kumulierte Energieaufwand der verschiedenen Systeme dargestellt. Hinzuweisen ist in diesem Zusammenhang, dass der Energieaufwand zur Erzeugung von 1 MWh Wärme im neuen Gaskessel (1,658 MWh) höher ist als im neuen Ölkessel (1,501 MWh). Dieses im ersten Moment unerwartete Ergebnis – insbesondere aufgrund der höheren Nutzungsgrade der Gaskessel – wird auf die höheren Verluste in der Vorkette (Leistungsleckagen in den Erdgasleitungen) zurückgeführt. Einen weiteren großen Energieverbraucher im Erdgasprozess stellt die Verdichtung des Gases dar. Den im Berechnungstool integrierten Verdichtern wird ein Nutzungsgrad von nur 30% zugeordnet.

Die Bereitstellung der Wärme erfolgt in allen BHKW-Anlagen mit einem geringeren kumulierten Energieaufwand als bei der Bereitstellung der Wärme in einem Heizkessel.

Bei der Betrachtung des thermischen Kraftwerksparks ist die Gutschrift aufgrund des produzierten Stroms am größten. Das heißt, der Energieaufwand zur Erzeugung einer Megawattstunde Wärme ist im Szenario „thermischer Kraftwerkspark“ höher als der Energieaufwand bei der Erzeugung im Szenario „Kohlekraftwerk Dürnrohr (EVN)“. Auch dieser Unterschied wird auf den Energieverbrauch der Erdgasvorkette zurückgeführt. Die Gewinnung der Kohle in Polen erfolgt laut GEMIS mit einem Nutzungsgrad von 96%.



**Abbildung 51** Kumulierter Energieaufwand der unterschiedlichen Anlagen<sup>46</sup>

In Abbildung 51 ändert sich der Energieaufwand der BHKW-Anlagen in Abhängigkeit vom betrachteten Referenzsystem, der Energieaufwand der Heizkessel ist hingegen unabhängig(!) vom betrachteten Referenzsystem.<sup>47</sup>

<sup>46</sup> Unterschiedlich zur angeführten Beschriftung der y-Achse ist MWh/MWh und nicht wie angeführt kWh/MWh.

<sup>47</sup> Da der Heizkessel keinen Strom produziert, wirken sich unterschiedliche Gutschriften für das Nebenprodukt Strom, auf den Energieaufwand der Kessel nicht(!) aus.

In Tabelle 22 ist der kumulierte Energieaufwand für die Bereitstellung einer Megawattstunde Wärme der Senertec 01-Anlage im Vergleich zur Wärmeerzeugung in Heizkesseln dargestellt. Wird der Energieaufwand für die Wärmeerzeugung in einem BHKW (inkl. Gutschrift für den kumulierten Energieaufwand für die Stromerzeugung) mit dem Energieaufwand für die Wärmeerzeugung in einem Gaskessel verglichen, dann hat der neue Gaskessel um 27% höhere Emissionen. Ein neuer Ölkessel hat einen um 15% höheren Energieaufwand und der Brennwertkessel einen um 13% höheren Energieaufwand.

**Tabelle 22** Kumulierter Energieaufwand der Senertec 01-Anlage mit Gutschriften auf Basis des österreichischen Kraftwerksparks im Vergleich zum Energieaufwand der Heizkessel

	kumulierter Energieaufwand
	%
Senertec 01	100%
Brennwert Kessel	113%
Gaskessel neu	127%
Gaskessel alt	150%
Ölkessel neu	115%
Ölkessel alt	137%

Werden für den im BHKW erzeugten Strom Gutschriften auf Basis des thermischen Kraftwerksparks in Österreich herangezogen, dann verringert sich der Energieaufwand im BHKW wie folgt (siehe Tabelle 23).

**Tabelle 23** Kumulierter Energieaufwand der Senertec 01-Anlage mit Gutschriften auf Basis des thermischen Kraftwerksparks in Österreich im Vergleich zum Energieaufwand der Heizkessel

	kumulierter Energieaufwand
	%
Senertec 01	100%
Brennwert Kessel	194%
Gaskessel neu	219%
Gaskessel alt	258%
Ölkessel neu	198%
Ölkessel alt	235%

Damit kann zusammengefasst festgestellt werden, dass mit dem Einsatz von Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen signifikante Energieeinsparungen – abhängig vom Vergleichssystem – erzielt werden können und mit dem Einsatz Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen sowohl Beiträge zu den energie- also auch umweltpolitischen Zielsetzungen geleistet werden können. Bei letzteren sollte insbesondere auf den hohen Fördereffekt verwiesen werden, der mit dem Einsatz von gut geplanten und ausgelegten Anlagen in Verbindung steht (siehe hierzu auch die Berechnung in Abbildung 38 in Kapitel 5.4).

## 7 Planung und Realisierung von Mikro-/Mini-KWK-Anlagen

### 7.1 Planung von BHKW-Anlagen

Aus wirtschaftlichen Gründen zeichnen sich BHKW-Anlagen in Österreich durch wärmegeführte Betriebsweisen aus. Die BHKW-Anlagen sind derartig dimensioniert, dass sie die Grundlasten des Energiebedarfs decken. Die Spitzenlasten werden wärmeseitig durch Heizkessel und stromseitig durch das Verteilnetz gedeckt. Ferner sollte aufgrund der niedrigen bzw. fehlenden Einspeisevergütungen der überwiegende Teil der im BHKW erzeugten elektrischen Energie zur Eigenstrombedarfsdeckung verwendet werden.

Die richtige Dimensionierung bzw. Auslegung von BHKW-Anlagen ist entscheidend. Bei zu klein dimensionierten BHKW-Anlagen wird das Sparpotenzial nicht ausgeschöpft, bei zu groß dimensionierten BHKW sind die spezifischen Kosten zu hoch. Zur Bestimmung der optimalen Anlagengröße wird der thermische und elektrische Energiebedarf des zu versorgenden Objektes erfasst und im zeitlichen Verlauf betrachtet (Jahresgang, Monatsgänge, Tagesgänge). In weiterer Folge wird der zeitliche Verlauf des gleichzeitigen Strom- und Wärmebedarfs abgeschätzt.

BHKW-Anlagen werden oft mit mehreren kleineren Modulen errichtet. Dadurch wird u. a. eine höhere Verfügbarkeit der elektrischen Leistung bei Ausfall eines Aggregats oder bei Wartungsarbeiten erreicht. Des Weiteren kann unwirtschaftlicher Teillastbetrieb reduziert werden. Heute stehen Computerprogramme zur Projektierung und Simulationen von BHKW-Anlagen zur Verfügung. Bei der Projektierung von Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen werden oft sogenannte Kurzuntersuchungen erstellt, um den Anteil der Projektierungskosten in einem vertretbaren Rahmen zu halten.

**Tabelle 24** Richtwerte für BHKW-Einsatz mit Heizleistung von 100 bis 200 kW /L 4/

Wärmeverbraucher	Spezifischer Indikator	Spitzenlast für Heizung	Anteil des BHKW an Spitzenlast
Wohnhochhäuser	8.000 m <sup>2</sup>	800 kW <sub>th</sub>	8-30 %
Reihenhäuser	20 MW/km <sup>2</sup> bzw. 2.270 Gebäude/km <sup>2</sup>	1.000 kW <sub>th</sub>	8-20 %
Wohnblocks (3 bis 5 Geschosse)	20 MW/km <sup>2</sup> bzw. 700 Gebäude/km <sup>2</sup>	1.000 kW <sub>th</sub>	8-20 %
Hotels	160 Betten	570 kW <sub>th</sub>	13-35 %
Krankenhäuser	70 Betten	550 kW <sub>th</sub>	15-40 %
Hallenbäder	280 m <sup>2</sup> Wasserfläche	500 kW <sub>th</sub>	15-40 %
Schulen	850 Schüler	670 kW <sub>th</sub>	10-30 %
Bürogebäude	460 Arbeitsplätze	1.330 kW <sub>th</sub>	5-15 %
Kaufhäuser	2.600 m <sup>2</sup>	670 kW <sub>th</sub>	10-30 %

Um die Planung einer BHKW-Anlage zu vereinfachen, wurde vom VDI eine Richtlinie erarbeitet, in der die Erkenntnisse und Erfahrungen aus den bisherigen BHKW-Planungen festgehalten und formalisiert wurden. In dieser VDI-Richtlinie 3985 „Grundsätze für Planung, Ausführung und Abnahme von Kraft-Wärme-Kopplung mit Verbrennungskraftmaschinen“ werden die drei Phasen Planung, Ausführung und Inbetriebnahme definiert, ausführlich beschrieben und Anweisungen für deren Ausführung und Verlauf gegeben. Um Fehlauslegungen zu vermeiden, schreibt diese Richtlinie neben der Erstellung von Tagesganglinien auch die Berücksichtigung zukünftiger energiewirtschaftlicher Änderungen, wie z. B. die verstärkte Nutzung rationeller Energietechniken, im Umfeld der Anlage vor. Wesentliches zur Wirtschaftlichkeitsberechnung von BHKW-Anlagen können der VDI-Richtlinie 2067 „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen“ entnommen werden.

Weitere Planungsaufgaben ergeben sich aus der Einbindung der BHKW-Anlage in die Gebäudetechnik hinsichtlich:

- (i) hydraulische Einbindung ins Heizungsnetz
- (ii) elektrische Einbindung
- (iii) regelungstechnische Einbindung
- (iv) Schallschutz
- (v) Abgasführung und
- (vi) Brennstoffversorgung

## 7.2 Ermittlung wichtiger Objektdaten für die Auslegung der BHKW-Anlage

Für die Auslegung der BHKW Anlage sind die Daten der derzeitigen Energieversorgung zu ermitteln:

- Wärmebedarf des Objektes: Der Wärmebedarf des Objektes entspricht der notwendigen Kesselleistung, wenn diese nicht bekannt ist, kann auch eine näherungsweise Abschätzung erfolgen (siehe auch Tabelle 24). Eine Faustregel ist weiters, dass die benötigte Kesselleistung in etwa dem abgerechneten Jahresenergieverbrauch in kWh  $H_0$  dividiert durch 2000 h /L 4/) entspricht.
- Der jährliche Strombedarf und Gas- bzw. Wärmeverbrauch kann aus den Jahresabrechnungen der Energieversorger entnommen werden. Dies gilt auch für die Strom-, Erdgas- oder Wärmebezugskosten.

Auswahl eines in Frage kommenden BHKW-Moduls:

- Ermittlung der thermischen Leistung des BHKW-Moduls: Die thermische Leistung des Objekts sollte mit dem Jahresdauerlinien-Verfahren (siehe Kapitel 5.1) ermittelt werden. Daraus kann die thermische Leistung des BHKWs abgeleitet werden. Wenn derartige Aufzeichnungen nicht durchgeführt werden können (beispielsweise aufgrund von nicht vorhandenen Wärmezählern, etc.) kann näherungsweise auf ca. 10 bis 30% der (thermischen) Spitzenlast dimensioniert werden (siehe Tabelle 28).
- Auswahl eines passenden BHKW-Moduls: Im Anhang findet sich hierzu ein Anbieterverzeichnis (siehe Anhang 10.1 beginnend ab Seite 89). Weiters finden sich im Anhang die Spezifikationsblätter der Anlagen verschiedener Firmen (siehe Anhänge 10.3.1, 10.3.2, 10.3.3 und 10.3.4 beginnend ab Seite 103).

#### Ermittlung der Investitions- und Wartungskosten

- Investitionskosten des BHKWs: Diese können in einem Leistungsbereich bis 500 kW<sub>el</sub> der Abbildung 32 auf Seite 50 entnommen werden. Detaillierte Angaben können über Ausschreibung bzw. bei kleineren Anlagen auf Anfrage bei den Lieferfirmen erfolgen.
- Wartungskosten des BHKWs: Diese können für Module bis zu einer elektrischen Leistung von 500 kW<sub>el</sub> der Abbildung 34 auf Seite 52 entnommen werden. Detailangaben können wiederum über Ausschreibungen bzw. bei kleinen Anlagen auf Anfrage bei den Lieferfirmen erhalten werden.
- Abschätzung der Wirtschaftlichkeit: Ergibt die Grobschätzung ein positives Ergebnis, sollte es zu einer Detailplanung kommen. Es kann auch die Zusammenarbeit mit einem BHKW-Anbieter bzw. einem Planungsunternehmen gesucht werden, mit dem dann alle weiteren Planungsschritte und Berechnungen durchgeführt werden.



## 8 Zusammenfassung

Dieser Bericht soll dazu dienen, die Vorteile der Kraft-Wärme-Kopplung – in diesem Fall von kleinen bis sehr kleinen Leistungen – für ein noch breiteres Anwendungsspektrum vorzustellen und damit einen Impuls für die weitere Implementierung von derartigen Anlagen und Projekten zu setzen.

Im Detail wurden die zur Verfügung stehenden Technologien dargestellt, weiters die Kostensituation (Investitions- und Instandhaltungskosten) für die Projektrealisierung dargelegt. Die Wirtschaftlichkeit von derartigen Anlagen, insbesondere in wärmegeführten Betriebsweisen wurde eingehend – auch mittels Sensitivitätsanalysen – diskutiert, um unterschiedliche individuelle Projektausgangslagen zu berücksichtigen.

Die derzeitigen Investitionsförderungen wurden auf ihren Fördereffekt analysiert. Diese haben insbesondere bei Kleinstanlagen maßgeblichen Einfluss auf die Investitionsentscheidung. Die Amortisationszeiten verringern sich entscheidend und bringen derartige Projekte erst in eine wirtschaftliche Ausgangslage. Weitere gesetzliche Bestimmungen wie Genehmigung, Steuern auf die eingesetzten Energieträger und Emissionen wurden skizziert.

Die Realisierung einer BHKW Anlage scheitert meist nicht an der fehlenden Wirtschaftlichkeit, sondern an einer Reihe organisatorischer und institutioneller Hemmnisse sowie Informationsdefiziten. Höhere Investitionskosten, eine komplexe Betriebsweise und diverse Genehmigungsverfahren schrecken den Nutzer oft ab. Aus diesem Grund wurden auch die verschiedenen Formen des Contracting (insbesondere Anlagencontracting) skizziert, welche diese Hemmnisse überwinden können.

Mittels des GEMIS Modells wurden unter Berücksichtigung verschiedener Szenarien die ökologischen Effekte des Einsatzes von BHKW-Anlagen betrachtet. Es wurden die Emissionen und der Energieaufwand einer dezentralen Strom- und Wärmeerzeugung in BHKW-Anlagen einer Wärmeerzeugung mittels Heizkessel und einer Stromproduktion in einem Referenzkraftwerkspark bzw. -parks gegenübergestellt. Die unterschiedlichen Systeme wurden hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Äquivalente, der CO-, und NO<sub>x</sub>-Emissionen und ihres kumulierten Energieaufwands verglichen.

Wird der Energieaufwand der verschiedenen Referenzsysteme betrachtet, dann zeigt sich eine große Bandbreite der Ergebnisse, je nachdem mit welchem Referenzsystem verglichen wird. Insbesondere unter Berücksichtigung des kalorischen österreichischen Kraftwerksparks liegen die Emissionen (sowohl CO<sub>2</sub>-Äquivalente als auch CO und NO<sub>x</sub>-Emissionen) deutlich unter den Emissionen von Öl- und Gaskesseln (inkl. Brennwertkesseln). Unter Berücksichtigung von einzelnen Wärmekraftwerken werden sogar negative Werte bei den Emissionen erzielt. Hinsichtlich des kumulierten Energieaufwands können mittels Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen ebenfalls maßgebliche Energieeinsparungen erzielt werden (ebenfalls unter Berücksichtigung des kalorischen Kraftwerksparks als Referenzsystem)

Der Bericht umfasst weiters Referenzlisten von in Österreich erfolgreich implementierten Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen. Neben Projekten mit konventionellen Technologien (BHKW-Anlagen basierend auf Verbrennungskraftmotor) finden sich auch innovative Projekte (Stirling, Brennstoffzelle, Mikro-Gasturbine), die mittel- bis langfristig das Potenzial aufweisen, den derzeitigen positiven Trend hin zu der vermehrten Installation von derartigen Anlagen noch weiter zu stärken.

Zusammenfassend wird noch einmal festgestellt, dass mit dem Einsatz von (gut geplanten) Mikro-/Mini-BHKW-Anlagen deutliche Beiträge sowohl zu den energie- als auch zu den umweltpolitischen Zielsetzungen geleistet werden können. Bei letzteren sollte insbesondere auf den hohen Fördereffekt der inländischen Umweltförderung verwiesen werden, der mit dem Einsatz von gut geplanten und ausgelegten Anlagen in Verbindung steht. Durch den Einsatz von innovativen Technologien können weiters Beiträge zu den österreichischen Forschungs-, Technologie- und Innovationspolitiken (Stichwort: 3 % Forschungsquote) geleistet werden.



