ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR
SPARSAMEN UND
UMWELTFREUNDLICHEN
ENERGIEVERBRAUCH E.V.

# Wärme und Strom im Haus umweltschonend selbst erzeugen

## ASUE-Fachtagung

## 28. September 2007, Augsburg

www.ASUE.de

# Materialien

**Wärme und Strom im Haus umweltschonend selbst erzeugen**

Die effiziente Nutzung der vorhandenen Energieträger, die Einführung neuer umweltschonender und energiesparender Technologien sowie neue Formen der Energieerzeugung und -verteilung werden aufgrund des steigenden Energieverbrauches, knapper werdender Ressourcen und Gründen des Klimaschutzes immer wichtiger. Eine wichtige Option für höhere Energieeffizienz ist die dezentrale Stromerzeugung im Ein- und Zweifamilienhausbereich.

Schon heute realisierbar ist die dezentrale Stromerzeugung mit Geräten, die nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung arbeiten. Diese als Strom erzeugende Heizung bezeichneten Geräte übernehmen neben der Stromproduktion auch die Heizfunktion und die Erwärmung von Brauchwasser. Dadurch erreichen sie eine höhere Energieausnutzung als bei der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme. Zusätzlich zu bereits verfügbaren Systemen stehen jetzt Geräte kleinerer Leistung vor der Markteinführung, die in den Punkten Zuverlässigkeit, Wirtschaftlichkeit und Einsetzbarkeit die Anforderungen und Erwartungen erfüllen könnten, die an den Einsatz in Ein- und Zweifamilienhäusern geknüpft sind. Umweltschonendes Erdgas als Energieträger erschließt diese Zukunftstechnologie.

Entwickelt werden derartige Geräte auf Basis verschiedener Prinzipien, d.h. interner bzw. externer Verbrennungsmotoren, oder aber Dampfexpansion. Die Referenten dieser Fachtagung geben einen Überblick über die technischen und wirtschaftlichen Anforderungen an Strom erzeugende Heizungen, sowie den Entwicklungsstand und die Verfügbarkeit dieser Geräte in Deutschland. Behandelt werden auch Fragestellungen hinsichtlich Auslegung, Genehmigung sowie wärme- und stromseitige Einbindung in neue wie auch bestehende Verteilsysteme. Darüber hinaus werden in zwei Inforunden Erfahrungen mit verfügbaren Systemen und Ergebnisse von Praxistests zweier an der Schwelle zur Marktreife befindlicher Geräte vorgestellt.

**Veranstalter / Herausgeber:**

**ASUE**
Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.
Bismarckstraße 16
67655 Kaiserslautern

**In Zusammenarbeit mit:**

**erdgas schwaben gmbh**
Bayerstraße 43
86199 Augsburg

**Referenten und Vorträge**

**Begrüßung**

Klaus-Peter Dietmayer, erdgas schwaben gmbh, Augsburg

**Strom erzeugende Heizungen – kleine Heizsysteme**
**für Ein- und Zweifamilienhäuser**

Prof. Dr. B. Thomas, Hochschule Reutlingen

**Auslegung, Genehmigung und Einbindung von Strom erzeugenden Heizungen**

E. Schulz, Erich Schulz GmbH & Co. KG, Augsburg

**Die Strom erzeugende Heizung auf dem Weg zum Kunden**

H. Kaumeier, erdgas schwaben gmbh, Augsburg

**Inforunde „Klein-BHKW in der Praxis“**

- D. Weisenberger, SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH, Schweinfurt
- H. Meißner, PowerPlus Technologies GmbH, Gera
- M. Lehnertz, EC Power A/S, Hinnerup, Dänemark

**Inforunde „Feldtesterfahrungen mit Strom erzeugenden Heizungen“**

- **Heiz Dir Deinen Strom – Feldtesterfahrungen mit dem WhisperGen**
  Dr. S. Holler, MVV Energie AG, Mannheim
- **„Initiative für Mikrokraftwerke in Berlin“ – Erfahrungen mit dem Otag „Lion“**
  Dr. H. Krause, DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Leipzig

**Fachliche Leitung**

Prof. Dr. Bernd Thomas, Hochschule Reutlingen

# Strom erzeugende Heizungen – kleine Heizsysteme für Ein- und Zweifamilienhäuser

Prof. Dr. B. Thomas, Reutlingen

# Strom erzeugende Heizung – kleine Heizsysteme für Ein- und Zweifamilienhäuser

Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas
Hochschule Reutlingen
Fakultät Technik / Maschinenbau
Alteburgstr. 150 / 72762 Reutlingen
Tel./Fax: 07121 271-7041 / -7004
email: bernd.thomas@reutlingen-university.de
http://userserv.hochschule-reutlingen.de/~thomas

Der Aufbau einer Energieversorgung unabhängig von den begrenzten Ressourcen fossiler Energieträger und ohne schädigende Auswirkungen auf unser Ökosystem und das Klima ist ohne Frage zwingend erforderlich, um die Lebensgrundlage der Menschheit zukünftig zu sichern. Nicht zuletzt die öffentliche Diskussion zu diesem Thema macht jedoch deutlich, dass es sich dabei um eine äußerst ambitionierte Aufgabe handelt. Es scheint offensichtlich, dass das Ziel nicht in einem Schritt oder mit einer Schlüsseltechnologie allein zu erreichen ist. Nach Ansicht der Experten hat dabei die Erhöhung der Energieeffizienz gleiche Priorität wie der Ausbau der erneuerbaren Energien, denn auf diese Weise kann zumindest die zeitliche Verfügbarkeit der fossilen Energieträger verlängert und die mit deren Umsetzung verbundene Umweltbelastung in Grenzen gehalten werden (Folie 2).

Mit der Kraft-Wärme-Kopplung steht eine derartige, energiesparende Technologie zur Verfügung, die mit der Entwicklung von so genannten Mini-Blockheizkraftwerken (Mini-BHKW) mit einer elektrischen Leistung unterhalb von 15 $kW_{el}$ auch in sehr kleinen Einheiten, und damit in Ein- und Zweifamilienhäusern, einsetzbar ist (Folie 3, 4). Der Vorteil liegt dabei auf der Hand: Die kleinen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen benötigen kein aufwändiges Wärmeverteilnetz, da die Wärme direkt vor Ort verbraucht wird. Sie sind somit ohne größeren baulichen Aufwand zu installieren und deshalb nahezu universell einsetzbar. So wird die Kraft-Wärme-Kopplung auch abseits der größeren Kraftwerke nutzbar und der einhergehende Energieeinspareffekt lässt sich dementsprechend vervielfachen. Für die Betreiber von Mini-Blockheizkraftwerken ist zudem ein wirtschaftlicher Ertrag erzielbar, da parallel zur Erzeugung von Raumwärme elektrische Energie anfällt, die entweder selbst verbraucht oder gegen eine Vergütung in das Stromnetz eingespeist werden kann.

Im Vergleich zur getrennten Erzeugung von Wärme und Strom in Heizkessel und Kraftwerk ist auf Grundlage derzeitig erreichbarer Wirkungsgrade eine Primärenergieeinsparung von über 20 % möglich (Folie 6). In der Kombination von Heizkessel und Kraftwerk mit Mini-BHKW kann die eingesetzte Primärenergie im gesamten Bedarfsspektrum, angefangen von der reinen Wärmenutzung bis hin zur reinen Stromnutzung, effizienter verwertet werden (Folie 7). Damit sei der Behauptung entgegengetreten, dass der Einsatz von Mini-BHKW aufgrund der starr gekoppelten Erzeugung von Wärme und Strom nur in einem engen Verhältnis von Wärme- zu Strombedarf sinnvoll ist. Des Weiteren ist die These belegt, dass der beste Einspareffekt nicht durch eine Technologie allein, sondern durch eine intelligente Kombination der verfügbaren Möglichkeiten erzielbar ist.

Mit Blick auf die verschiedenen Technologien lässt sich für den Bereich Mini-BHKW sagen, dass die sogenannten Motor-BHKW, die mit Gas-Ottomotoren oder mit Dieselmotoren für Heizöle arbeiten, am Markt eingeführt sind und mit Abstand die höchsten Verkaufszahlen aufweisen. Seit dem Jahr 2004 ist ein erstes Stirlingmotor-BHKW im Einsatz und weitere kleine Stirlingmotor-BHKW sind kurz vor der Markteinführung sowie in der Entwicklung. Hier wird auch auf den Einsatz von Biobrennstoffen, angefangen von Biogas über Pflanzenöl bis hin zu Holzpellets und –hackschnitzeln, hingearbeitet. In diesem Jahr wird zusätzlich ein Dampfmotor-BHKW am Markt eingeführt, so dass sich die Angebotspalette um ein weiteres Segment erweitert. Gasturbinen-BHKW sind selbst in Form der Mikrogasturbine nicht im kleinsten Leistungsbereich vertreten, und die Markteinführung von Brennstoffzellen-BHKW wird aufgrund des nach wie vor vorhandenen Entwicklungsbedarfs noch einige Jahre auf sich warten lassen (Folie 5).

Zur Darstellung und Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Mini-BHKW ist an der Hochschule Reutlingen ein vom BMBF gefördertes Forschungsprojekt durchgeführt worden, in dem verschiedene Geräte auf einem eigens zu diesem Zweck errichteten Prüfstand experimentell untersucht wurden (Folie 8). Insgesamt wurden vier Mini-BHKW, darunter die drei bekanntesten und in Deutschland am meisten verkauften Geräte, getestet. Konkret sind die DACHS HKA G5.5 der Firma SenerTec /1/, das SOLO Stirling 161 Micro-KWK-Modul /2/, das Gerät ecopower der Firma PowerPlus Technologies /3/ und das Mini-BHKW SM5A der Firma Stirling Denmark /4/, das für den Einsatz von Biogas konzipiert ist, am Prüfstand aber mit Erdgas betrieben wurde, erprobt worden (Folie 9). Ein Vergleichskriterium stellte dabei die Prüfung nach der Vergaberichtlinie für das Umweltzeichen „Der Blaue Engel" dar, die am Prüfstand durchgeführt werden konnte /5/. Mit Ausnahme des Gerätes SM5A, das aufgrund der Konzeption als Biogas-BHKW gewissen Einschränkungen unterworfen ist, liegen die Geräte mit Blick auf die erzielten Wirkungsgrade in etwa gleichauf. Das heißt, das Stirlingmotor-BHKW der Firma SOLO Stirling ist den Motor-BHKW diesbezüglich ebenbürtig. Während die elektrischen Wirkungsgrade dieser Geräte zwischen 23 und 27 % liegen, werden Gesamtwirkungsgrade von bis zu 101 % (bezogen auf den Heizwert $H_i$) erreicht (Folie 11, 12). Zur Verminderung der Schadgasemissionen CO und $NO_x$ ist bei Motor-BHKW der Einsatz eines Katalysators zwingend erforderlich. Stirlingmotor-BHKW können hingegen die Grenzwerte der Richtlinie zur Erteilung des Umweltzeichens „Der Blaue Engel" auch ohne Katalysator erreichen. Dementsprechend werden Motor-BHKW als Magermotoren mit Oxidationskatalysator oder als stöchiometrische Motoren mit geregeltem 3-Wege-Katalysator ausgeliefert (Folie 13). Alle während des Projektes gesammelten Ergebnisse und Erfahrungen sind zusammen mit allgemeinen Beschreibungen zu den verfügbaren Technologien und Informationen über Aufstellung und Einbindung sowie zur Wirtschaftlichkeit von Mini-BHKW in einem Buch zusammengestellt /6/. Das Buch ist für die „interessierte Öffentlichkeit" geschrieben; demzufolge sind die Inhalte nachvollziehbar und anwendungsorientiert formuliert. Auf ausgeweitete Beschreibungen physikalisch-theoretischer Vorgänge ist nach Möglichkeit verzichtet worden. Dennoch lässt insbesondere die Diskussion der zahlreichen Messergebnisse einen tieferen Einblick in die Funktion und das Verhalten der Geräte zu. Für die Zukunft ist die Untersuchung weiterer Geräte am Prüfstand der Hochschule und damit die Ausweitung des Vergleichs von Mini-BHKW geplant (Folie 14).