## 9 Literaturverzeichnis

- L 1 ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (Hrsg.), „**Mikro-KWK**“, Verlag rationeller Erdgaseinsatz, Kaiserslautern, 2001
- L 2 ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (Hrsg.), „**Brennstoffzellen und Mikro-KWK**“, Vulkan Verlag, Essen, 2001
- L 3 ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (Hrsg.), „**BHKW-Kenndaten 2001**“, Verlag rationeller Erdgaseinsatz, Kaiserslautern, 2001
- L 4 Stein Rudolf, „**Blockheizkraftwerke**“, 4. Auflage, TÜV-Verlag, Köln, 1999
- L 5 BMWA, „**Technische Grundlage für die Beurteilung von Emissionen aus Stationärmotoren**“, Wien, 2001
- L 6 Ferenczy, Gneist, Rauter, „**Blockheizkraftwerke**“, Baudirektion des Amtes der NÖ Landesregierung, Wien, keine Datumsangabe
- L 7 energytech.at (Hrsg.), „**Technologie Portrait Kraft-Wärme-Kopplung**“, Institut für Thermische Turbomaschinen und Maschinendynamik, Wien, Mai 2002  
([http://energytech.at/pdf/techportrait\\_kwk\\_dt.pdf](http://energytech.at/pdf/techportrait_kwk_dt.pdf) Dezember 2003)
- L 8 Dominique Giraud (Koordination), „**Promotion of small scale cogeneration in rural areas**“, PROSMACO, Final Report, March 2002  
([http://www.cogen.org/publications/reports\\_and\\_studies.htm](http://www.cogen.org/publications/reports_and_studies.htm), Februar 2004)
- L 9 Wolfram Jörß, „**Decentralised generation: development of EU policy**“, DECENT, Final Report, Oktober 2002 ([http://www.cogen.org/publications/reports\\_and\\_studies.htm](http://www.cogen.org/publications/reports_and_studies.htm), Februar 2004)
- L 10 Faber Maunsell Ltd, „**M I C R O - M A P: mini and micro CHP – market assessment and development plan**“, no date and place of publication,  
([http://www.cogen.org/publications/reports\\_and\\_studies.htm](http://www.cogen.org/publications/reports_and_studies.htm))
- L 8 W. Suttor, (Hrsg.), „**Praxis Kraft-Wärme Kopplung**“, C.F. Müller Verlag, Heidelberg,
- L 9 Suttor, Müller, „**Das Mini-Blockheizkraftwerk**“, C.F. Müller Verlag, Heidelberg, 1999
- L 10 Turbec, „**Turbec T100 CHP**“, CD Dokumentation, Doc No. D109003, 2001
- L 11 Vaillant, „**Brennstoffzelle: Innovation für die Haustechnik von morgen**“, Info-CD, 2002
- L 12 N. Khartchenko, „**Umweltschonende Energietechnik**“, Vogel Verlag, Würzburg, 1997
- L 13 Markus Gailfuß, „**CO<sub>2</sub>-Minderungspotentiale durch Ausbau der Blockheizkraftwerke in Deutschland**“, Frankfurt am Main, 1998
- L 14 H. Czichos (Hrsg.), Akademischer Verein Hütte e.V. (Hrsg.), „**Grundlagen der Ingenieurwissenschaften**“, Springer Verlag, Berlin u.a., 2000, 31. Auflage
- L 15 E. Remmele, „**Eigenschaften von Rapsölkraftstoff und Qualitätssicherung**“ In: Tagungsband zum Internationalen Expertenforum Rapsölkraftstoff in Traktoren und Blockheizkraftwerken; 2002 Straubing; Shaker Verlag Aachen 2003
- L 16 Luft, Sascha, „**Stirling-Motor der Firma SOLO**“, E-mail Auskunft, 01.10.2003

- L 17 SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH; <http://www.senertec.de/> (Juni 2003)
- L 21 SENERTEC, „**Technische Daten HKA**“, Spezifikationsblatt  
[http://www.senertec.de/show\\_pdf.php?name=technisches\\_datenblatt](http://www.senertec.de/show_pdf.php?name=technisches_datenblatt) (Juni 2003)
- L 22 Energie-Control GmbH, „**Bericht über die Ökostromentwicklung und Kraft-Wärme-Kopplung**“, Wien, Juni 2003
- L 18 VDEW, „**Parallelbetrieb mit dem Niederspannungsnetz: Richtlinie für den Parallelbetrieb von Eigenerzeugungsanlagen mit dem Niederspannungsnetz des Elektrizitätsversorgungsunternehmens**“, 1996
- L 19 G. Simader, „**Brennstoffzellen- und Mikro-Gasturbinen-Systeme für die dezentrale Energienutzung**“, Studien im Auftrag der STEWEAG in den Jahren 2001 und 2002, Wien
- L 25 A. Dauensteiner, N. Popovic, „**Europa-Premiere: Brennstoffzellen-Heizgerät in einer Hotelanlage**“, Energy 03/2003 (<http://www.eva.ac.at/publ/energy/e3-03.htm>)
- L 26 Andreas Glatzer, „**Erste Mikrogasturbinenanlage mit Trigeneration in Österreich**“, Energy 01/2004
- L 27 G. Simader, „**Forschung und technologische Entwicklung (FTE) von Brennstoffzellen für stationäre Energiesysteme und tragbare Kleingeräte**“, nationale Strategie im Auftrag des BMVIT, Wien, Oktober 2001
- L 28 G. Simader, G. Benke, P. Lucny, P. Haßlacher, „**Market Potential of Micro Gas-Turbines in Austria**“, Studie im Auftrag der ATEL (CH), Mai 2001 (Stu)
- L 29 KOHLER POWER SYSTEMS, „**Micro Turbine CHP**“, Spezifikationsblatt  
<http://www.kohlerpowersystems.com/pdf/G3401.PDF> (September 2003)
- L 30 Homepage BHKW Infozentrum, [www.bhkw-infozentrum.de](http://www.bhkw-infozentrum.de) (September 2003)
- L 31 Walter Winter (Kommunalkredit), „**KWK-Förderung**“, telefonische Auskunft (20.11.2003)
- L 32 Ecopower Energy Solutions AG, „**Mini-BHKW: Technische Dokumentation**“, Biel/Schweiz Dezember 1999, Website: <http://www.ecopower.de> (September 2003)
- L 33 GE Jenbacher, „**Kraft Wärme Kopplung mit Gasmotoren**“,  
[http://www.jenbacher.com/www\\_deutsch/jenbacher\\_ie.html](http://www.jenbacher.com/www_deutsch/jenbacher_ie.html) (September 2003)
- L 34 Horst Meixner, „**Grundlagen des Contracting**“, in: Euro Heat & Power 32. Jg (2003), Heft 7-8: S. 40-47
- L 35 DG Monitor, July/August 2003
- L 36 SOLO Stirling GmbH, „**Technische Dokumentation, Planungsunterlagen, Hydraulik**“, Version 1.9 für Planer, <http://www.stirling-engine.de/> (Juli 2003)
- L 37 Munko, Kleine, Jäger, Köhne, Baumüller, „**Effiziente und emissionsarme Stirling-BHKW-Technologie bei Einsatz moderner Verbrennungskonzepte für flüssige Brennstoffe**“ in: Integrierte Energiesysteme – Chancen im Wettbewerb – VDI-Bericht 1539, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2000, S. 221-232
- L 20 G. Herdin, „**Stand der BHKW-Technik im Vergleich zu Brennstoffzellen und Mikrogasturbine**“ in: Blockheizkraftwerke 2002 – energiepolitische Rahmenbedingungen, VDI-Verlag, Düsseldorf, 2002

- L 21 G. Herdin, „**Der Gasmotor im Vergleich zu den Zukunftstechniken bei der Nutzung von aus Biomasse gewonnenen Kraftstoffen**“, GE Jenbacher AG, Austria, 2002
- L 40 Buderus Heiztechnik, „**Loganova BHKW-Modul-Technische Daten**“, Spezifikationsblatt [http://www.heiztechnik.buderus.de/sixcms/detail.php?id=431227-&template=allg\\_frameset\\_e&\\_zielid=%2Fsixcms%2Fdetail.php%3Fid%3D431654](http://www.heiztechnik.buderus.de/sixcms/detail.php?id=431227-&template=allg_frameset_e&_zielid=%2Fsixcms%2Fdetail.php%3Fid%3D431654) (Dezember 2003)
- L 41 Buderus Heiztechnik, „**Loganova BHKW-Modul-Beschreibung**“, Spezifikationsblatt [http://www.heiztechnik.buderus.de/sixcms/detail.php?id=431227&template=allg\\_frameset\\_e&\\_zielid=%2Fsixcms%2Fdetail.php%3Fid%3D431654](http://www.heiztechnik.buderus.de/sixcms/detail.php?id=431227&template=allg_frameset_e&_zielid=%2Fsixcms%2Fdetail.php%3Fid%3D431654) (Dezember 2003)
- L 42 Pilz Rainer, „**Erlässe und Dienstanweisungen zur Mineralölsteuer und zum Erdgasabgabegesetz**“, E-mail Auskunft vom BMWA, 18.12.2003, 03.12.2003 und 28.11.2003
- L 22 Arbeitskreis Contracting, „**Handbuch Contracting**“, Krammer Verlag Düsseldorf AG 1997
- L 23 Horst Jauschnegg, „**Biogasanlagen in Österreich**“, Österreichischer Biomasse-Verband, Wien, April 2003
- L 24 Bundesgesetz, mit dem die Mineralölsteuer an das Gemeinschaftsrecht angepasst wird (Mineralölsteuergesetz 1995, BGBl. Nr. 630/1994, zuletzt geändert durch das Bundesgesetz BGBl. Nr. 427/1996)
- L 25 Bundesgesetz, mit dem eine Abgabe auf die Lieferung und den Verbrauch von Erdgas eingeführt wird (Erdgasabgabegesetz, BGBl. Nr. 630/1994, zuletzt geändert durch das Budgetbegleitgesetz 2002 vom 8. Mai 2001)
- L 47 Bundesgesetz über die Vergütung von Energieabgaben [Artikel 62 des Struktur- anpassungsgesetzes 1996, GBl. Nr. 201/1996, (Energieabgabenvergütungsgesetz)]
- L 48 Kommunalkredit, „**Technisches Datenblatt für fossile Kraft-Wärmekopplung**“, Version 10/2003 [http://www.kommunalkredit.at/index.php3?r\\_id=85&f\\_id=1143&LNG=DE](http://www.kommunalkredit.at/index.php3?r_id=85&f_id=1143&LNG=DE) (November 2003)
- L 49 Kommunalkredit, „**Fossile Kraft-Wärme-Kopplung**“, Stand Oktober 2003 [http://www.kommunalkredit.at/up-media/373\\_Fossile%20KWK.pdf](http://www.kommunalkredit.at/up-media/373_Fossile%20KWK.pdf) (November 2003)
- L 50 GE Jenbacher, „**Intelligent Energy**“, CD-Rom, Jenbach, 2003
- L 51 Verband für Wärmelieferung, „**Leitfaden für die Ausschreibung von Energielieferung (Contracting)**“, Stand:09.03.2000
- L 52 Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, „**Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz**“ (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft“, 24. Juli 2002, [www.bmu.de/files/taluft.pdf](http://www.bmu.de/files/taluft.pdf) (Januar 2004)
- L 53 VDI, „**Der Verbrennungsmotor als Energiewandler**“, VDI-GET Informationsschrift Teil I, Düsseldorf (keine Datumsangabe)
- L 26 VDI, „**BHKW-Technik**“, VDI-GET Informationsschrift Teil II, Düsseldorf (keine Datumsangabe)
- L 27 VDI, „**Gasturbineneinsatz in der Kraft-Wärme-Kopplung**“, VDI-GET Informationsschrift Teil V, Düsseldorf (keine Datumsangabe)

- L 28 Recknagel, Sprenger, Schramek, „**Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik**“, 70. Auflage, Dorsten, Oktober 2000
- L 57 Öko-Institut, „**Handbuch für GEMIS 4**“, Januar 2004  
[www.oeko.de/service/gemis/de/index.htm](http://www.oeko.de/service/gemis/de/index.htm)
- L 58 UBA, „**Kyoto Fortschrittsbericht Österreich**“, BE 222, Wien, Februar 2003

# 10 Anhang

## 10.1 Anhang A: Anbieterverzeichnis

### 10.1.1 Anbieterverzeichnis von BHKW-Anlagen mit Verbrennungskraftmotor

Firma	Brennstoff	Leistungs- bereich	Bemerkung
<b>Buderus Austria Heiztechnik GmbH</b> Karl-Schönher-Straße 2, 4600 Wels Tel: +43(7242)29850 Fax: +43(7242)29855 office@buderus.at, http://www.buderus.at	Erdgas	40 – 112 kW <sub>el</sub> 72 – 188 kW <sub>th</sub>	Gas-Otto Motor, Dreiwegekatalysator, In Österreich drei Referenzanlagen (Umsetzung Fa. Lackner)
<b>Cerveny GmbH Elektro – Diesel – Technik</b> Stahlstr. 38, A-4020 Linz Tel: +43/732/66 58 19 Fax: +43/732/66 58 19 – 14 office@cerveny.at, www.cerveny.at	Erdgas, Klärgas, Deponie-gas (Misch-gas)	50 – 500 kW <sub>el</sub>	Seit 1994 wurden 17 BHKW errichtet. Partner Deutz
<b>DAG-Dieselanlagen Service GmbH</b> A-2351 Wr. Neudorf, Ricoweg 30/B2 Tel: (+43)2236/62190-0 Fax : DW 20 office@dagdiesel.at, www.dagdiesel.at	Diesel	N.A. (Packager)	Nur in Einzelfällen mit Nutzung eines Teiles der Abwärme. Sonst nur Notstromaggregate
<b>Deutz Energie GmbH</b> D-68167 Mannheim, Carl-Benz Str. 5 www.deutz.de <b>Werkvertretung Österreich</b> Dampfmühlgasse 6-8, A-1112 Wien, Tel. 01/7491671-0, Fax 01/7491671-12 info@deuz.at, www.deutz.at Wolfgang Treutlein Treutlein.w@deutz.de Tel.: +49/621/384-8930	Erdgas, Biogas, Deponie-gas, Gruben-gas, Sondergas	Ab 180 kW <sub>el</sub>	Gasmotoren, Magerbetrieb mit Fremdzündung, Turboaufladung
<b>Ecopower (Valentin Energie- und Umweltechnik GmbH)</b> Fasaneninsel 20, 07548 Gera Telefon: 0049/365 / 8304030 Fax: 0365 / 24957 valentin@ecopower.de www.ecopower.de <b>ecopower Österreich</b>	Erdgas, Flüssig-gas,	1,3 – 4,7 kW <sub>el</sub> modulierend  4,0-12,5 kW <sub>th</sub> modulierend	Einzyylinder Gasmotor, 3-Wege Katalysator  Bisher 4 Anlagen in Österreich, Geschäftsfeld noch im Aufbau. (Europaweit ca. 500 Anlagen)  Modul mit 7-20 kW <sub>el</sub> auch mit Heizöl, Biodiesel und Biogas.

Firma	Brennstoff	Leistungs- bereich	Bemerkung
<p>Wofgang Kohzina Theresiengasse 46/14 1180 Wien Tel.: 01/4071410, Fax: 01/4036191 Mobil: 0664/5050259 ecopower@aon.at</p>			
<p><b>Gruebl Automatisiertechnik</b> A-8223 Stubenberg am See 213 Tel.: 03176/8127..0 Ansprechperson: Ing. Gübl Ekkehard Tel.: 0664/2207272</p>	Biomasse	100 kW <sub>el</sub>	<p>Holzvergaseranlagen Noch nicht serienreif. Serienreife in 1-2 Jahren.</p>
<p><b>Haustechnik Planungsgesellschaft m.b.H.</b> A-3950 Gmünd, Bahnhofstraße 31 Tel.: 02852/20484 Fax.: 02852/20484 23 ferency.haustechnik@netway.at</p>	Vorwiegend Erdgas	N.A. Packager	<p>Seit 1983 wurden 25 Anlagen geplant und umgesetzt. Der Schwerpunkt liegt bei BHKWs für Krankenanstalten. Es wurden auch KWKK (B. Lugner City) realisiert.  Einige Projekte gemeinsam mit der Firma VEN-Ingenieurleistungen umgesetzt.</p>
<p><b>IET Intelligente Energietechnik GmbH</b> Duelerstrasse 136 A-9710 Feistritz a.d.Drau Tel. +43 4245-64039 Fax +43 4245-64975-43 carsten.koellner@iet-energietechnik.at www.iet-energietechnik.at</p>	Deponiegas, Biogas, Klärgas, Erdgas, Propan	30 – 400 kW <sub>el</sub>	<p>„Packaging“ vorwiegend von MAN Motoren, drei Referenzen werden von dieser relativ jungen Firma (erfahrener Mitarbeiterstab) angeführt, die im Jahr 2003 gegründet wurde.</p>
<p><b>GE Jenbacher AG</b> Achenseestraße 1-3, A-6200 Jenbach Tel: +43 5244 600 2135 http://www.jenbacher.com, contact@jenbacher.com</p>	Erdgas, Biogas, Deponie-gas, Koksgas, Gruben-gas, Sondergas	300 – 3000 kW <sub>el</sub>	<p>Gasmotoren, Magermotorprinzip mit Turbolader GE Jenbacher ist der Marktführer in Österreich.  Patente für 157 kW<sub>el</sub> Motore von der Firma Oberdorfer übernommen.</p>
<p><b>Lackner Energietechnik GmbH</b> Untere Klaus 183, A-8970 Schladming Tel.:+43(3687)23191 Fax.:+43(3687)23191-14 office@lackner-bhkw.at, http://www.lackner-bhkw.at</p>	Erdgas, Flüssig-gas, Klärgas, Heizöl, Bio-Diesel	5 – 150 kW <sub>el</sub>	<p>Partner IET, Senertec und Primagaz  Seit 1998 wurden ca. 110 HKAs und ca. 30 BHKWs installiert.</p>
<p><b>NET – Neue Energietechnik GmbH</b> A-5020 Salzburg, Moosstr. 195 Tel.:+43-662/828729 Fax.:+43-662/82872960 www.neue-energie-technik.net, office@neue-energie-technik.net</p>	Heizöl, RME, AME, Frittieröl, Gas, Diesel	8,0 – 144 kW <sub>el</sub> 16 – 151 kW <sub>th</sub>	<p>Umgebaute Serienmotore (Industriemotore)  Über 140 Referenzanlagen (45 mit Pflanzenöl werden seit 3 Jahren gebaut)  Spezialisierung auf energieautarke Systemlösungen, einzelne BHKW werden nur mehr in Einzelfällen angeboten.</p>

Firma	Brennstoff	Leistungs- bereich	Bemerkung
<b>Oberdorfer Kraft-Wärme-Kopplung GmbH</b> A-9711 Paternion, Bahnhofstrasse 10 Tel: +43 (0)4245 2419 Fax: +43 (0)4245 2419 – 4 office@oberdorfer.at, www.oberdorfer.at	Erdgas; Füssiggas; Heizöl EL; Biodiesel (RME)	0 – 33 kW <sub>el</sub> Großmodul: 70 – 150 kW <sub>el</sub>	Einzyylinder 4-Takt Magermotor Ca. 158 installierte Anlagen der Großteil davon in Österreich.
<b>OMV Cogeneration GmbH</b> Ares Tower / Ebene 14 Donau-City-Strasse 11, A-1220 Wien Tel.+43-1-40 440 – 23071 Fax: +43-1-40 440 – 623071 andreas.glatzer@omv.com www.omv.com	Erdgas	Von 100 kW <sub>el</sub> bis 100 MW <sub>el</sub>	Mikro-GT, BHKWs auf Gas- motorenbasis, Gasturbinenanlagen Fokus der Geschäftstätigkeiten liegen auf Gewerbe- und Industrie-betrieben
<b>Scharoplan GmbH</b> Rainerstraße 21, 4020 Linz Tel.: +43-732-668-009 Fax: +43-732-668560 tb@scharoplan.co.at, www.scharoplan.co.at	Biomasse	ab 100 kW <sub>th</sub>	Planung und Bauleitung eines Biomasse-BHKW (KWKK), therm. geführt (einzige Anlage Fischer und FACC Ried im Innkreis)
<b>SK-Industrietechnik</b> A-4053 Haid, Industriestrasse 23 www.sk-hydraulics.at	Biomasse	Ab 300 kW <sub>el</sub>	Holzvergasungsanlagen in Verbindung mit Gasmotoren. Zur Zeit im Projektstadium noch keine Referenzanlagen
<b>Tvp-energy systems GmbH</b> A-7311 Neckenmarkt, Lange Zeile 112 Tel. +43(2610)42354 Fax +43(2610)42354-21 office@tvp-austria.com, http://www.tvp-austria.com	Erdgas	Ab 30 kW <sub>el</sub>	2 Anlagen in Österreich (viele im Ausland z.B. Griechenland)
<b>VEN-Ingenieurleistungen</b> A-2813 Lichtenegg, Hauptstr. 27 Tel. : 02643/7005, Fax 02643/700519 w.gneist@ven.at	Vorw. Erdgas	N.A. Packager	BHKW-Module der Firma GE Jenbacher Zwischen 1993 und 1996 wurden 8 Anlagen in Betrieb genommen. Einige Projekte gemeinsam mit Firma Haustechnik Planungsgesellschaft umgesetzt.
<b>Zeppelin Österreich GmbH</b> Zeppelinstraße 2 2401 Fischamend bei Wien Tel.: 02232/ 790-0 Fax: 02232/ 790-262 http://www.zeppelin-cat.at	Erdgas, Grubengas, Biogas, Propan, Holzgas	Ab 65 kW <sub>el</sub>	Bietet in Österreich vorzugsweise Dieselaggregate an (über 100 Anlagen für Inselversorgung). 7 Gas Anlagen in Österreich.

### 10.1.2 Anbieterverzeichnis von BHKW-Anlagen basierend auf Mikro-Gasturbinen

Firma	Brennstoff	Leistungs- bereich	Bemerkung
<b>OMV Cogeneration GmbH</b> Ares Tower / Ebene 14 Donau-City-Strasse 11, A-1220 Wien Tel. +43-1-40 440 – 23071 Fax: +43-1-40 440 – 623071 andreas.glatzer@omv.com www.omv.com	Erdgas	100 kW <sub>el</sub>	Verkauf, Contracting, Wartung von Turbec / API Mikrogasturbinen  1 Referenzanlage mit Adsorptionskältemaschine in Österreich (Magna Steyr Graz)
<b>Wels Strom GmbH</b> Durisolstrasse 3 A-4600 Wels Tel. 07242/493-0  energiesysteme@welsstrom.at; www.welsstrom.at	Erdgas, Flüssiggas, Deponie- Klär- oder Biogas	30, 60, 100 kW <sub>el</sub>	Verkauf, Contracting, Wartung von Capstone Mikrogasturbinen; die Turbec / API Mikro-Gasturbine ist ebenfalls geplant  <a href="http://www.capstoneturbine.com/">http://www.capstoneturbine.com/</a> <a href="http://www.turbec.com/">http://www.turbec.com/</a>  1 Referenzanlage in Österreich (Wels Strom GmbH, Wels)
<b>GasTurbo</b> Lihndenstrasse 19, D-64572 Buttelnborn  Tel: 0049 6152 949 520 Fax 0049 6152 949 519 gasturbo@aol.com  <b>Bowman Power</b> www.bowmanpower.com www.kohlerpowersystems.com/onsite_ch p.html	Erdgas	80 kW <sub>el</sub>	Packager von Bowman Power Mikro-Gasturbinen, in Österreich gibt es bis dato keine Referenzanlagen.
<b>IR Energy Systems</b> 800-D Beaty Street Davidson, NC 28036-9000 (USA)  Fax:(704) 896-4327 powerworks@irco.com http://www.irpowerworks.com/	Erdgas, Deponie- gas	70 kW <sub>el</sub>	Es sind europaweit bis dato keine Referenzanlagen bekannt.



## 10.1.3 Anbieterverzeichnis von BHKW-Anlagen mit Stirlingmotoren

Firma	Brennstoff	Leistungs- bereich	Bemerkung
<b>Epas ressourcenschonende Produkte GmbH</b> Zweinaundorfer Str. 207 D-04316 Leipzig Tel: +49-3 41/9 90-38 43 Fax: +49-3 41/9 90-40 03 service@epas-gmbh.com http://www.epas-gmbh.com	Holz- pellets	0,8-0,9 kW <sub>el</sub>	Keine Demonstrationsanlagen bis dato in Österreich.
<b>Joanneum Research Institut für Energieforschung</b> Elisabethstraße 5 / I A-8010 Graz Tel: +43(0)316-876-1338 Fax: +43(0)316-876-1320 ief@joanneum.at http://www.joanneum.at	Biomasse	Ca. 3 kW <sub>el</sub>	Eine Demonstrationsanlage
<b>SOLO STIRLING-NETZWERK ÖSTERREICH</b> <b>E-Werk Gösting V. Franz GmbH &amp; Co KG</b> Viktor-Franz-Straße 13-23 A-8051 Graz Tel.: 0316 / 6077-0 w.buchner@ewg.at http://www.ewg.at/ <b>E-Werk Wels GmbH</b> Pfarrgasse 1 4600 Wels Tel.: 07242/493-100 Fax.: 07242/493-102 e-mail: info@eww.at http://www.eww.at/	Erdgas, Flüssiggas	2-9,5 kW <sub>el</sub>	Vertrieb der Anlagen von der Firma Solo Stirling aus Deutschland, die bis dato über 20 Erdgas-KWK-Module (hauptsächlich in Deutschland) installiert hat. <b>ÖSTERREICH:</b> Das E-Werk Gösting hat im Stuckitzbad in Graz 2 SOLO Stirling Motoren seit 1. April 2004 offiziell in Betrieb.
<b>Victron Energy</b> De Paal 35 1351 JG Almere-Haven (Holland) Tel. +3136/5359700 Fax +3136/5359740 sales@victronenergy.com www.victronenergy.com <b>VERTRIEB IN ÖSTERREICH:</b> <b>Power by Bauer – victron energy</b> Industriegelände West 12 A-2460 Bruck an der Leitha Tel: (+43) 2162 6533912 Fax: (+43) 2162 6523890 gerd.bauer@victronenergy.at	Diesel, (Heizöl), Erdgas, Biodiesel	0,85 kW <sub>el</sub>	Vertrieb von WhisperGen Stirlingmotoren. In Österreich wird Whispergen für Schutzhütten usw. angeboten. Bis dato wurde noch keine Anlage verkauft (zwei in Planung) Aufgrund der Aktualität dieser Produktentwicklung ist nachfolgend der Link für das Spezifikationsblatt angeführt: http://www.whispergen.com/ac.html

## 10.2 Anhang B: Referenzanlagen

### 10.2.1 Referenzanlagen der Firma OBERDORFER

Projekt	Bezeichnung	Ort	Leistung	Betriebsmittel
Almgasthof Baumschlagberg	Schutzhütte	Vorderstoder	1 x 5	Heizöl
Alpengashof Sarnig	Hotelerie	Preitenegg / Pack	2 x 5	Propan
Alpengasthof Jochberg	Gastronomie	Finkenberg	1 x 5	Propan
Autohaus Geier	Gewerbe	Tauplitz	1 x 5	Heizöl
Babyhotel Alpenrose	Hotelerie	Lermoos	3 x 5	Heizöl
Bärenbachhof	Hotelerie	Saalbach	2 x 5	Heizöl
Berghof	Schutzhütte	Walchsee / Tirol	1 x 20	Propan
Biohotel Stanglwirt	Hotelerie	Going a. Wilden Kaiser	3 x 60	Propan
Bio-Trend	Privathaus	Hellmonsödt	1 x 5	Biogas
Biowärme Feld am See	Alt. Energie	Feld am See	1 x 5	Heizöl
Biowärme Glödnitz	Fernwärme	Glödnitz / Kärnten	1 x 60	Propan
Biwärme Sirnitz	Fernwärme	Sirnitz / Kärnten	1 x 60	Propan
Cafe Meister	Konditorei	Ulrichsberg OÖ	1 x 5	Heizöl
Calor	Vorführanlage	Wien	1 x 5	Erdgas
Carl Selmer	Gewerbe / Bürohaus	Seekirchen	1 x 5	Heizöl
Deutscher Alpenverein	Schutzhütte	Osttirol	1 x 30	RME
Dietlgut	Hotelerie	Hinterstoder	3 x 5	Heizöl
Donauhof	Hotelerie	Emmersdorf / Niederöst.	2 x 5	Heizöl
Dr. Genelin	Hotelerie	Seefeld	1 x 5	Heizöl
Dr. Reichel	Kurhotel	Klagenfurt / Kärnten	1 x 5	Erdgas
Dr. Topay	Privathaus	Kitzbüchel / Tirol	1 x 5	Heizöl
Druckerei / Pension Paulitsch	Gewerbe / Hotelerie	Velden / Kärnten	1 x 5	Propan
Druckerei Wulfenia	Druckerei	Feldkirchen / Kärnten	1 x 60	Erdgas
Ernst Toferer	Privat	Altenmarkt	1 x 5	Heizöl
EVU – Assling	Energieerzeuger	Assling / Osttirol	2 x 90	Propan
Fa. Obermeyr	Gewerbe / Bürohaus	Bad Aussee	1 x 5	Heizöl
Falkensteiner Hotel	Hotelerie	Katschberg/Kärnten	1 x 60, 2 x 5	Propan
Fernwärme Sirnitz	Energieerzeuger	Sirnitz / Kärnten	2 x 5	Propan
Fleischerei Draxler	Gewerbe	Hellmonsödt/OÖ	1 x 5	Heizöl
Fleischerei Mück	Gewerbe	St. Peter am Kammelsberg	2 x 5	Heizöl
Fleischhof Raabtal	Gewerbe	Kirchberg an der Raab	1 x 180	Erdgas
Freizeitzentrum Stock	Sportanlage	Kramsach / Tirol	1 x 5	Erdgas
Freizeitzentrum Unken	Sportanlage Hallenbad	/ Unken / Salzburg	4 x 5	Propan
Funktechnik Seißl	Gewerbe	Schwoich	1 x 5	Heizöl
Gästehaus Bauer	Pension	Imst	1 x 5	Heizöl
Gästehaus Bliem	Gastronomie	Rohrmoos	1 x 5	Heizöl

Projekt	Bezeichnung	Ort	Leistung	Betriebsmittel
Gasthof Löffele	Hotellerie	Weißbriach / Kärnten	3 x 5	Heizöl
Gasthof Mitteregger	Gastronomie	Kaprun	4 x 5	Erdgas
Gasthof Neuhof	Hotellerie	Neukirchen a.G.	2 x 5	Heizöl
Gasthof Schmied	Hotellerie	Arnfels	2 x 5	Heizöl
Gertrude Muhr	Mietshaus	Bad Aussee	1 x 5	Heizöl
GIG – Völkermarkt	Technologiepark	Völkermarkt / Kärnten	1 x 20	Erdgas
Hallenbad Ellmau	Sportanlage / Hallenbad	Ellmau / Tirol	2 x 60	Propan
Hallenbad Mallnitz	Sportanlage / Hallenbad	Mallnitz / Kärnten	2 x 60	Erdgas
Hallenbad Zell a. See	Sportanlage	Zell a. See / Salzburg	2 x 60	Erdgas
Höllhaus	Gastronomie	Tauplitzalm	2 x 5	Heizöl
Hotel Alber	Hotellerie	Mallnitz	4 x 5	Heizöl
Hotel Alte Post	Hotellerie	Bad Hofgastein	4 x 5	Heizöl
Hotel Angelika	Hotellerie	Neustift	2 x 5	Heizöl
Hotel Berghof	Hotellerie	Fügen	5 x 5	Heizöl
Hotel Bergland	Gastronomie	Hintertux	3 x 5	Heizöl
Hotel Bergland	Hotellerie	Hintertux	2 x 5	Heizöl
Hotel Central	Hotellerie	Seefeld	2 x 5	Erdgas
Hotel Charlotte	Hotellerie	Seefeld	1 x 5	Heizöl
Hotel Cristal	Hotellerie	Fulpmes	4 x 5	Heizöl
Hotel Erika	Hotellerie	Neustift	1 x 5	Heizöl
Hotel Forelle, Fam. Aniwanter	Hotellerie	Millstatt/ Kärnten	4 x 5	Heizöl
Hotel Gartnerkofel	Hotellerie	Naßfeld / Kärnten	4 x 5	Propan
Hotel Hayman	Hotellerie	Seefeld	1 x 5	Erdgas
Hotel Hilipolt	Hotellerie	Seefeld	3 x 5	Erdgas
Hotel Höhlenstein	Hotellerie	Hintertux	2 x 5	Heizöl
Hotel Kärntnerhof	Hotellerie	Bad Kleinkirchheim / Kärnten	1 x 30	Propan
Hotel Kern	Hotellerie	Döbriach	2 x 5	Heizöl
Hotel Kirchheimerhof	Hotellerie	Bad Kleinkirchheim / Kärnten	1 x 30, 1 x 60	Propan
Hotel Marienhof	Hotellerie	Millstatt	2 x 5	Heizöl
Hotel Moselpark	Hotellerie	Bernkastel-Kuess / BRD	1 x 60	Erdgas
Hotel Peternhof	Hotellerie	Kössen / Tirol	2 x 60	Propan
Hotel Pyrkerhöhe	Hotellerie	Bad Hofgastein	2 x 5	Heizöl
Hotel Seighof	Hotellerie	Saalbach	1 x 5	Heizöl
Hotel Selbach	Hotellerie	Rohrmoos	3 x 5	Heizöl
Hotel Sonne	Hotellerie	Saalbach	3 x 5	Heizöl
Hotel Sonnenalpe/Wulfenia	Hotellerie	Naßfeld / Kärnten	2 x 90	Erdgas
Hotel Sonnklar	Hotellerie	Fulpmes	1 x 5	Heizöl
Hotel Sportalm	Hotellerie	Zauchensee	3 x 5	Heizöl
Hotel Sunny	Hotellerie	Kirchberg /Tirol	1 x 60	Erdgas
Hotel Venedigerhof	Hotellerie	Neukirchen / Salzburg	1 x 60	Propan