Bei der Berechnung der Verbrauchskosten muss bei Mini-BHKW die vom Heizkessel abweichende Betriebsweise berücksichtigt werden. Mini-BHKW können nicht im Taktbetrieb gefahren werden, da ein andauernder An-/Aus-Betrieb zu einer raschen Abnutzung des Gerätes und damit zu einer Abnahme der Lebensdauer und zu erhöhten Wartungsaufwendungen führen würde. Damit ähnelt der Betrieb von Mini-BHKW dem von Wärmepumpen. Als Konsequenz aus dieser Anforderung muss der Betrieb von Mini-BHKW möglichst kontinuierlich erfolgen (Folie 15), und es ist verständlich, dass Mini-BHKW derzeit häufig in größeren Objekten in Verbindung mit einem Spitzenlastkessel zur Deckung der Grundlast eingesetzt werden. In dieser Form ist ein wirtschaftlicher Betrieb möglich, sofern mindestens ca. 5000 Volllaststunden für das BHKW im Jahr erreichbar sind. In kleineren Objekten wie Ein- oder Zweifamilienhäusern ist diese Variante wegen des zu geringen Wärmebedarfs nicht durchführbar. Hier weicht man auf einen intermittierenden Betrieb mit Pufferspeicher aus, wobei sich die Betriebszeiten des BHKWs zumeist am Wärmebedarf orientieren (wärmegeführt), um die Größe des Pufferspeichers zu begrenzen.

Aus Sicht der Stromerzeugung sollte ein BHKW dagegen eher stromgeführt betrieben werden. Auf diese Weise kann nämlich der Fremdbezug von Netzstrom, der mit ca. 18,5 ct/$kWh_{el}$ zu Buche schlägt, minimiert werden, während für die Einspeisung von KWK-Strom unter 50 $kW_{el}$ derzeit eine Vergütung von nur etwa 9 ct/$kWh_{el}$ zu erzielen ist (Folie 16, 17). Somit besteht im Zuge der Verbrauchskostenberechnung ein Interessenskonflikt zwischen wärmegeführter und stromgeführter Betriebsweise (Folie 18). Um diesen Konflikt auflösen zu können, müssen sowohl die Tagesgänge des Strombedarfs als auch die Tagesgänge des Wärmebedarfs über ein komplettes Jahr hinweg bekannt sein. An dieser Stelle setzt die VDI-Richtlinie 4655, die derzeit im Entwurf vorliegt, an, in dem sie entsprechende Lastprofile für verschiedene Typtage zur Verfügung stellt (Folie 19). Insgesamt sind 10 verschiedene Typtage, aufgeteilt nach Jahreszeit, Sonneneinstrahlung und Benutzung, definiert, und die Verteilung

der Typtage auf das Jahr ist für Deutschland abhängig von der jeweiligen Klimazone angegeben. Somit kann für jede beliebige Betriebszeit berechnet werden, welche Anteile der vom Mini-BHKW produzierten Mengen Wärme und Strom direkt genutzt werden können und welche Anteile in den Pufferspeicher eingebracht bzw. eingespeist werden müssen.

Anhand einer Beispielrechnung sollte dieses Verfahren näher untersucht werden (Folie 20). Zu diesem Zweck wurde angenommen, dass das BHKW einmal am Tag eingeschaltet wird und dann unter Volllast läuft und dabei die benötigte Wärme für den Tag erzeugt. Die Laufzeit des BHKWs kann dabei einfach aus dem Quotienten des Tageswärmebedarfs zur thermischen Leistung des BHKWs berechnet werden. Mit einer Suchroutine lässt sich anschließend der genaue Zeitpunkt des Einschaltens für das BHKW ermitteln, wenn gefordert wird, das während der Betriebszeit des BHKWs entweder der Wärmebedarf (wärmegeführter Betrieb) oder der Strombedarf (stromgeführter Betrieb) möglichst hoch sein soll. Auf diese Weise kann der maximale Teil der erzeugten Wärme bzw. des erzeugten Stroms direkt genutzt werden. Mit Kenntnis des Einschaltzeitpunktes und der Laufzeit lässt sich aus dem Tagesgang für die jeweils andere Energieform ebenfalls ableiten, welcher Anteil direkt genutzt und welcher Anteil eingespeist bzw. in den Pufferspeicher eingebracht werden muss. Auf diese Weise ergibt sich zum einen die maximal in den Speicher einzubringende Wärmemenge, aus der die Speichergröße abgeleitet werden kann. Zum anderen lässt sich auf Grundlage der jeweiligen Tarife eine gemittelte Vergütung für den erzeugten Strom ermitteln, der im Rahmen der Verbrauchskostenberechnung den Brennstoffkosten gegengerechnet wird.