Projekt	Bezeichnung	Ort	Leistung	Betriebsmittel
Hotel Vent	Hotellerie	Similaun	2 x 5	Heizöl
Hotel Waldfriede	Hotellerie	Fügen	3 x 5	Heizöl
Hotel/Pension Rosengarten	Hotellerie	Tux	1 x 5	Heizöl
Hotel/Pension Rosinger	Hotellerie	Waldbach / Steiermark	1 x 5	Propan
Hotelfachschule Villach	Öffentliches Gebäude	Villach / Kärnten	2 x 60	Erdgas
Hotelprojekt Saalbach	Hotellerie	Region Saalbach/Hinterglemm	10 x 5	Heizöl
HTBLA Kapfenberg	Öffentliches Gebäude	Kapfenberg/Steiermark	1 x 5	Erdgas
HTL Ferlach	Öffentliches Gebäude	Ferlach / Kärnten	1 x 90	Propan
J. Moser	Hotellerie	Saalbach	1 x 5	Heizöl
Jakob Eder	Reiterhof	Saalbach	4 x 5	Heizöl
Johannes Weber	Pension	Radstadt	2 x 5	Heizöl
Kaltschmid Hotelbetriebe	Hotellerie	Seefeld / Tirol	3 x 60	Erdgas
Karnerhof	Hotellerie	Droboiach / Kärnten	1 x 60	Propan
Karnischer Hof	Hotellerie	St. Stefan	2 x 5	Propan
Klinik Sonnenwende	Sanatorium	Bad Dürkheim / BRD	3 x 90	Erdgas
Klinik St. Hubertus	Sanatorium	Bad Wiessee / BRD	1 x 30, 1 x 60	Erdgas
Kohlerhof	Hotellerie	Fügen	4 x 4	Heizöl
Kollektor – Gryps	Industrie	Idrija / Slowenien	1 x 180	Propan
Koller & Hofmann	Gewerbe	Wien	1 x 5	Erdgas
Kolmhof	Hotellerie	Bad Kleinkirchheim / Kärnten	5 x 5	Propan
Kur- u. Altenheim Feistritz	Sanatorium	Feistritz--Drau/ Kärnten	1 x 60	Erdgas
Kur- u. Altenheim Fischerhof	Sanatorium	Sirnitz / Kärnten	1 x 60	Erdgas
Kurhaus Dr. Reichel	Hotellerie	Klagenfurt	4 x 5	Erdgas
Kurhotel Dr. Reichel	Kurhotel	Klagenfurt / Kärnten	4 x 5	Erdgas
Kursanatorium Alexanderbad	Sanatorium	Bad Alexanderbad / BRD	2 x 60	Erdgas
Landesfeuerwehrschule Klagenfurt	Öffentliches Gebäude	Klagenfurt / Kärnten	1 x 30	Propan
Landhaus Küchl	Hotellerie	Kirchberg	1 x 5	Heizöl
Lorenzoni Cafe	Hotellerie	Kirchberg /Tirol	1 x 5	Propan
Lorrenz Reiter	Gewerbe	Röhrmoos	1 x 5	Heizöl
Millstätter Hotel Kooperation	10 Hotels	Millstatt/Seeboden/Döbriach	17 x 5	DIV.
Oberdorfer – Werkstatt	Gewerbe	Feistritz--Drau/ Kärnten	1 x 5	Propan
Olympiazentrum Seefeld	Sportanlage	Seefeld / Tirol	2 x 90	Erdgas
OMV Schwechat	Vorfüranlage	Schwechat / Wien	1 x 5	Heizöl
ÖO Ferngas	Energieerzeuger	Linz / Oberösterreich	1 x 5	Erdgas
Parkhotel Schönbrunn	Hotellerie	Wien	3 x 90	Erdgas
Pension Frankhauser	Hotellerie	Stubaital	2 x 5	Heizöl
Pension Sperling	Hotellerie	Gröbming	2 x 5	Heizöl
Pension Wiedmoos	Hotellerie	Wagrain/Salzburg	1 x 5	Heizöl
Pflegeheim Terzbauer	Pflegeheim	Feldkirchen	4 x 5	Heizöl
Playcastle Seefeld	Freizeitzentrum	Seefeld / Tirol	2 x 90	Erdgas
Pogartitz	Vorfüranlage	Graz / Steiermark	1 x 5	Heizöl
rolf Henning Mayr	Hotellerie	Faaker See / Kärnten	1 x 60	Propan

Projekt	Bezeichnung	Ort	Leistung	Betriebsmittel
Rolf Henning Mayr	Kurhotel	Bad Dürkheim / BRD	2 x 5	Propan
Sanatorium Althofen	Sanatorium	Althofen / Kärnten	2 x 90	Erdgas
Schilchegger	Gewerbe	Eben	1 x 5	Heizöl
Schutzengel Apotheke	Gewerbe	Wien	1 x 5	Heizöl
Schwarzenbacher	Privathaus	Kleinarl	2 x 5	Heizöl
Seniorenheim Bürger	Sanatorium	Klagenfurt / Kärnten	3 x 5	Propan
Seniorenwohnheim Paracelsushof	Pflegeheim	Moosburg	1 x 5	Heizöl
Stadtwerke Bruck	Energieerzeuger	Bruck-Mur / Steiermark	1 x 20	Erdgas
Stadtwerke Gleisdorf	Energieerzeuger	Gleisdorf / Steiermark	1 x 180	Erdgas
Stadtwerke Schwaz	Energieerzeuger	Schwaz / Tirol	1 x 20	Erdgas
Stissenhaus	Privathaus	Feistritz--Drau/ Kärnten	1 x 5	Heizöl
Technologiepark Klagenf.	Technologiepark	Klagenfurt / Kärnten	1 x 20	Erdgas
Tenniscenter Obervellach	Sportanlage	Obervellach / Kärnten	1 x 20	Erdgas
Tennishalle Altenmarkt	Sport	Altenmarkt	1 x 5	Heizöl
Tennishalle Berger	Sportanlage	Wagrain/Salzburg	2 x 5	Heizöl
Tennishotel WAGREIN	Hotellerie / Sportanlage	Wagrain/Salzburg	2 x 5	Heizöl
Verban	Gewerbe	Leoben	1 x 5	Heizöl
Walchhofer Ruppert	Privat	Altenmarkt	1 x 5	Heizöl
Wech Geflügel	Industrie	Glanegg / Kärnten	1 x 90	Erdgas
Wittlinger Therapiezentrum	Pflegeheim	Walchsee	2 x 5	Heizöl
Wurmitzer	Versuchsanlage/Insel	Himmelberg / Kärnten	1 x 5	Propan
Zauchenseehof Altenmarkt	Hotellerie	Altenmarkt	1 x 5	Heizöl

#### Referenzliste mit der Produktlinie J 106

Projekt	Ort	Leistung	Betriebsmittel
Bollnäs	Schweden	1 x 70	Klärgas
Breisach	Deutschland	1 x 70	Erdgas
Camden Court	England	1 x 90	Erdgas
Friweika	Deutschland	3 x 70	Klärgas
Goslar	Deutschland	2 x 90	Erdgas
Kläranlage Mattighofen	Österreich	1 x 70	Klärgas
Kläranlage Mondsee	Österreich	1 x 70	Klärgas
Lingen	Deutschland	1 x 70	Klärgas
Merzig	Deutschland	2 x 90	Erdgas
Nortorf	Deutschland	1 x 90	Erdgas
Obajashi	Japan	2 x 70	Klärgas
Queen Elisabeth	England	1 x 90	Erdgas
Schöllner – Beckmann	Österreich	1 x 90	Erdgas
Warmnis	Tschechien	1 x 70	Erdgas

## 10.2.2 Referenzanlagen der Firma GE JENBACHER

Anlagen die von der Firma GE Jenbacher seit 2001 in Österreich errichtet wurden und eine elektrische Leistung von weniger als 1 MW aufweisen.

Projekt	Lieferung	Anzahl	Modulbez.	Gasart	Branche	Elektrische Leistung	Thermische Leistung
Deponie Frohnleiten	2001	1	JMC 212GS-L.L	Deponiegas	Deponie	511	347
KA Strass	2001	1	JMS 208GS-B.LC	Klärgas	Kläranlage	315	458
Austria Card	2001	1	JMS 208GS-N.LC	Pipeline Gas	Andere Industrieanlage	294	459
KH Zwettl	2001	1	JMS 212GS-N.LC	Pipeline Gas	Krankenhaus	511	654
ARA Meiningen	2001	1	JMC 312GS-B.LC	Klärgas	Kläranlage	601	743
Deponie Lustenau 2	2001	1	JMC 212GS-L.L	Deponiegas	Deponie	421	435
Deponie Rottner	2002	2	JGS 156GS-L.L	Deponiegas	Deponie	218	0
Uidl Biogas	2002	1	JMC 208GS-B.LC	Biogas	Landwirtschaft	330	409
Kohlroser Biogas	2002	1	JMC 208GS-B.LC	Biogas	Landwirtschaft	330	409
Bioenergie Heiligenkreuz	2002	1	JMS 212GS-B.LC	Biogas	Biomassevergärung	511	628
Biogas Edler	2002	1	JMS 208GS-B.LC	Biogas	Landwirtschaft	330	421
FW Edelschrott	2002	1	JMS 208GS-B.LC	Biogas	Biomassevergärung	330	206
KH Korneuburg	2002	1	JMS 156GS-N.LC	Pipeline Gas	Krankenhaus	143	191
Biogas Kicker	2002	1	JMS 208GS-B.LC	Biogas	Landwirtschaft	330	429
Biogasanlage Steyrbrücke	2002	1	JMS 156GS-B.LC	Klärgas	Kläranlage	143	213
KH Amstetten	2002	2	JMS 312GS-N.LC	Pipeline Gas	Krankenhaus	1.202	1.498
EVN Civitas Nova	2002	1	JMS 412GS-S.L	Holzgas	Objektversorgung	576	720
ARA Fritzens	2002	1	JMS 208GS-B.LC	Klärgas	Kläranlage	330	421
Deponie Frohnleiten 2	2002	1	JMC 312GS-L.L	Deponiegas	Deponie	625	766
Biogasanlage Feigl	2003	1	JMS 208GS-B.LC	Biogas	Biomassevergärung	330	421
Rosentaler Bio Kraftwerk	2003	1	JMS 212GS-B.LC	Biogas	Landwirtschaft	500	298

<b>Projekt</b>	<b>Lieferung</b>	<b>Anzahl</b>	<b>Modulbez.</b>	<b>Gasart</b>	<b>Branche</b>	<b>Elektrische Leistung</b>	<b>Thermische Leistung</b>
11er Nahrungsmittel	2003	1	JMS 208GS-B.LC	Biogas	Lebensmittelindustrie	330	405
Frisch und Frost	2003	1	JMS 316GS-B.LC	Biogas	Lebensmittelindustrie	836	977
AWV Schwechat	2003	1	JMS 208GS-B.LC	Klärgas	Kläranlage	330	421
Wenninger Biogas	2003	1	JMS 212GS-B.LC	Biogas	Biomassevergärung	500	272
Fernwärme Hofgastein	2003	1	JMS 316GS-N.LC	Pipeline Gas	Objektversorgung	778	1.020
Biogasanlage Bruck/Leitha	2003	2	JMS 316GS-B.LC	Biogas	Biomassevergärung	1.672	1.860
Kohlroser Biogas 212	2003	1	JMC 212GS-B.LC	Biogas	Landwirtschaft	500	281
Biogas Pfiel	2003	1	JMS 312GS-B.LC	Biogas	Biomassevergärung	500	517
Uidl Biogas 212	2003	1	JMC 212GS-B.LC	Biogas	Biomassevergärung	500	567
RWP Bioenergie	2003	1	JMS 212GS-B.LC	Biogas	Biomassevergärung	500	568
BGA SGE St. Margarethen	2004	1	JMC 212GS-B.LC	Biogas	Biomassevergärung	500	272
Biogasanlage König	2004	1	JMS 208GS-B.LC	Biogas	Biomassevergärung	330	392
Bioenergie Kallham	2004	1	JMS 208GS-B.LC	Biogas	Biomassevergärung	250	292

## 10.2.3 Referenzanlagen Firma LACKNER

### Dachs Heizkraftanlagen

Betreiber	Standort	Inbetriebnahme	Anzahl/Module	HKA Typ
Alpenpension Sperling	Gröbming	Nov 97	2 Stk.	Heizöl
Toferer Ernst	Altenmarkt	Feb 98	1 Stk.	Heizöl
Dafert Stefan	Radstadt	Mrz 98	1 Stk.	Heizöl
Pension Sonnhof	Radstadt	Apr 98	1 Stk.	Heizöl
Selmer GmbH	Seekirchen	Mai 98	1 Stk.	Heizöl
Solarstromtechnik	Bad Aussee	Mai 98	1 Stk.	Heizöl
Hotel Sportalm	Zauchensee	Jul 98	3 Stk.	Heizöl
Muhr Gertrude	Bad Aussee	Aug 98	1 Stk.	Heizöl
Hotel Alte Post	Bad Hofgastein	Okt 98	4 Stk.	Heizöl
Mück Reinhard	St. Peter/Kb .	Okt 98	1 Stk.	Heizöl
Küchl Michael	Kirchberg/T.	Okt 98	1 Stk.	Heizöl
Niederseer Hannes	Saalbach	Nov 98	1 Stk.	Heizöl
Gasthof Mitteregger	Kaprun	Nov 98	4 Stk.	Erdgas
Hotel Zauchenseehof	Zauchensee	Nov 98	1 Stk.	Heizöl
ÖAV Hollhaus	Tauplitzalm	Nov 98	2 Stk.	Heizöl
Ferienhaus Bliem	Rohrmoos	Dez 98	1 Stk.	Heizöl
Hotel Bergland	Tux	Dez 98	3 Stk.	Heizöl
Wirtshaus zum Jochberg	Finkenberg	Dez 98	1 Stk.	Flüssiggas
Hotel Pyrkerhöhe	Bad Hofgastein	Jän 99	2 Stk.	Heizöl
Pension Rosengarten	Lanersbach	Jän 99	1 Stk.	Heizöl
Hotel Neuhintertux	Hintertux	Mrz 99	3 Stk.	Heizöl
Elektro Rössler	Tamsweg	Mrz 99	1 Stk.	Heizöl
Elektro Schilchegger	Eben	Mrz 99	1 Stk.	Heizöl
Gasthof Schmied	Arnfels	Apr 99	2 Stk.	Heizöl
Schi- Lenz GmbH	Rohrmoos	Apr 99	1 Stk.	Heizöl
Hotel Selbach	Rohrmoos	Apr 99	3 Stk.	Heizöl
Accord Hotelpension	Flachau	Jul 99	1 Stk.	Heizöl
Hotel Schild	Wien	Sep 99	3 Stk.	Heizöl
Gasthof Ennsbrücke	Hall b. Admont	Nov 99	2 Stk.	Heizöl
Gasthof Rettensteiner	Hollenstein/Ybbs	Jul 00	2 Stk.	Heizöl
Rest. Kellerbauer	Vigaun	Aug 00	1 Stk.	Flüssiggas
Alpengasthof Kogelalm	Grießenkareck	Sep 00	3 Stk.	Flüssiggas
Pension Kielhuber	Ramsau/Dachstein	Mrz 01	3 Stk.	Flüssiggas
Gasthaus Krone	Neumarkt/Wallersee	Mai 01	2 Stk.	Erdgas
Gasthof Stegmüller	Gai/Trofaiach	Jul 01	2 Stk.	Flüssiggas
Hotel Post	Vent	Nov 01	2 Stk.	Flüssiggas



Betreiber	Standort	Inbetriebnahme	Anzahl/Module	HKA Typ
Pension Goies	Ladis	Nov 01	2 Stk.	Flüssiggas
Hotel Untersberg	Gartenau	Apr 02	3 Stk.	Erdgas
Weisser Lotus GmbH	Ostermiething	Apr 02	2 Stk.	Flüssiggas
Ponyhof	Ratten	Mai 02	4 Stk.	Flüssiggas
Greiner Johannes	D- Burgkirchen	Mai 02	1 Stk.	Heizöl
Prix AG/Hotel Bauer	Wien	Jun 02	1 Stk.	Erdgas
Prix AG/Angeligasse	Wien	Sep 02	2 Stk.	Erdgas
Gasthof Fischl	St. Oswald	Sep 02	2 Stk.	Flüssiggas
Hotel Tyrol	Altaussee	Sep 02	1 Stk.	Heizöl
Gasthof Digruber	Lackenhof	Sep 02	2 Stk.	Flüssiggas
Siebert	Obermillstatt	Sep 02	1 Stk.	Heizöl
Gasthof Sonnhof	Hohentauern	Nov 02	1 Stk.	Flüssiggas
Schisalettl Kraml	Rohrmoos	Dez 02	2 Stk.	Flüssiggas
Holzweber Peter	Wien	Juni 03	1 Stk.	Erdgas
Schneider-Gössl	Wien	Juni 03	1 Stk.	Erdgas
Blumen Weingartshofer	Korneuburg	Juni 03	2 Stk.	Erdgas
Stocker Tischlerei	Schladming	Aug 03	2 Stk.	Flüssiggas
Lampl Hermann	Zweinitz	Okt 03	1 Stk.	Flüssiggas
Völkl Karl	Ardning	Nov 03	1 Stk.	Flüssiggas
A-Prix Hotels/Ullmannstr.	Wien	Nov 03	1 Stk.	Erdgas
Gasthof Schett	Fürth	Dez 03	1 Stk.	Erdgas
Jahn	D- Burgkirchen	Dez 03	1 Stk.	Heizöl
Blumen Sterflinger	D- Burgkirchen	Jan 04	1 Stk.	Heizöl
Fliesen Merx GmbH	D- Burgkirchen	Jan 04	1 Stk.	Heizöl
Moser	D-Kirchweidach	Jan 04	1 Stk.	Heizöl
Huber Christoph	D- Halsbach	Jan 04	1 Stk.	Heizöl
Stefaniehof Wagner Gerhard	Laa an der Thaya	Jan 04	2 Stk.	Flüssiggas

### Diverse Blockheizkraftwerke

Betreiber	Standort	Inbetriebnahme	Anzahl/Module	BHKW Typ
Hotel Lacknerhof	Flachau	Okt 97	1 Stk.	Panda 35 Heizöl
Hotel Lacknerhof	Flachau	Okt 97	1 Stk.	Panda 50 Heizöl
Hotel Lacknerhof	Flachau	Okt 97	1 Stk.	Panda 100 Heizöl
Pension Austria	Rohrmoos	Feb 99	1 Stk.	Panda 35 Heizöl
Hotel Norica	Bad Hofgastein	Apr 99	1 Stk.	Panda 100 Heizöl
Hotel Alpina	Bad Hofgastein	Jul 99	1 Stk.	Panda 100 Heizöl
Bachlehen/Scherübl	Radstadt	Okt 99	1 Stk.	Panda 50 Heizöl
Gasthof Widmoos	Wagrain	Nov 99	1 Stk.	Panda 35 Heizöl

Betreiber	Standort	Inbetriebnahme	Anzahl/Module	BHKW Typ
Hotel Pichlmayrgut	Pichl-Preunegg	Dez 99	1 Stk.	Panda 100 Heizöl
Hotel Central	Altenmarkt	Jun 00	1 Stk.	Haats D 40 Heizöl
Hotel Post	Abtenau	Sep 00	1 Stk.	Haats D 40 Heizöl
Hotel Matschner	Ramsau/Dachstein	Okt 00	1 Stk.	OD G70 Flüssiggas
Scharfetter Specherstube	Flachau	Okt 00	1 Stk.	Panda 35 Heizöl
Hotel Knollhof	Ramsau/Dachstein	Nov 00	1 Stk.	Haats D 40 Heizöl
Hotel Edelweiß	Ramsau/Dachstein	Dez 00	1 Stk.	Haats G 40 Flüssiggas
Hotel Schelch	Trofaiach	Dez 00	1 Stk.	Haats G 40 Erdgas
Freizeitcenter Brötzner	Köstendorf	Jul 01	1 Stk.	Panda 50 Heizöl
Hotel Bokan	Graz	Aug 01	1 Stk.	OD G90 Erdgas
Pension Landauer	Rohrmoos	Dez 01	1 Stk.	OD G70 Flüssiggas
Hotel Waldheimathof	Alpl	Feb 02	2 Stk.	OD G70 Flüssiggas
Hallenbad Ramsau	Ramsau	Jan 03	1 Stk.	OD G70 Flüssiggas
Stanglalm	Mitterdorf	Jan 03	1 Stk.	Miturbo Powertherm
Marianneum	Wien	Mai 03	1 Stk.	Buderus DN 20
Fasching OHG	Fischbach	Sep 03	1 Stk.	Buderus DN 20
Hotel Lacknerhof	Flachau	Dez 03	2 Stk.	ODG 70

## 10.3 Anhang C: Spezifikationsblätter von ausgewählten Motor-BHKW-Anlagen

### 10.3.1 Ecopower-Modul

Auszug aus dem Datenblatt eines Ecopower-Moduls. (Quelle: <http://www.ecopower.de>, September 2003)

#### Technische Daten

In diesem Kapitel werden die technischen Daten der Anlage angegeben sowie einige Begriffe kurz erklärt.

Das Mini – BHKW kann monovalent oder bivalent betrieben werden und muss an einen Zwischenspeicher angeschlossen werden.

Brennstoff: Erdgas: I2H; I2E; I2L; I2ELL    Min. Methanzahl: 59  
 Flüssiggas: I3P/B (Propan)    Min. Oktanzahl: MOZ EN 589 92

#### Motor Gasmotor

Für lange Laufzeiten entwickelter wassergekühlter Einzylinder 4 – Takt Hubkolben Verbrennungsmotor mit 272 cm<sup>3</sup>.

Elektrische Leistung, modulierend <sup>48</sup>	2,0 – 4,7 kW
Thermische Leistung, modulierend <sup>49</sup>	6,0 – 12,5 kW
Aufgenommene Leistung	8,8 – 19,0 kW
Ges. Wirkungsgrad, Brennstoffnutzung	> 90%
Drehzahlbereich	1700 – 3600 U/min
Brennstoffverbrauch (Erdgas)	0,8 m <sup>3</sup> - 1,9 m <sup>3</sup> pro Std.
Maximaler Anschlussgasdruck	50 mbar
Maximaler Anlassstrom	10 A
Motoren Temperaturen:	Betrieb: 75°C; Maximal: 95°C
Kühlwassertemperaturen:	Betrieb: 75°C; Maximal: 95°C
Abgastemperaturen Betrieb:	< 90°C; Maximal: 120°C
Emissionswerte:	½ TA - Luft (3-Weg-Katalysator) < LRV – 98 = strengste europäische Abgasvorschrift
Abgasführung	Abgasleitung Typ B Max. Länge: 20 m mit sechs 90° Kurven Minimaler Durchmesser 70 mm Gesamtwiderstand 0,5 mbar Max. Überdruck 2,3 mbar mit Windeinfluss über Siphon in die Kanalisation (max. 2 l/h).
Kondensatablass	Anschluss Durchmesser 40 mm Rohr-Durchmesser Min.: 30 mm
Verbrennungsluft:	Nach örtlichen Vorschriften aus dem Aufstellraum oder Frischluft von außen
Luftzufuhr	Max. Länge: 20 m mit sechs 90° Kurven Min. Durchmesser 70 mm
Schalldruckpegel	ca. 56 dB (A) an einem üblichen Aufstellort

<sup>48</sup> Je nach Gasqualität und Luftdruck

Wartungsintervall (je nach Betriebsart)	alle 4000 Std, oder mindestens 1 mal jährlich
Wartungsumfang:	Austausch von Verschleissteilen (Öl, Filter, Zündkerzen,Zündkabel) Prüfung des Motors über alle Drehzahlen Überprüfung der Bediener- funktionen, der Leistung, der Betriebssicherheit und der Emissionswerte
Erwartete Lebensdauer des Motors:	40 000 Std.; (je nach Betriebsart und Wartung)
Generator:	Brushless – Permanentmagnet – Generator Direktkoppelung Schwung- rad – Rotor, Wasserkühlung, Maximale Betriebstemperatur 125°C
Wechselrichter:	Dreiphasen Wechselrichter mit integrierter Sicherheitsüberwachungen durch einen $\mu$ -Controller
Spannung / Frequenz / $\cos\varphi$	3 x 400 V / 50 Hz / 0,98 – 1,00
Phasenfolge	Die Netzphasenfolge wird bei jedem Start neu gemessen und gegebenenfalls umgeschaltet
Phasenlage	entspricht der Netzphasenlage
Überwachungsfunktionen Stromnetz	Überspannung, Unterspannung, Frequenz, Phasenströme, Leistungsfluss, Phasenausfall / Netzausfall, Leistungsfaktor $\cos\varphi$
Steuerung	Heizungssteuerung, Speicherbewirtschaftung und Sicherheitsüber- wachungen mit einem $\mu$ - Controller. Gesamthaft sind im Mini – BHKW drei $\mu$ - Controller implementiert, die sich gegenseitig überwachen.
Motormanagement	Regelkreis zur optimalen Gemischaufbereitung ( $\lambda$ - 1 Regelung) und Überwachung des Motorbetriebes mit einem $\mu$ - Controller
Überwachung BHKW	Fehler der Fühlerfunktionen (Unterbruch; Kurzschluss), Motoröldruck, Motortemperatur, Drehzahl, Thermostaten (Kapseltemperatur, Abgas, Kühlwasser Mini -BHKW), Abgasdrucküberwachung, Laufzeiten, Startanzahl; Fehlstartanzahl
Überwachungsfunktionen Gasnetz	Gasdruck zu tief (min. 15 mbar)
Heizregelung	Temperaturmessungen (Aussen, Raum, Vorlauf, Rücklauf, Speicher); alle Temperatur - Sensoren NI 1000 (DIN 43760) Regelung der Drehzahl des Motors aufgrund des zu erwartenden täglichen Wärmebedarfs (Wärmeführung) Regelung der Drehzahl aufgrund des aktuellen Strom- bezuges oder generell zu Spitzenzeiten in gewissen Grenzen (Strom- führung, sekundär8) Optimierung der Drehzahlkurve über den ganzen Tag Automatische Einstellung des vorprogrammierten Heizzyklus (Tag, Nacht, Komfort) Automatische Umstellung Winter-/Sommerbetrieb
Heizungs Rücklaufftemperatur	max. 60°C
Heizungs Vorlaufftemperatur	max. 70°C
Warmwasser Einstellbar:	20° - 60°C; Sicherheitsabschaltung: 80°C
Display	Anzeige des aktuellen Heizstatus Eingabe der Heizparameter Abfrage der Temperaturen, Leistungen, produzierter Energie, Zeiten, Heizkurven usw. Anzeige der Fehlermeldungen
Schnittstellen	Schnittstelle RS 232 und RS 4859 für den Anschluss eines PC's (oder Modems für Fernwartung) für den Serviceinstallateur zur Abfrage und Einstellung der BHKW Parameter.
Aufstellort	Heizraum nach ortsüblichen Vorschriften (z.B. DVGW)
Gewicht Mini - BHKW	ca. 390 kg
Mittlere Bodenbelastung Mini - BHKW	375 kg/m <sup>2</sup>
Modul - Masse	1370 mm x 762 mm x 1085 mm (Länge x Breite x Höhe)
Platzbedarf	ca. 4 m <sup>2</sup> (Abbildung 22)

---

<sup>49</sup> Das Verhältnis zwischen thermischer und elektrischer Leistung ist über den gesamten Leistungsbereich annähernd konstant

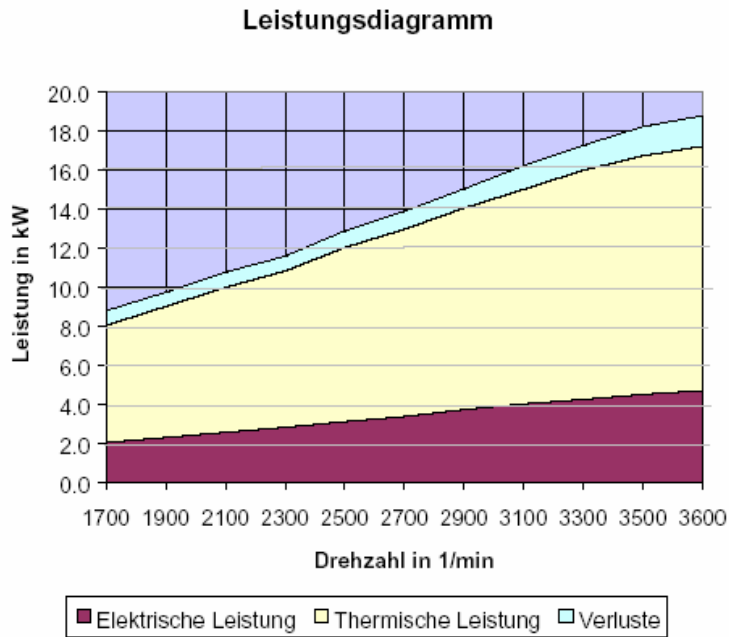
Anschlüsse

Vor- und Rücklauf der Heizwasserleitungen, Erdgaszuleitung, Abgasleitung mit Kondensatablass, Zuluft, elektrischer Netzanschluss, Temperatursensoren, Steuersignale, Pumpen, Mischventile

**Leistungsdiagramm**

Die thermische- und elektrische Leistung sowie die Verlustleistung des Mini - BHKW in Abhängigkeit der Drehzahl wird im folgenden Diagramm ausgewiesen.

**Abbildung 52** Leistungsdiagramm eines Mikro-BHKWs




### 10.3.2 Technische Daten „Dachs“-Heizkraftanlage (Quelle: Senertec)

# Der Dachs

Der Kessel, der sein Geld verdient

## Technische Daten - HKA\*

Typ <sup>1)</sup>	DACHS	HKA G 5.5	HKA G 5.0 Low NOx	HKA F 5.5 Low NOx	HKA HR 5.3	
Brennstoff	Erdgas	Erdgas	Erdgas	Flüssiggas	Heizöl EL <sup>5)</sup>	Biodiesel (RME)
elektrische Leistung [kW]*	5,5	5,0	5,0	5,5	5,3	5,3
thermische Leistung [kW]**	12,5	12,3	12,5	12,5	10,5	10,3
Leistungsaufnahme [kW]**	20,5	19,6	20,5	20,5	17,9	17,6
Hilfsenergie im Betrieb [kW <sub>el</sub> ]**	0,13			0,15		
max. Vorlauftemperatur	83 °C					
max. Rücklauftemperatur	70 °C					
Spannung / Frequenz	3 - 230 V / 400 V 50 Hz					
Wirkungsgrad****						
- elektrisch	27%	26%	27%	27%	30%	30%
- thermisch	61%	63%	61%	61%	59%	59%
- Brennstoffnutzung <sup>2)</sup>	88%	89%	88%	88%	89%	89%
Stromkennzahl	0,44	0,41	0,44	0,44	0,50	0,51
Schallemission [dB(A)] nach DIN 45635-01	52 - 56			54 - 58		
Abgasemission < TA- Luft <sup>3)</sup>	X				X	X
Abgasemission < 1/2 TA- Luft <sup>3)</sup>		X	X			
Nutzungsdauer	bis zu 80.000 Betriebsstunden bei Wartung gemäß Serviceplan und Instandhaltung					
Wartung [Betriebsstunden]	3.500	3.500	3.500	3.500	2.700	Empfohlen: 1400
Minimum Methanzahl <sup>4)</sup>	35	35	35			
Abgasführung	Gemeinsame Abgasführung mit Heizkessel möglich. Abgasleitung mit oder ohne Nebenluftzuführung.					
Aufstellort	Nach den Regeln der Feuerstättenverordnung					
Maße						
Breite (ohne Regler) [cm]	72					
Länge [cm]	107					
Höhe [cm]	100					
Gewicht [kg]	520					



**SENERTEC**  
KRAFT - WÄRME - ENERGIESYSTEME

Carl - Zeiss - Strasse 18  
97424 Schweinfurt  
Telefon: 09721/651 - 0  
Telefax: 09721/651 - 203  
Internet: www.senertec.de  
Email: info@senertec.de



**HKA G und F**

- 1: Gasmischer
- 2: Ansaugschalldämpfer
- 3: Gas-Multiblock
- 4: Startgasventil
- 5: Abgassutzen
- 6: Motor
- 7: Zündung
- 8: Gasmengeregulierung
- 9: Transportsicherung
- 10: Generator
- 11: Regler und Überwachungseinheit



- 12: Kühlwasserpumpe
- 13: Abgaswärmetauscher mit Oxidationskatalysator
- 14: Abgasschalldämpfer
- 15: 12V Anlasser
- 16: 3-Phasen-Netzstartgerät
- 17: Transportsicherung
- 18: Grundrahmen mit Ansaugeräudämpfer
- 19: Bodenwanne mit Gummilagern
- 20: Auffangwanne
- 21: federelastisch gelagerter Motorträger
- 22: Motorölfilter



**HKA HR**

- 23: Heizölaustritt
- 24: Heizöl Eintritt
- 25: Abgaswärmetauscher mit Rußfilter
- 26: Steuerung Einspritzpumpe
- 27: Einspritzpumpe
- 28: Heizölpumpe
- 29: Heizölfilter (intern)

### Effektive Einsatzfälle

Ein- und Mehrfamilienhäuser, Handwerksbetriebe, Bäckereien, Metzgereien, Werkstätten, Autohäuser, Hotels und Pensionen, Alten- und Pflegeheime, Schulen, Kindergärten, Sporthallen, Gemeindezentren, Hallenbäder, Landwirtschaftliche Betriebe, Kirchliche Einrichtungen

### Prüfzeichen

Typprüfung durch TÜV Bayern / Sachsen, DVGW Qualitätszeichen, In den wichtigen Eigenschaften konform mit der VDEW - Richtlinie für Eigenerzeugungsanlagen in netzparallelen Betrieb, CE Zertifizierung CE-0085BL0592

Technische Änderungen und Irrtum vorbehalten

# Der Dach

## Der Kessel, der sein Geld verdient



### Die DACHS Heiz-Kraft-Anlage

arbeitet nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung. Ein Verbrennungsmotor treibt einen Generator an, der elektrische Energie erzeugt. Die bei diesem Prozeß gleichzeitig anfallende Wärme am Motor und Generator wird zu etwa 90% genutzt und direkt in das Wärmenetz des Gebäudes (Heizung / Warmwasserbereitung) eingespeist.