Die Ergebnisse derartiger Rechnungen zeigen, dass Mini-BHKW mit kleinerer Leistung in ihrem Anwendungsbereich eine höhere Ersparnis erzielen als größere BHKW (Folie 21). Als Erklärung für dieses Ergebnis ist anzuführen, dass ein kleines BHKW aufgrund der geringeren thermischen Leistung eine längere Laufzeit erzielt und damit eine höhere Deckung des selbst benötigten Stroms möglich ist. Als begrenzender Faktor ist jedoch die maximale Wärmemenge anzusehen, die das BHKW insgesamt erzeugen kann, und die mit dem Jahreswärmebedarf des betrachteten Gebäudes korrespondieren muss. Die Zusammenschaltung eines kleinen BHKWs mit einem Spitzenlastkessel ist dagegen kontraproduktiv und führt zu den geringsten Einsparungen, da die Laufzeit des BHKWs durch den Spitzenlastkessel reduziert wird und während der Laufzeit zudem weniger Strom als mit einem vergleichbaren größeren BHKW erzeugt wird (Folie 21). Des Weiteren ist ersichtlich, dass die stromgeführte Betriebsweise im Vergleich zum wärmegeführten Betrieb zu einer höheren Kostenersparnis führt. Dagegen fällt der Pufferspeicher im stromgeführten Betrieb größer aus, da das BHKW nicht zwangsläufig im Maximum des Wärmebedarfs betrieben wird. Zusammenfassend lässt sich aus der Verbrauchskostenberechnung auf Basis der VDI-Richtlinie 4655 folgern, dass bei der Dimensionierung eines BHKWs eine genaue Leistungsabstimmung auf den jeweiligen Bedarf erfolgen muss und dass im Bereich von Ein- und Zweifamilienhäusern Mini-BHKW mit einer elektrischen Leistung von etwa 1-2 $kW_{el}$ vorteilhaft sind (Folie 22).

<u>Quellenangaben</u>


/1/ Fa. SenerTec, Schweinfurt, www.senertec.de

/2/ Fa. SOLO Stirling, Sindelfingen, www.stirling-engine.de

/3/ Fa. PowerPlus Technologies, Gera, www.ecopower.de

/4/ Fa. Stirling.dk, Lygby, Dänemark, www.stirling.dk

/5/ RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., www.blauer-engel.de, Vergabegrundlage für Umweltzeichen “Klein-BHKW-Module für gasförmige Brennstoffe”, RAL-UZ 108, Ausgabe Juni 2004

/6/ Thomas, B.: „Mini-Blockheizkraftwerke“, Vogel-Buchverlag, Würzburg, 2007

/7/ VDI-Richtlinie 4655 (Entwurf): „Referenzlastprofile von Ein- und Mehrfamilienhäusern für den Einsatz von KWK-Anlagen“, 2007

# Strom erzeugende Heizung – kleine Heizsysteme für Ein- und Zweifamilienhäuser

Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas
Hochschule Reutlingen
Fakultät Technik / Maschinenbau
Alteburgstr. 150, 72762 Reutlingen
Tel./Fax: 07121 271 – 7041 / - 7004
email: bernd.thomas@reutlingen-university.de
http://userserv.hs-reutlingen.de/~thomas

- Motivation
- Prüfstandsergebnisse
- Berechnung der Verbrauchskosten
- Zusammenfassung



© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

Hochschule Reutlingen
Reutlingen University
RENEXPO® 2007
Fachtagung „Wärme und Strom im Haushalt umweltschonend selbst erzeugen“ 28.9.2007
Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