Die elektrische Leistung der verschiedenen Ausführungen der Heizkraftanlagen (HKA) variiert zwischen 5,0 und 5,5 kW, die thermische Leistung von 10,3 bis 12,5 kW. Die HKA arbeitet netzparallel. Wärme und Strom werden zur gleichen Zeit erzeugt.

### Der Motor:

Der Einzylinder - 4 - Takt Spezialmotor mit ca. 580 cm<sup>3</sup> Hubraum ist bei Wartung gemäß Serviceplan und Instandhaltung für bis zu 80.000 Betriebsstunden ausgelegt.

### Der Generator:

Der speziell entwickelte wassergekühlte Asynchrongenerator ist fest mit dem Motor verschraubt, und wird über ein einstufiges Getriebe von diesem angetrieben. Die Nenn-Wirkleistung von 5,5 kW wird mit einem Wirkungsgrad bis 91% und einem cos  $\varphi$  bis 0,9 erbracht.

### Die Kapselung:

Die Anlage ist mit einer Schall- und Wärmeschutzkapsel ausgestattet. Der Schalldruckpegel in 1m Abstand beträgt ca. 56 dB(A), nach DIN 45635 (reflexionsarmer Schallmeßraum). Zur Vermeidung von Körperschall sind alle Anschlüsse flexibel (Wasser, Gas) oder entkoppelt (Abgas) ausgeführt.

### Die Regelung:

Die Anlage wird vom Wärmebedarf geführt. Die integrierte Mikroprozessorenregelung sichert eine konstante elektrische Leistung, regelt und überwacht die HKA, die Wärmeenergie sowie das Heiz-, Gas-, und Stromnetz. Ein Strom - Lastmanagement ist als Zubehör erhältlich.

### Skalierbare Leistung:

Bis zu 6 Module können über einen integrierten Leitregler vernetzt und betrieben werden.

### Die Wartung:

Ein Service nach Serviceplan ist bei den Gas-HKA nur alle 3.500, bei der Heizöl-HKA alle 2.700 Betriebsstunden erforderlich. Eine Anzeige am Regler weist auf die notwendige Wartung hin.

### Die Abgasführung:

Das Abgas wird in der Regel über ein spezielles Einführungsstück drucklos in das Kesselrauchrohr oder den Schornstein eingeleitet. Die Abgastemperatur beträgt ca. 150°C.

Bei der HKA läßt sich die Abgastemperatur mit einem zusätzlichen Kondensationsabgaswärmetauscher (HKA - Kondensator) noch weiter reduzieren. Die Abgase werden dann über eine Abgasleitung abgeführt. Die Brennstoffnutzung kann, je nach Umgebungs- und einsatzbedingungen, bis über 100% (bezogen auf H<sub>u</sub> des eingesetzten Brennstoffs) steigen.

### Die Fernüberwachung:

Die Anlage kann über eine integrierte Schnittstelle überwacht und gesteuert werden.

### Die Umwelt:

Das Motorkonzept der GAS-HKA (Magermotor) ermöglicht niedrige NOx-Werte kleiner TA- Luft (Feb. 1986). In der LowNOx Variante sinkt der NOx Anteil auf Werte kleiner 1/2 TA- Luft (Feb. 1986). Ein integrierter Katalysator konvertiert CO und HC. Bei der Heizöl-HKA reduziert ein Rußfilter die Rußzahl. Die gleichzeitige Strom- und Wärmeenergieerzeugung nutzt die Primärenergie bis fast 100%. Im Gegensatz zur üblichen, getrennten Strom und Heizenergieerzeugung können erhebliche Mengen Primärenergie eingespart und CO<sub>2</sub> Emissionen vermieden werden.

### Die DACHS Familie

#### DACHS bivalent:

Die optimale Ergänzung zum Kessel

#### DACHS S:

Die komplette Energiezentrale

#### DACHS NE:

Sicherheit bei Stromausfall

#### DACHS WRA:

Die autarke Energieversorgung

#### DACHS Kondensator:

Zeitgemäße Brennwertechnik

#### Brennstoffe:

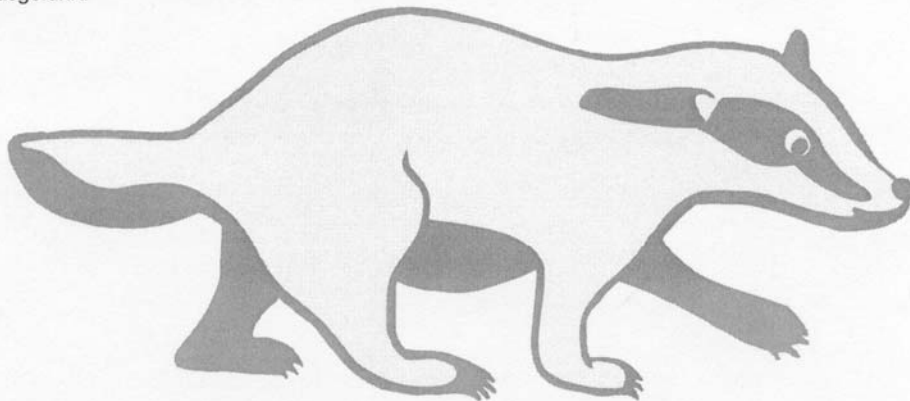
Erdgas, Flüssiggas, Heizöl, Biodiesel

#### Leistung:

5,0 - 5,5 kW elektr.,  
10,3 - 12,5 kW therm.

#### Nutzungsdauer:

bis zu 20 Jahre, abhängig von den jährlichen Betriebsstunden, bei Wartung gemäß Serviceplan und Instandhaltung.



Als nächstes kommt ein Dach ins Haus...

### 10.3.3 Buderus Modul /L 33/

#### Konzeption

Die Blockheizkraftwerke von Buderus sind in Modulbauweise ausgeführt, in fünf Varianten lieferbar und miteinander kombinierbar. Die elektrische Leistung eines Moduls beträgt 18, 45, 65, 120 oder 230 kW, die thermische Leistung 34, 78, 114, 200 oder 358 kW. Alle Komponenten eines Kraftwerks sind in eine stabile Rahmenkonstruktion eingebettet, die eine schallgedämpfte Verkleidung hat. Das Arbeitsgeräusch eines Moduls liegt je nach Größe zwischen 59 und 75 dB(A). Diese und andere technische Merkmale werden in einem werkseitigen Probelauf bei jedem Blockheizkraftwerk-Modul ermittelt, dokumentiert und dem Anwender in Form eines Protokolls ausgehändigt.

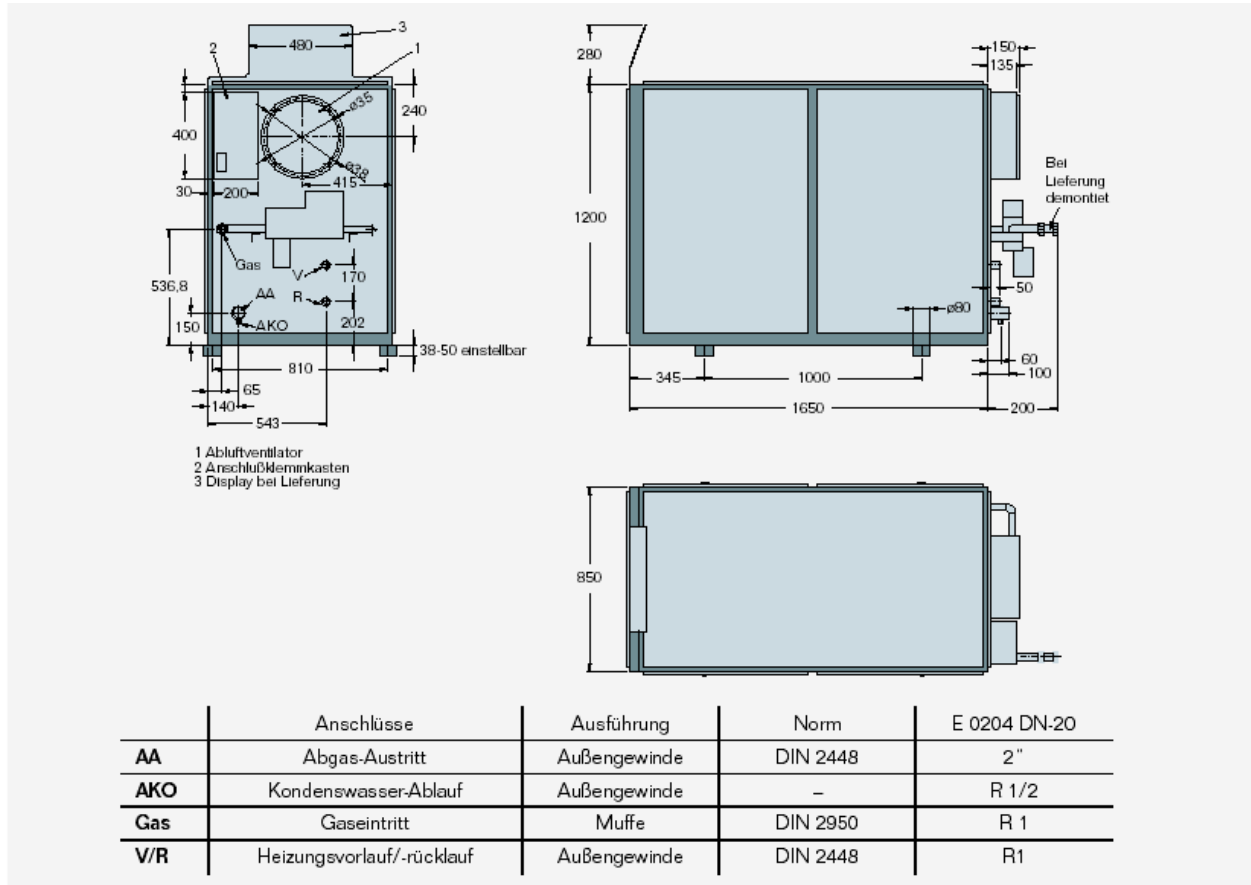
Die elektrische Energie (Drehstrom mit 400 Volt und 50 Hertz, der den Gegebenheiten vor Ort entsprechend transformiert wird) erzeugt ein Synchrongenerator, den ein erdgasbetriebener Otto-Motor mit vier bis zwölf Zylindern und geregelterm Abgas-Katalysator antreibt. Die dabei anfallende Wärme im Schmieröl, Kühlwasser und Abgas des Motors wird zum Heizen mit einer Vorlauftemperatur von 90 °C genutzt.

#### Lieferumfang

Rahmen	Zur Aufnahme von Motor, Generator, Schaltfeld und Wärmetauschern
Gas-Otto-Motor	Gas-Otto-Motor des Motorenherstellers in so genannter Lambda-1-Ausführung
Wärmetauscher	Entsprechend Druckbehälterverordnung Gruppe II, AD-Merkblättern und DIN 4751
Synchrongenerator	Für den Netzersatzbetrieb
Abgasreinigungsanlage	Zur Reduzierung der Schadstoff-Emissionen
Abgasschalldämpfer	Zur Minderung der Abgasgeräusche
Schaltanlage	Mit Mikroprozessor-Steuerung, Generatorleistungs-, Steuer-, Überwachungs- und Hilfsantriebsanteil
Schnittstelle	Zur Datenübertragung der Blockheizkraftwerk-Parameter an die Gebäudeleittechnik
Fernwirksystem	Zum Übertragen von Betriebs- und Störmeldungen über potenzialfreie Kontakte
Starteranlage	Mit Ladegerät und wartungsfreien, rüttelfesten Batterien
Gasregelstrecke	Mit TAE, schwingungsgedämpft montiert und angeschlossen (nach DVGW und DIN 6280-14)
Schmieröl-Versorgung	Mit Vorratstank, Schmieröl-Niveau-Automatik und außen liegendem Schauglas
Schalldämmhaube	Zur Minderung der Betriebsgeräusche in schallempfindlicher Umgebung wie Schulen oder Krankenhäuser
Abluftventilator	Für den Abluftkanal mit maximal 500 Pa Pressung
Fehlerspeicher	Zum Protokollieren von Störungen und zur Störungsanalyse
Historienspeicher	Zur chronologischen Aufzeichnung der wichtigsten Betriebsparameter eines Blockheizkraftwerks
Protokoll	Protokoll des werkseitigen Probelaufs nach DIN 6280-15
Dokumentation	Entsprechend DIN 6280-14 (in dreifacher Ausfertigung in Deutsch)
Zertifizierungsnachweis	Nach DIN ISO 9001 bzw. EN 29001, 90/396/EEC Gasgeräte-Richtlinie CE



Technische Daten /L 40/		E 0204	E 0824	E 0826	E 1306	E 2212
		DN-20	DN-40	DN-60	DN-100	DN-200
Elektrische Leistung <sup>1)</sup>	kW	18	45	65	120	230
Nutzwärme	kW	34 <sup>2)</sup>	78 <sup>2)</sup>	114 <sup>2)</sup>	200 <sup>2)</sup>	358 <sup>3)</sup>
Brennstoffeinsatz H (Erdgas)	kW	58	134	198	350	649
Elektrischer Wirkungsgrad	%	31,0	33,3	32,8	34,3	35,4
Thermischer Wirkungsgrad	%	58,6	58,1	57,6	57,1	55,2
Gesamtwirkungsgrad	%	89,6	91,5	90,4	91,4	90,6
Länge	mm	1670	2840	2840	3400	3500
Breite	mm	850	900	900	900	1300
Höhe	mm	1420	1800	1800	1800	2000
Leergewicht	kg	900	2000	2100	3300	4590
Betriebsgewicht	kg	1000	2200	2300	3500	4826
Motor-Fabrikat		VW	MAN	MAN	MAN	MTU
Motor-Typ		AEG	E 0824 E	E 0826 E	E 2876 E	G12V183A
Motor-Leistung <sup>4)</sup>	kW	20	47	69	126	240
Motor-Drehzahl	1/min	1500	1500	1500	1500	1500
Heizwasser-Eintrittstemperatur	°C	70	70	70	70	70
Heizwasser-Austrittstemperatur	°C	90	90	90	90	90
Max. Betriebsdruck Heizung	bar	10	16	16	16	10
Heizwasser Druckverlust über Modul	bar	0,10	0,10	0,10	0,15	0,40
Gasvordruck vor TAE	mbar	20-50	25-50	25-50	25-50	20-50
Abgas-Emissionen NOx	mg/Nm <sup>3</sup>	250	250	250	250	250
CO	mg/Nm <sup>3</sup>	325	325	325	325	325
Zul. Abgasgegendruck	mbar	2500	2000	2500	2500	2500
Abgasschalldruckpegel <sup>5)</sup>	dB(A)	54	77	73	89	70
Schalldruckpegel mit Schalldämmhaube <sup>5)</sup>	dB(A)	59	65	68	71	78
Max. Zuluftmenge	m <sup>3</sup> /h	> 1600	> 2600	> 2700	> 4365	> 8150
Max. Abluftmenge	m <sup>3</sup> /h	1500	2500	2500	4000	7380
Max. Pressung Ablüfter	Pa	20	500	500	500	200
Volumen Schmieröl-Vorratstank	l	16	70	70	70	100
Schaltanlage integriert		ja	ja	ja	ja	nein
Absicherung NSHV (Empfehlung)	A	50	100	125	250	500
Wartungsintervall nach Einfahrphase <sup>6)</sup>		2000	1800	1800	1800	1800
Gasgeräte Registriernummer		CE 0433BM0005				
1) Leistung bei $\cos \varphi = 1$ gemäß VDE 0530 2) Wärmebilanz mit 5 % Toleranz 3) Wärmebilanz mit 8 % Toleranz 4) Leistung nach DIN ISO 3046-1 bei 100 kPa Luftdruck, 25 °C Lufttemperatur und 30 % relative Luftfeuchte; nicht überlastbar 5) nach DIN 45635 als Freifeldmessung 6) Bei Einsatz von vom Hersteller freigegebenem synthetischem Gasmotoröl						



## 10.3.4 Oberdorfer BHKW Module OD 70 und OD 90 (basierend auf Erdgas als Energieträger)

### 10.3.4.1 Technische Beschreibung OD 70 NG V02 Erdgas BHKW Modul

**ELEKTRISCHE LEISTUNG:** 70 kW

**THERMISCHE LEISTUNG:** 119kW

**EMISSIONSWERTE (bez. auf 5% O<sub>2</sub>):**

**NO<sub>x</sub>:** 250 mg/Nm<sup>3</sup>

**CO:** 325 mg/Nm<sup>3</sup>

**NMHC:** 150 mg/Nm<sup>3</sup>

#### Technische Hauptdaten

Treibgas Hu		kWh/Nm <sup>3</sup>		9,5		
Daten bei:				Volllast	Teillast	
				100%	75%	50%
Zugeführte Leistung:		kW	[2]	220	176	131
Gasmenge		Nm <sup>3</sup> /h	*)	23	19	14
Mechanische Leistung		kW	[1]	75	56	38
Elektrische Leistung		kW el.	[4]	70	53	35
nutzbare thermische Leistung:						
~ Gemisch		kW		2	0	0
~ Kühlwasser + Öl		kW		55	50	41
~ Abgas bei Abkühlung auf 120°C		kW		62	48	34
Summe nutzbare, thermische Leistung		kW		119	98	75
Summe abgegebener Leistung		kW total		189	151	110
Abzuführende thermische Leistung:						
~ Gemisch		kW		~	~	~
~ Strahlungswärme	ca.	kW	[7]	13	12	11
~ Restwärme		kW		4	4	3
spez. Kraftstoffverbrauch		kWh/kWh	[2]	2,93	3,14	3,45
Schmierölverbrauch	ca.	kg/h	[3]	0,02	~	~
Elektrischer Wirkungsgrad		%		31,8%	30,1%	26,7%
therm. Wirkungsgrad		%		54,1%	55,7%	57,3%
Gesamtwirkungsgrad		%	[6]	85,9%	85,8%	84%
Warmwasserkreis:						
Vorlauftemperatur max.		°C		90	86,5	82,6
Rücklauftemperatur max.		°C		70	70	70
Warmwasserdurchflußmenge (+/-8%)		m <sup>3</sup> /h		5,1	5,1	5,1

\*) als Richtwert zur Rohrleitungsdimensionierung

[ ] diverse Erklärungen: siehe Technische Randbedingungen (separates Dokument; von der Fa. Oberdorfer verfügbar)

## **Hauptabmessungen**

Länge	mm	3300
Breite	mm	910
Höhe	mm	1850
Gewicht trocken	kg	2730
Gewicht gefüllt	kg	2800

## **Anschlüsse**

Warmwasserein - und Austritt (Übergabewärmetauscher)	DN/PN	32/10
Abgasaustritt (nach Schalldämpfer)	DN/PN	100/10
Treibgas (an der Regelstrecke)	G	1 1/2"
Treibgas (am Modul)	G	1 1/2"
Kühlwasser - Entleerung ISO 228	G	1/4"
Kondensatablaß (Austritt Abgas WT)	mm	1/2"
Sicherheitsventil - Motorkühlwasser ISO 228	DN/PN	1 1/4" / 2,5
Schmierölnachfüllung	mm	40
Schmieröleentleerung	G	1/2"
Motorkühlwasser - Füllanschluß (Schlauch, Innen)	mm	13
Gemischkühler - Eintritt/Austritt (Rohr)	mm	18

### 10.3.4.2 Technische Beschreibung OD 90 NG V01 Erdgas BHKW Modul

**ELEKTRISCHE LEISTUNG: 90 kW**

**THERMISCHE LEISTUNG: 136 kW**

**EMISSIONSWERTE (bez. auf 5 % O<sub>2</sub>):**

**NO<sub>x</sub>: 500 mg/Nm<sup>3</sup>**

**CO: 650 mg/Nm<sup>3</sup>**

**NMHC: 150 mg/Nm<sup>3</sup>**

#### Technische Hauptdaten

Treibgas Hu		kWh/Nm <sup>3</sup>		9,5		
Daten bei:				Vollast	Teillast	
				100%	75%	50%
zugeführte Leistung:		kW	[2]	270	214	157
Gasmenge		Nm <sup>3</sup> /h	*)	28	23	17
mechanische Leistung		kW	[1]	95	71	48
elektrische Leistung		kW el.	[4]	90	67	45
nutzbare thermische Leistung:						
~ Gemisch		kW		~	~	~
~ Kühlwasser + Öl		kW		59	57	49
~ Abgas bei Abkühlung auf 120°C		kW		77	57	40
Summe nutzbare, thermische Leistung		kW		136	114	89
Summe abgegebene Leistung		kW total		226	181	134
abzuführende thermische Leistung:						
~ Gemisch		kW		9	3	0
~ Strahlungswärme	ca.	kW	[7]	13	13	12
~ Restwärme		kW		5	4	3
spez. Kraftstoffverbrauch		kWh/kWh	[2]	2,84	3,01	3,27
Schmierölverbrauch	ca.	kg/h	[3]	0,03	~	~
elektrischer Wirkungsgrad		%		33,3%	31,3%	28,7%
therm. Wirkungsgrad		%		50,4%	53,3%	56,7%
Gesamtwirkungsgrad		%	[6]	83,7%	84,6%	85,4%
Warmwasserkreis:						
Vorlauftemperatur		°C		90	86,6	83,1
Rücklauftemperatur		°C		70	70	70
Warmwasserdurchflußmenge (+/-8%)		m <sup>3</sup> /h		5,8	5,8	5,8

\*) als Richtwert zur Rohrleitungsdimensionierung

[ ] diverse Erklärungen: siehe Technische Randbedingungen (separates Dokument; von der Fa. Oberdorfer verfügbar)

## **Hauptabmessungen**

Länge	mm	3300
Breite	mm	910
Höhe	mm	1850
Gewicht trocken	kg	2730
Gewicht gefüllt	kg	2800

## **Anschlüsse**

Warmwasserein- und Austritt (Übergabewärmetauscher)	DN/PN	32/10
Abgasaustritt (nach Schalldämpfer)	DN/PN	100/10
Treibgas (an der Regelstrecke)	G	1 1/2"
Treibgas (am Modul)	G	1 1/2"
Kühlwasser-Entleerung ISO 228	G	1/4"
Kondensatablaß (Austritt Abgas WT)	mm	1/2"
Sicherheitsventil-Motorkühlwasser ISO 228	DN/PN	1 1/4" / 2,5
Schmierölnachfüllung	mm	40
Schmieröleentleerung	G	1/2"
Motorkühlwasser-Füllanschluß (Schlauch, Innen)	mm	13
Gemischkühler-Eintritt/Austritt (Rohr)	mm	18

## 10.4 Anhang D: Instandhaltungsvertrag gemäß VDMA-Spezifikationen<sup>50</sup>



Richtpreisübersicht BHKW-Anlagen 2001  
BHKW-Servicevertrag und Leistungsverzeichnis, VDMA 1998



Beschreibung der Tätigkeiten an den einzelnen Komponenten	Leistungs- umfang		Art der Tätigkeit	Intervall		Bemerkungen  Bei der Art der Tätigkeit wird unterschieden nach: B = Bedienen I = Inspizieren W = Warten und S = Instandsetzen } Bestand- teile der Instand- haltung!
	Auftraggeber	Auftragnehmer		Betriebsstunden	Zeitintervall	
<b>0. Betriebsführung</b>	X					
Sichtkontrolle der Gesamtanlage: Kontrolle der Anzeiginstrumente Kontrolle auf Vibrationen und Laufgeräusche, Befestigungen Dichtigkeitskontrolle, besonders Schläuche usw.	X X X		B B B		täglich	
Führung des Betriebstagebuches Betätigen von Bedienelementen und Armaturen im Rahmen des Anlagenbetriebes Behebung von interpretierbaren Störungen, wie z.B. Abdichten von Verbindungen	X X (X)	(X)	B B S			
Meldung bei Betriebsstörungen und Betriebsabweichungen	X		B			sofort schriftlich/telefonisch
Auf Anfrage Informationen über Anlagenbetrieb	X		B			
Erreichen vereinbarter Betriebsstunden melden	X		B			schriftlich/telefonisch
Weitergabe von Protokollausdrucken	X		B			
<b>BHKW-Aggregat</b>		X				
<b>1. Hubkolben-Verbrennungsmotor</b>		X				
<input checked="" type="checkbox"/> <del>Wartungsteile (gemäß Wartungsplan) sind /sind nicht/ im Leistungsumfang enthalten!</del>		X				
<input checked="" type="checkbox"/> <del>Instandsetzungs-/Reparaturteile sind /sind nicht/ im Leistungsumfang enthalten!</del>		X				
<b>1.1 Betriebsstoffe (Öl, Wasser, Korrosionsschutzmittel, Druckluft, ...)</b>		X				

<sup>50</sup> Fachgemeinschaft Kraftmaschinen im VDMA (Verein im Dienste des Maschinenbaus, des Anlagenbaus und der Informationstechnik) <http://www.krm.vdma.org>



Beschreibung der Tätigkeiten an den einzelnen Komponenten	Leistungs- umfang		Art der Tätigkeit	Intervall		Bemerkungen  Bei der Art der Tätigkeit wird unterschieden nach: B = Bedienen I = Inspizieren W = Warten und S = Instandsetzen } Bestand- teile der Instand- haltung!
	Auftraggeber	Auftragnehmer		Betriebsstunden	Zeitintervall	
<input checked="" type="checkbox"/> Öl ist im Leistungsumfang enthalten!		X				
<input checked="" type="checkbox"/> Kühlwasser <del>ist</del> ist nicht im Leistungs- umfang enthalten!	X					
<input checked="" type="checkbox"/> Korrosionsschutzmittel <del>ist</del> ist nicht im Leistungsumfang enthalten!	X					
<input checked="" type="checkbox"/> Druckluft ist <del>ist nicht</del> im Leistungs- umfang enthalten!		X				
<input checked="" type="checkbox"/> ..... ist / ist nicht im Leistungsumfang enthalten!						
Brennstoffe sind ausgeschlossen.	X					
Schmierölstand prüfen	X		I			Altölentsorgung durch: Auftragnehmer
Ölproben entnehmen		X	I			
Ölprobe analysieren		X	I			
Motoröl auffüllen		X	W			
Motoröl wechseln		X	W			
Motorölfilter wechseln		X	W			
Kühlwasserstand prüfen		X	I			
Kühlwasser auffüllen		X	W			
Kühlwasser wechseln		X	W			
Kühlwasserkonditionierung prüfen		X	I			
Säurestand der Starterbatterie prüfen		X	I			
Batteriesäure auffüllen		X	W			
<b>1.2 Grundmotor</b>		X				
<b>1.3 Startsystem</b>		X				
<b>1.4 Zündanlage</b>		X				
<b>1.5 Motorüberwachung</b>		X				
<b>1.6 Motorregelung</b>		X				
<b>1.7 Schmierölkreislauf</b>		X				
<b>1.8 Kühlkreislauf</b>		X				
<b>1.9 Aufladesystem</b>		X				
<b>1.10 Brennstoffsystem</b>		X				
<b>2. Generator</b>		X				
<b>3. Kupplung und Lagerung</b>		X				
<b>4. Verbrennungsluftfilter</b>		X				
<b>BHKW-Modul</b>		X				





Beschreibung der Tätigkeiten an den einzelnen Komponenten	Leistungs- umfang		Art der Tätigkeit	Intervall		Bemerkungen Bei der Art der Tätigkeit wird unterschieden nach: B = Bedienen I = Inspizieren W = Warten und S = Instandsetzen } Bestand- teile der Instand- haltung!
	Auftraggeber	Auftragnehmer		Betriebsstunden	Zeitintervall	
<input checked="" type="checkbox"/> <del>Wartungsteile (gemäß Wartungsplan) sind / sind nicht im Leistungsumfang enthalten!</del>		X				
<input checked="" type="checkbox"/> <del>Instandsetzungs-/Reparaturteile sind / sind nicht im Leistungsumfang enthalten!</del>		X				
<b>5. Abgaswärmetauscher</b>		X				
<b>6. Kühlwasserwärmetauscher</b>		X				
<b>7. Abgasschalldämpfer</b>		X				
<b>8. Abgasreinigungsanlage</b>		X				
<b>9. Kraftstoffbehälter bzw. Gasversorgung</b>		X				
<b>10. Schmierölversorgung</b>		X				
<b>11. Aggregateüberwachung</b>		X				
<b>Blockheizkraftwerk BHKW</b>		X				
<input checked="" type="checkbox"/> <del>Wartungsteile (gemäß Wartungsplan) sind / sind nicht im Leistungsumfang enthalten!</del>		X				
<input checked="" type="checkbox"/> <del>Instandsetzungs-/Reparaturteile sind / sind nicht im Leistungsumfang enthalten!</del>		X				
<b>12. Schaltanlage mit Leittechnik</b>		X				
<b>13. Zuluftanlage + 14. Abluftanlage</b>		X				Falls erforderlich
<b>15. Sekundärkreis</b>						entfällt
<b>16. Gebäude / BHKW-Aufstellraum</b>						entfällt
<b>Gesonderte Vereinbarungen!</b>						
<input checked="" type="checkbox"/> Abschluss Maschinenversicherung		(X)				Bitte gesonderte Konditionen angeben (Pf/kWh <sub>el</sub> )
<input checked="" type="checkbox"/> Abschluss Betriebsunterbrechungsversicherung						..
<input checked="" type="checkbox"/> Mindestlaufzeiten BHKW/Maximale Anzahl von Startvorgängen						bitte angeben
<input checked="" type="checkbox"/> Dauer des Vertrages 60.000 h oder 10 Jahre		X				

## 10.5 Anhang E: Energielieferverträge

### 10.5.1 Energieliefervertrag der Firma Primagaz

# Strom- & Wärmeliefervertrag

zwischen

.....

im Folgenden kurz „Kunde“ genannt, und der

PRIMAGAZ GmbH, 6370 Kitzbühel, St. Johanner Straße 11

im Folgenden kurz PRIMAGAZ genannt,

#### 2. Lieferpflicht

- 2.1 PRIMAGAZ versorgt von seiner Energiestation, bestehend aus Kraft-Wärme-Kopplung und Spitzenlast-Heizkessel, die Liegenschaft/das Gebäude mit elektrischer Energie sowie mit Heizwärme/Warmwasser. Die Energielieferung beginnt am .....
- 2.2 Die maximale elektrische Anschlussleistung beträgt .....kW. Es wird Drehstrom mit einer Spannung von 380 V zur Verfügung gestellt. Die Frequenz beträgt ca. 50 Hz. Die Stromlieferung erfolgt synchron dem öffentlichen Stromnetz.
- 2.3 Die maximale thermische Anschlussleistung beträgt .....kW und setzt sich zusammen aus .....kW der Kraft-Wärme-Kopplung und .....kW des Spitzenlast-Heizkessels. Als Wärmeträger dient Heizwasser. Es darf vom Kunden weder der Anlage entnommen noch verändert werden.
- 2.4 Ausgehend von einer Jahreslaufzeit von ..... Betriebsstunden der Kraft-Wärme-Kopplung und ..... Betriebsstunden des Spitzenlast-Heizkessels ergibt sich eine errechnete Jahresabnahmemenge von .....kWh Strom und .....kWh Wärme.

#### 3. Abnahmepflicht

- 3.1 Der Kunde verpflichtet sich, pro Verrechnungsperiode zumindest 85 % der in Punkt 2.4 definierten Jahresabnahmemenge an Strom und Wärme während der Vertragslaufzeit vom PRIMAGAZ zu beziehen.
- 3.2 PRIMAGAZ stellt dem Kunden Strom und Wärme nur für die Versorgung der in diesem Vertrag genannten Liegenschaft zur Verfügung gestellt. Die Weiterleitung zur Versorgung anderer Liegenschaften ist mit PRIMAGAZ abzustimmen und bedarf der schriftlichen Zustimmung von PRIMAGAZ.

#### 4. Energiestation – Eigentumsverhältnisse

- 4.1 Die zur Strom- und Wärmeversorgung erforderliche Energiestation sowie die für die eingesetzte Primärenergie erforderlichen Lagereinrichtungen bzw. Anschlüsse werden von PRIMAGAZ bereitgestellt. Grabungs- und Einsandungsarbeiten sowie notwendige bauliche Adaptierungen trägt der Kunde.
- 4.2 Der Kunde und – in Fällen, in denen der Kunde nicht Liegenschaftseigentümer ist – der Liegenschaftseigentümer, gestatten PRIMAGAZ unentgeltlich, die für den Betrieb der Energiestation erforderlichen Versorgungsleitungen auf der Liegenschaft zu verlegen bzw. die für die eingesetzte Primärenergie erforderlichen Lagereinrichtungen bzw. Anschlüsse auf der Liegenschaft zu errichten.

....

- 4.5 Der Kunde gewährleistet, dass der Aufstellungsraum mit Versorgungsleitungen für Wasser, Abwasser, Strom und Telefon versehen und dass ein geeigneter Kaminanschluss vorhanden ist.
- 4.6 PRIMAGAZ zahlt an den Kunden für die Überlassung des Heizraumes, in dem die Energiestation errichtet wird, einen Mietzins von jährlich Euro 1,--.

4.7 Die Energiestation wird nur zu einem vorübergehenden Zweck für die Vertragsdauer mit der Liegenschaft verbunden. Sie bleibt im uneingeschränkten Eigentum von PRIMAGAZ und wird dementsprechend gekennzeichnet. Sie ist nicht Bestandteil der Liegenschaft und fällt nicht in das Eigentum des Kunden oder des Liegenschaftseigentümers. PRIMAGAZ entfernt die Energiestation nach Beendigung des Vertrages aus dem Heizraum auf Kosten des Kunden.