## Motivation - Energieeffizienz

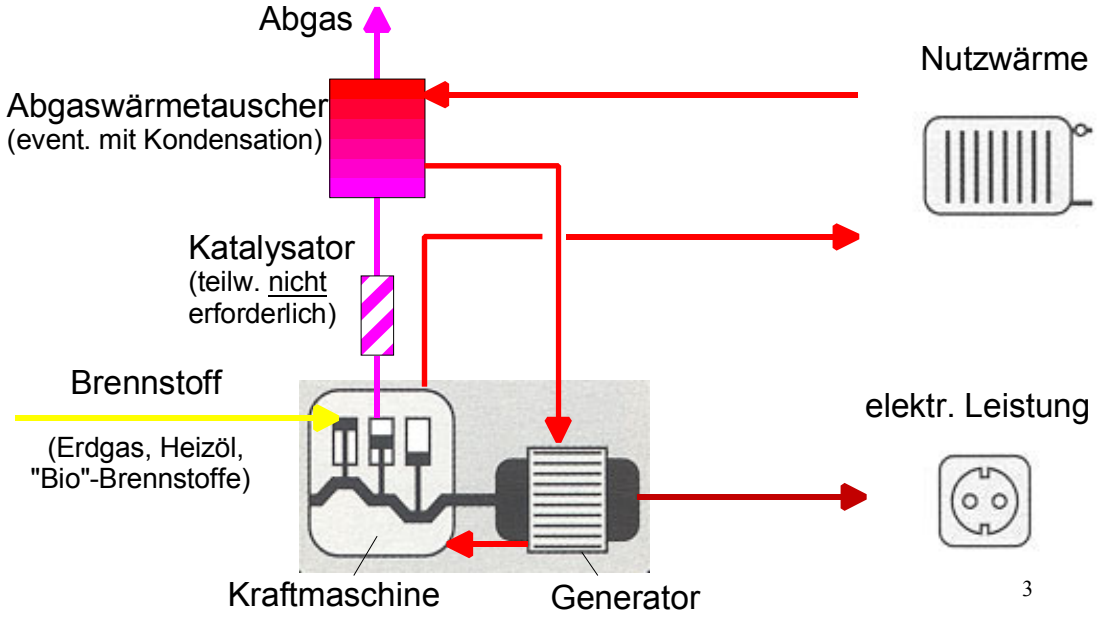
Ressourcenschonung
Minderung der $CO_2$-Emissionen

Einsatz erneuerbarer Energien + Energieeffizienz = sparsamer Einsatz konventioneller Energien



© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

# Motivation – Prinzipdarstellung BHKW






© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

Hochschule Reutlingen
Reutlingen University
RENEXPO® 2007
Fachtagung „Wärme und Strom im Haushalt umweltschonend selbst erzeugen“ 28.9.2007
Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

# Motivation – Klassifizierung BHKW

Kleinere BHKW in **Ein- und Zweifamilienhäusern** erscheinen trotz des geringeren elektrischen Wirkungsgrades sinnvoll, weil kein Wärmeverteilnetz erforderlich ist.

## Klassifizierung

| | |
|---|---|
| Klein-KWK: | $\leq 2000\ kW_{el}$ |
| Kleinst-KWK: | $\leq 50\ kW_{el}$ |
| Mikro-(Mini) KWK: | $\leq 15\ kW_{el}$ |

(nach: Kleine Kraft-Wärme-Kopplung für den Klimaschutz, Infobroschüre IZES, BMU)



© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

# Motivation – Technologieüberblick Mini-BHKW

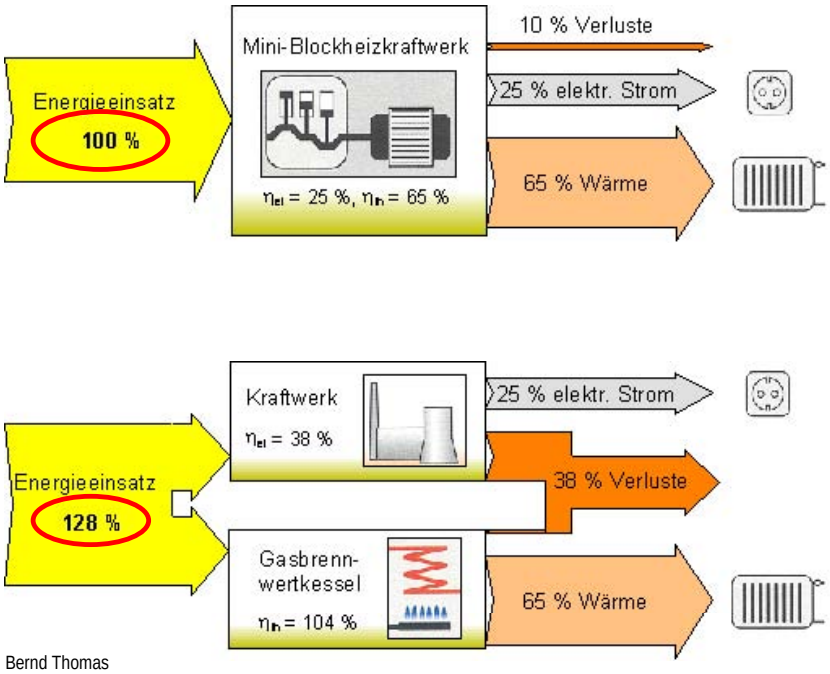
1. Motor BHKW (Otto/Diesel) — am Markt erhältlich
2. Stirling-Motor BHKW — erste Geräte am Markt erhältlich
3. Dampfmotor BHKW — Markteinführung
4. Gasturbinen BHKW — erst ab 28 $kW_{el}$ verfügbar
5. Brennstoffzellen BHKW — noch (hoher) Entwicklungsaufwand



© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

Hochschule Reutlingen
Reutlingen University
RENEXPO® 2007
ASUE
Fachtagung „Wärme und Strom im Haushalt umweltschonend selbst erzeugen“ 28.9.2007
Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