## 5. Sicherheiten

5.1 Der Kunde verpflichtet sich, zu Gunsten von PRIMAGAZ für PRIMAGAZ an der Energiestation das Maschineneigentum sowie den Heizraum ein Fruchtgenussrecht im Grundbuch einzuverleiben, das zum Betrieb der Energiestation unter Ausschluss des Liegenschaftseigentümers berechtigt.

5.2 Der Kunde verpflichtet sich, für die ersten fünf Vertragsjahre eine Bankgarantie in Höhe des 12-fachen Betrages der in Punkt 10.2 vereinbarten monatlichen Abschlagszahlung zu stellen.

## 6. Versicherung

6.1 Die Energiestation sowie die allfällig notwendigen Lagereinrichtungen für die Primärenergieversorgung werden vom Kunden in seiner Gebäudeversicherung mitversichert. Der Kunde vinkuliert die Leistungen aus dem Versicherungsvertrag bis zur Höhe der für die Energiestation erforderlichen Versicherungssumme zu Gunsten von PRIMAGAZ. Der Kunde erbringt hierüber einen Nachweis durch die Aushändigung einer unterzeichneten Vinkulierungsbestätigung des Versicherers und tritt den Anspruch auf Versicherungsleistungen für die Energiestation wirksam an PRIMAGAZ ab. Dies ist vom Kunden dem Gebäudeversicherer anzuzeigen.

## 8. Strom- und Wärmepreis – Tarife

8.1 Abgerechnet werden die Kosten für die Bereitstellung der Energiestation mit Primärenergieversorgung und Messeinrichtungen sowie für die gelieferte Strom- und Wärmemenge.

8.2 Für die Lieferung von Strom zahlt der Kunde das folgende Entgelt an PRIMAGAZ.

Arbeitspreis Strom: 4,45 cent/kWh elektrisch

Bereitstellungspreis: 5,85 cent/kWh elektrisch

8.3 Für die Lieferung von Wärme zahlt der Kunde das folgende Entgelt an PRIMAGAZ.

Wärmepreis: 4,45 cent/kWh thermisch

## 9. Preisänderungsklausel

9.1 Die Preise für die Strom- und Wärmelieferung sind veränderlich.

9.2 Der Bereitstellungspreis wird an den Verbraucherpreisindex VPI 2000 (Stand .....:.....) indiziert. Etwaige Änderungen werden jährlich zum vereinbarten Abrechnungszeitraum nach der Zählerablesung vorgenommen.

9.3 Der Arbeitspreis Strom sowie der Wärmepreis werden an den Süddeutschen Raffinerievertragspreis für Propan (Stand .....:.....) indiziert. Änderungen unter 7 % müssen von PRIMAGAZ nicht weitergegeben werden. Etwaige Änderungen werden nach einer Zählerablesung zum 1. des Folgemonats vorgenommen.

9.4 Sämtliche Preise verstehen sich inklusive allfälliger Energiesteuern und zuzüglich der jeweils geltenden gesetzlichen Umsatzsteuer. Ändern sich Steuern bzw. Abgaben nach Vertragsabschluß, so werden die Preise dementsprechend angepasst. Sollte ein Index in Zukunft nicht mehr zur Verfügung stehen, so wird dieser durch einen ähnlichen ersetzt.

## 10. Abrechnung – Verrechnungsperiode

10.1 Eine Verrechnungsperiode ist von Mai bis April des Folgejahres. Die Abrechnung der gelieferten Strom- und Wärmemenge erfolgt jeweils zum 30. April eines Jahres. Teilbeträge in Höhe von 1/12 (einem Zwölftel) der voraussichtlichen Jahreskosten sind als Abschlagszahlung monatlich mittels Bankeinzugsverfahrens zu entrichten.

10.2 Die monatliche Abschlagszahlung errechnet sich nach folgender Jahreskostenrechnung wobei die geschätzte Jahreslaufzeit der Kraft-Wärme-Kopplung und des Spitzenlast-Heizkessels die Berechnungsgrundlage liefert (siehe Punkt 2.4):

Stromlieferung pro Jahr: = 68.200 kWh<sub>elektrisch</sub>/Jahr

Wärmelieferung pro Jahr gesamt: = 263.000 kWh<sub>thermisch</sub>/Jahr

68.200 kWh<sub>elektrisch</sub>/Jahr x 4,45 cent = 3.043,90 Euro Arbeitspreis Strom

68.200 kWh <sub>elektrisch</sub> /Jahr x 5,85 cent =	3.989,70 Euro	Bereitstellungspreis
<u>263.000 kWh<sub>thermisch</sub>/Jahr x 4,45 cent =</u>	<u>11.703,50</u>	<u>Euro Wärmepreis</u>
	<u>Summe =</u>	<u>18.737,10 Euro Jahreskosten</u>
1/12 ergibt die monatliche Pauschale =	1.561,43	Euro
<u>20 % Umsatzsteuer =</u>	<u>312,29</u>	<u>Euro</u>
<b>errechnete monatliche Abschlagszahlung =</b>	<b>1.873,72</b>	<b>Euro</b>

10.3 Der Kunde ermächtigt PRIMAGAZ die monatliche Abschlagszahlung sowie am Ende der Abrechnungsperiode eine allfällige Restschuld von seinem Konto abzubuchen. Ein Guthaben wird dem Kunden am Ende der Abrechnungsperiode rücküberwiesen oder auf die folgenden Abschlagszahlungen angerechnet.

#### **14. Billigkeitsklausel**

14.1 Wenn die wirtschaftlichen, technischen oder rechtlichen Voraussetzungen, unter denen die Bestimmungen dieses Vertrages vereinbart worden sind, eine grundlegende Änderung erfahren und in Folge dessen einem der Vertragspartner oder beiden ein Festhalten am Vertrag nicht mehr zugemutet werden kann, weil dies den bei Vertragsabschluß vorhandenen Vorstellungen über einen angemessenen Ausgleich der beiderseitigen wirtschaftlichen Interessen nicht entsprechen würde, so ist dieser Vertrag unter Berücksichtigung des Grundsatzes von Treu und Glauben und unter Beachtung des Gleichbehandlungsgrundsatzes den geänderten Verhältnissen anzupassen oder innerhalb einer angemessenen Frist aufzulösen.

#### **15. Vertragsdauer und Kündigung**

15.1 Dieser Vertrag tritt mit Unterzeichnung in Kraft und gilt für die Dauer von zwölf Jahren.

15.2 Wird der Vertrag nicht sechs Monate vor Ablauf gekündigt, so gilt eine Verlängerung um jeweils weitere drei Jahre als stillschweigend vereinbart.



Allgemeine Geschäftsbedingungen der Oberdorfer Contracting G.m.b.H.

**I. Allgemeines**

1. Leistungen der OCG erfolgen gemäß des Energielieferungsvertrages und dieser Allgemeinen Geschäftsbedingungen.
2. Abweichende Vereinbarungen bedürfen der Schriftform, ebenso wie das Abgehen vom Schriftformerfordernis. Mündliche Abreden sind rechtlich unwirksam.

**II. Beginn-Dauer-Beendigung**

1. Der Vertrag tritt mit Unterfertigung durch beide Vertragsparteien in Kraft.
2. Der Vertrag wird auf unbestimmte Dauer abgeschlossen.
3. Jede Vertragspartei ist berechtigt, den Vertrag unter Einhaltung einer sechsmonatigen Kündigungsfrist zum Ende des Kalenderjahres mittels eingeschriebenen Briefes aufzukündigen.
4. Die Vertragsparteien verzichten auf das Recht der Kündigung für einen Zeitraum von \_\_\_\_\_ Jahren ab Vertragsabschluß. Dieser Vertrag kann daher von einer der Vertragsparteien erstmals zum \_\_\_\_\_ aufgekündigt werden.
5. Darüber hinaus sind die Vertragsparteien berechtigt, den Vertrag mit sofortiger Wirkung aufzulösen, wenn eine der Vertragsparteien eine schwerwiegende Vertragsverletzung begangen hat bzw. der Vertrag unerfüllbar wird und trotz schriftlicher Aufforderung und Nachfristsetzung von 14 Tagen der ordnungsgemäße Vertragszustand nicht wieder hergestellt wird.
6. Fall der Beendigung durch ordnungsgemäße Kündigung (Im Pkt. II. Z 3 u.4) hat der Abnehmer das Wahlrecht, die Energiezentrale zum Zeitwert zu erwerben, oder die Demontage und Verbringung der Energiezentrale durch OCG zu begehren.
7. OCG ist verpflichtet binnen zwei Monaten ab Einlangen der Kündi-

gung bzw. nach absenden der Kündigung dem Abnehmer den Zeitwert der Energiezentrale bekanntzugeben. Der Abnehmer ist binnen eines weiteren Monats verpflichtet, der OCG die Entscheidung bekanntzugeben, anderenfalls das Wahlrecht auf OCG übergeht.

8. Bei vorzeitiger bzw. vereinbarungswidriger Beendigung des Vertrages ist OCG berechtigt, den dadurch entstandenen Schaden samt Verdienstentgang geltend zu machen.
9. Jede Vertragspartei ist verpflichtet, bei Eröffnung eines Insolvenzverfahrens und bei Abweisung der Eröffnung eines Insolvenzverfahrens mangels Vermögens, die andere Vertragspartei unverzüglich zu benachrichtigen. Die jeweils andere Vertragspartei ist berechtigt, das Vertragsverhältnis mit sofortiger Wirkung zu beenden.

**III. Pflichten der OCG**

1. OCG ist verpflichtet, die im Energielieferungsvertrag vereinbarte Energie während der gesamte Vertragslaufzeit zu liefern.
2. Hierzu wird OCG die Energiezentrale bzw. das BHKW in einem dafür vorgesehen und von der OCG bei Bedarf angemieteten Räumlichkeit auf eigene Kosten zu installieren.
3. Die Wartung und Instandhaltung der Energiezentrale bzw. des BHKW, sowie der Maschinen-Rohr- und elektrotechnischen Teile auf eigene Kosten obliegt der OCG.
4. Zum Zwecke der Feststellung des Energieverbrauches hat die OCG je eine Zähleranlage für die thermische Energie und die elektrische Energie auf eigene Kosten zu installieren.
5. Die Feststellung des Energieverbrauches erfolgt durch Mitarbeiter oder Beauftragte der OCG bzw. mittels EDV einmal im Monat.

#### IV. Pflichten des Abnehmers

1. Ist der Abnehmer nicht zugleich Liegenschaftseigentümer, hat der Abnehmer die schriftliche Zustimmung des Liegenschaftseigentümers zu diesem Vertrag einzuholen.
2. Der Abnehmer hat Schäden bzw. Störungen an der Energielieferungszentrale bzw. dem BHKW unverzüglich der OCG mitzuteilen.
3. Bauliche Veränderungen, die die Energiezentrale bzw. das BHKW beeinträchtigen könnten, wird der Abnehmer nur nach schriftlicher Zustimmung der OCG durchführen.
4. Das Betreten der Liegenschaft zum Zwecke der Wartung, Instandhaltung, Reparatur oder des Ablesens durch Mitarbeiter der OCG oder deren Beauftragte wird vom Abnehmer genehmigt.

#### V. Wertsicherung

1. Die Vertragsparteien vereinbaren die Wertsicherheit des Bezugspreises.
2. Als Grundlage für die Berechnung der Wertsicherheit dient der im Energielieferungsvertrag festgehaltene Indexwert bei Vertragsabschluß. Der Index wird durch die Energiepreise und dem VPI 1996 bestimmt. Änderungen dieser Komponenten wirken sich auf den Index aus und können von OCG direkt auf den Bezugspreis umgelegt werden. Die Indexanpassung erfolgt monatlich, jeweils zum Monatsersten.
3. Grundlage der Berechnung des Bezugspreises für thermische Energie ist der Raffinerieabgabepreis für Propangas ab Raffinerie zz. Fracht und Abgaben bei Vertragsabschluß. Ein Veränderung des Raffinerieabgabepreises nach oben erhöht den Bezugspreis entsprechend und wird von der OCG an den Abnehmer weitergegeben und in Rechnung gestellt.
4. Wird Erdgas als Energierohstoff

für thermische Energie verwendet, ist Grundlage der Berechnung des Bezugspreises bei Vertragsabschluß der vergleichbare Energiepreis des lokalen Energieversorgers. Bei Veränderung des Energiepreises nach oben verändert sich der Bezugspreis im selben Ausmaß nach oben, wie sich der vergleichsweise Energiepreis des lokalen Energieversorgers nach oben verändert.

5. Für die Wertsicherung des Bezugspreises für elektrische Energie gilt das zu Pkt. V. Z2.-4. Gesagte. Die indexbedingte Erhöhung des Bezugspreises ist jedoch nach oben hin limitiert mit jenem Betrag, den der Abnehmer dem lokalen Energieversorger unter Berücksichtigung des Preises/kWh, aber auch aller Nebenkosten und -gebühren, zu bezahlen hätte.
6. Ein Unterschreitung des Bezugspreises bei Vertragsabschluß ist ausgeschlossen.

#### VI. Abrechnung

1. Die Abrechnung erfolgt monatlich. Der Abnehmer ist verpflichtet, ab Inbetriebnahme der Energiezentrale, einen monatlichen a-conto Betrag im voraus an OCG zu bezahlen, der aufgrund der angegebenen Verbrauchsmengen und des Bezugspreises bei Vertragsabschluß von OCG ermittelt und im Energielieferungsvertrag festgehalten wird.
2. OCG ist berechtigt, die Schwankungen der Marktpreise die zu einer Erhöhung des Bezugspreises führen auf der Basis der jeweiligen Indexierung (siehe Punkt V.) an den Abnehmer weiterzugeben.
3. Durch derartige Schwankungen bedingte Bezugspreisänderungen können von OCG in monatlichen Abständen gesondert in Rechnung gestellt werden und werden mit Rechnungslegung zur Zahlung fällig.
4. OCG ist verpflichtet dem Abnehmer

Allgemeine Geschäftsbedingungen der Oberdorfer Contracting G.m.b.H.

mer jährlich eine detaillierte Abrechnung der verbrauchten Energie vorzulegen. Das jeweilige Betriebsjahr beginnt am 1. Jänner und endet am 31. Dezember eines jeden Jahres. Die Abrechnung hat bis spätestens zum 31. März des Folgejahres zu erfolgen. In dieser Abrechnung sind der tatsächliche Mengenverbrauch und die tatsächlich geleisteten Zahlungen (a-conti und quartalsmäßige Aufzahlungen) darzustellen.

5. Guthaben des Abnehmers werden in den nächstfolgenden Vorschreibungen aufgerechnet, Nachforderungen der OCG sind mit Rechnungslegung zur Bezahlung fällig.
6. Ergibt sich aus dem vergangenen Betriebsjahr unter Berücksichtigung der Indexierung und/oder der Verbrauchsmenge der Bedarf einer höheren monatlichen a-conto Leistung durch den Abnehmer, so hat OCG diese spätestens bis zum 31. März eines jeden Jahres schriftlich unter Angabe der Gründe vorzuschreiben.
7. Rechnungen sind nach Erhalt sofort und ohne Abzug zur Zahlung fällig. Einwendungen gegen die Rechnung sind binnen vier Wochen ab Rechnungszugang schriftlich bei OCG einzubringen. Die Fälligkeit der Rechnung wird dadurch nicht berührt.
8. Aufrechnungen mit eventuellen Forderungen des Abnehmers gegen OCG sind ausgeschlossen.
9. Für den Verzugsfall werden 10% Verzugszinsen per anno einver-

nehmlich vereinbart. Weiters ist der Abnehmer verpflichtet, außergerichtliche Mahnspesen, soweit sie zur zweckentsprechenden Rechtsverfolgung notwendig waren, zu bezahlen.

**VI. Sonstiges**

1. Dieser Vertrag geht auf seiten beider Vertragspartner auf die jeweiligen Rechtsnachfolger, wie insbesondere auch Mieter, Pächter, Untermieter etc., über und sind die Vertragsparteien verpflichtet, diese Vereinbarung dem Rechtsnachfolger entsprechend zu überbinden.
2. OCG ist verpflichtet, für sämtliche Genehmigungen die Energiezentrale bzw. des BKHZ betreffend zu sorgen. Für die baubehördlichen Genehmigungen ist der Abnehmer verantwortlich.
3. Für sämtliche Streitigkeiten aus und im Zusammenhang mit dieser Vereinbarung vereinbaren die Vertragsparteien die sachliche Zuständigkeit des Gerichtes in Klagenfurt.
4. Sämtliche Gebühren, Kosten und Abgaben, mit Ausnahme höchstpersönlicher Steuern, die mit und aufgrund dieser Vereinbarung entstehen trägt OCG. Die Kosten einer rechtsfreundlichen Beratung trägt jede Vertragspartei selbst.
5. Dieser Vertrag wird in zwei Ausfertigungen errichtet, wobei jede Vertragspartei eine Ausfertigung erhält.

Datum,

\_\_\_\_\_  
(OCG G.m.b.H.)

\_\_\_\_\_  
(Abnehmer)