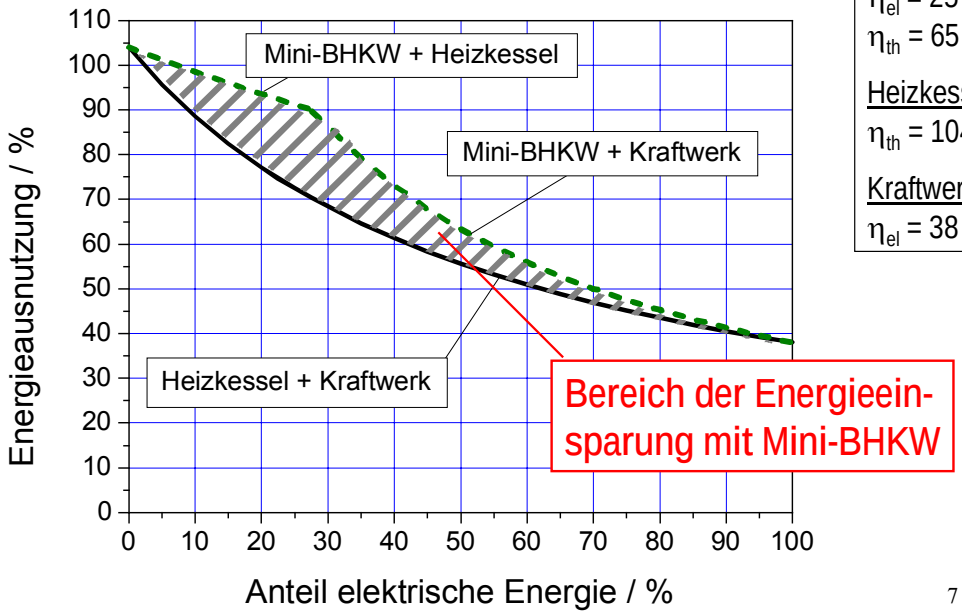
# Motivation – energetische Vorteile






© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

# Motivation – Energieausnutzung




Mini-BHKW
$\eta_{el}$ = 25 %
$\eta_{th}$ = 65 %

Heizkessel
$\eta_{th}$ = 104 %

Kraftwerk
$\eta_{el}$ = 38 %



© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

Hochschule Reutlingen
Reutlingen University
RENEXPO® 2007
Fachtagung „Wärme und Strom im Haushalt umweltschonend selbst erzeugen“ 28.9.2007
Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

# Prüfstand – Forschungsprojekt

Vom BMBF gefördertes Forschungsprojekt (Programm aFuE)

Bundesministerium für Bildung und Forschung

## „Vergleichende Untersuchung von Mini-BHKW“

Zeitraum: 1.11.2003 – 31.5.2005

Vergleichsstandard nach Richtlinie zur Erteilung des Umweltzeichens „Der Blaue Engel“

Mein Recht auf Umwelt.



© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

# Prüfstand - Untersuchte Geräte

SenerTec „Dachs“
$P_{el}$ = 5,5 kW
$\dot{Q}_{th}$ = 12,5 kW

SOLO Stirling
$P_{el}$ = 2 - 9 kW
$\dot{Q}_{th}$ = 8 - 26 kW

PowerPlus Techn. „ecopower“
$P_{el}$ = 1,3 - 4,7 kW
$\dot{Q}_{th}$ = 4 - 12,5 kW

DTU 9 $kW_{el}$ Biogas-Stirling
$P_{el}$ = 9 kW
$\dot{Q}_{th}$ = 25 kW



© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

Hochschule Reutlingen
Reutlingen University
RENEXPO® 2007
ASUE
Fachtagung „Wärme und Strom im Haushalt umweltschonend selbst erzeugen“ 28.9.2007
Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

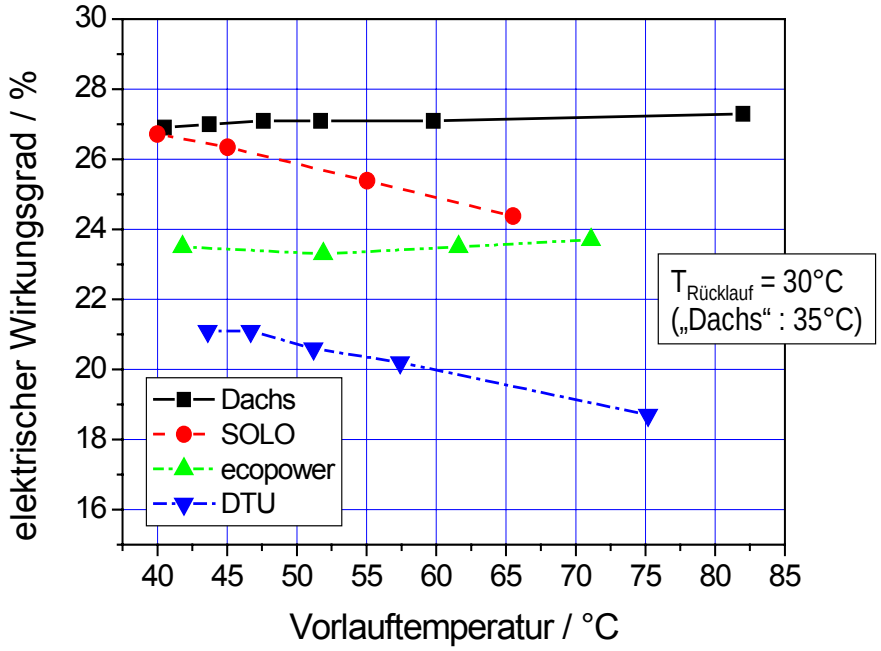
# Prüfstand – Definitionen

- elektrische Leistung BHKW / kW $P_{el}$
- thermische Leistung / kW $\dot{Q}_{th}$
- zugeführte Brennstoffleistung / kW $\dot{Q}_{Brennstoff}$
- elektrischer Wirkungsgrad / - $\eta_{el} = \frac{P_{el}}{\dot{Q}_{Brennstoff}}$
- thermischer Wirkungsgrad / - $\eta_{th} = \frac{\dot{Q}_{th}}{\dot{Q}_{Brennstoff}}$
- Gesamtwirkungsgrad / - (Brennstoffausnutzung) $\eta_{ges} = \eta_{el} + \eta_{th}$



© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

# Prüfstand – Messergebnisse elektrischer Wirkungsgrad

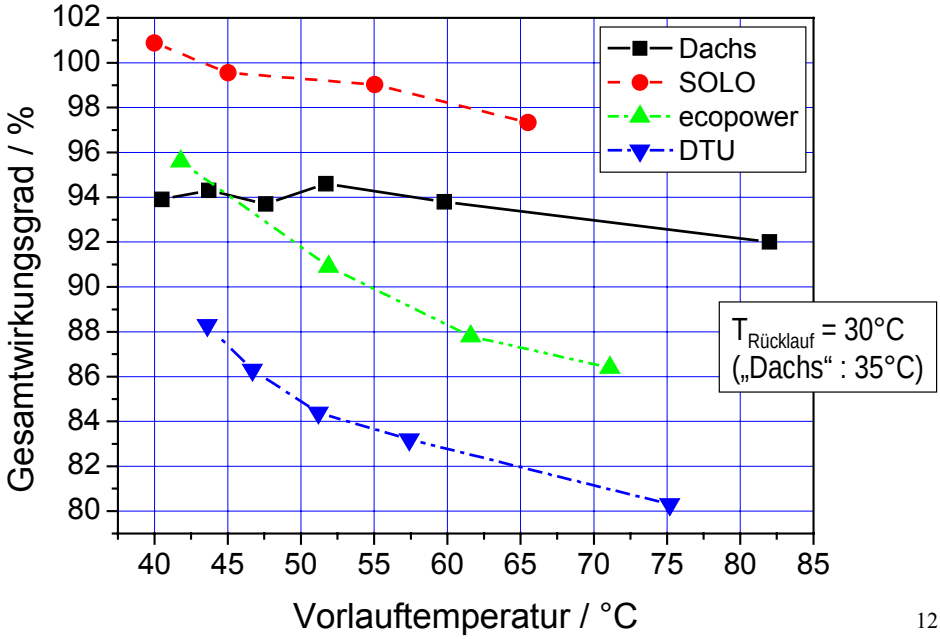





© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

Hochschule Reutlingen
Reutlingen University
RENEXPO® 2007
Fachtagung „Wärme und Strom im Haushalt umweltschonend selbst erzeugen“ 28.9.2007
Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

# Prüfstand – Messergebnisse Gesamtwirkungsgrad






© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

# Prüfstandsuntersuchungen – Fazit

- Ottomotor-BHKW werden mit Rücklauftemperaturanhebung eingebunden, Stirlingmotor-BHKW werden direkt angeschlossen.
- Ottomotor-BHKW benötigen einen Katalysator zur Verringerung der Schadgasemissionen (geregelter 3-Wege Katalysator). Bei Stirlingmotor-BHKW ist kein Katalysator erforderlich.
- Das Solo Stirling BHKW erfüllte allein sämtliche Anforderungen für den „Blauen Engel“.
- Alle Ergebnisse des Projektes sowie allgemeine Hinweise zu Varianten, Aufstellung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Mini-BHKW sind im Buch „Mini-Blockheizkraftwerke“ zusammengefasst.

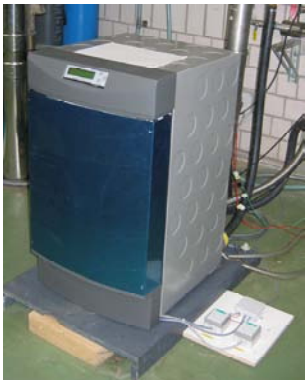
Vogel-Buchverlag



© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

Hochschule Reutlingen
Reutlingen University
RENEXPO® 2007
Fachtagung „Wärme und Strom im Haushalt umweltschonend selbst erzeugen“ 28.9.2007
Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

# Prüfstand – weitere Untersuchungen



<u>WhisperGen „Mark IV“</u>
$P_{el}$ = 0,75 / 1,0 kW
$\dot{Q}_{th}$ = 7 / 8 kW

<u>OTAG „lion“</u>
$P_{el}$ = 0,2 – 2,2 kW
$\dot{Q}_{th}$ = 2,5 - 16 kW
(ab Okt. 2007)



© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

# Verbrauchskosten – allgemein

Mini-BHKW sollten aus Gründen der Dauerhaltbarkeit (ähnlich wie Wärmepumpen) nicht im Taktbetrieb sondern möglichst kontinuierlich betrieben werden.

- Dauerbetrieb
  ⇒ Grundlastbetrieb mit Spitzenlastkessel
  ⇒ derzeit in größeren Einheiten (z.B. Mehrfamilienhäuser) eingesetzt

- Ein-/Zweifamilienhäuser: intermittierender Betrieb mit Speicher
  ⇒ wärmegeführter Betrieb mit Pufferspeicher; Betrieb während der Phasen mit hohem Wärmebedarf zur Begrenzung der Speichergröße

Strombedarf / Stromangebot ?



© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

Hochschule Reutlingen
Reutlingen University
RENEXPO® 2007
Fachtagung „Wärme und Strom im Haushalt umweltschonend selbst erzeugen“ 28.9.2007
Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

# Verbrauchskosten – Vergütung für die Stromeinspeisung

Die Vergütung für den eingespeisten Strom setzt sich bei Mini-BHKW aus 3 Anteilen zusammen:

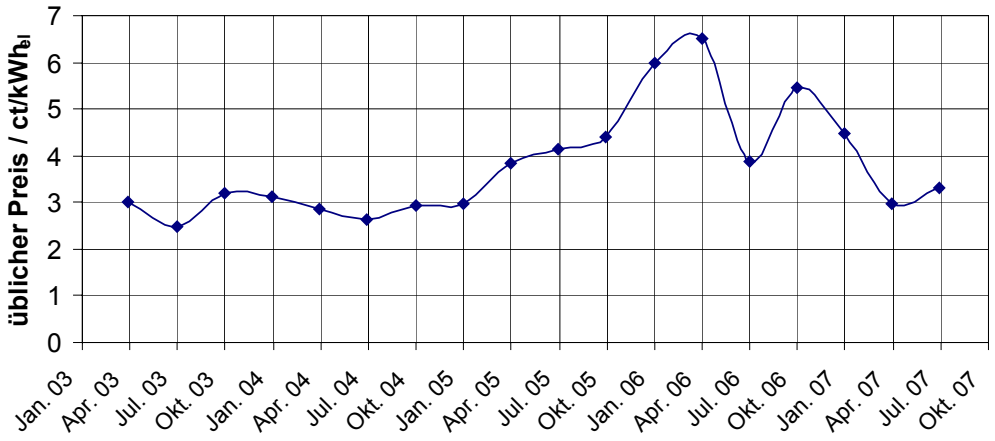
| | | |
|---|---|---|
| 1. | Einspeisevergütung nach KWK-Gesetz<br>(Anlage < 50kW$_{el}$, über 10 Jahre bei Inbetriebnahme bis 31.12.2008) | 5,11 ct/kWh$_{el}$ |
| 2. | Vergütung für vermiedene Netzbenutzung | < 1 ct/kWh$_{el}$ |
| 3. | „üblicher Preis“ nach Strombörse Leipzig (EEX) | 3,32 ct/kWh$_{el}$ |
| | | ~ 9 ct/kWh$_{el}$ |
| | Tarif für Haushaltsstrom (brutto):<br>(fairenergie, FairStrom Plus, 1,2-4 MWh/Jahr) | 18,54 ct/kWh$_{el}$ |



© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

# Verbrauchskosten – üblicher Preis

Entwicklung des „üblichen Preises“ seit Einführung:



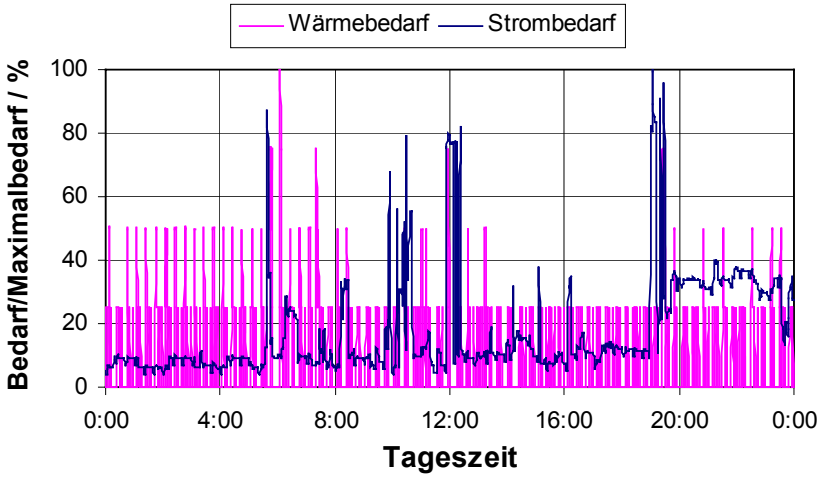



© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

Hochschule Reutlingen
Reutlingen University
RENEXPO® 2007
Fachtagung „Wärme und Strom im Haushalt umweltschonend selbst erzeugen“ 28.9.2007
Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

# Verbrauchskosten – Strombedarf/Wärmebedarf

Interessenskonflikt zwischen Strom- und Wärmebedarf im Haus




(nach: VDI Richtlinie 4655, Typtag ÜWH)



© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

# Verbrauchskosten – VDI-Richtlinie 4655

VDI-Richtlinie 4655 „Referenzlastprofile von Ein- und Mehrfamilienhäusern für den Einsatz von KWK-Anlagen“ definiert Typtage

| Sommer | | Übergang | | | | Winter | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | heiter | | bewölkt | | heiter | | bewölkt | |
| Werk-tag | Woch.-ende | Werk-tag | Woch.-ende | Werk-tag | Woch.-ende | Werk-tag | Woch.-ende | Werk-tag | Woch.-ende |

- Die Anzahl der Typtage pro Jahr ist abhängig von der Klimazone angegeben
- Für jeden Typtag sind Lastprofile für Strom-, Heizwärme- und Brauchwasserwärmebedarf gegeben (für EFH in Minutenschritten)



© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

Hochschule Reutlingen
Reutlingen University
RENEXPO® 2007
Fachtagung „Wärme und Strom im Haushalt umweltschonend selbst erzeugen“ 28.9.2007
Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

# Verbrauchskosten – VDI-Richtlinie 4655 / Beispielrechnung

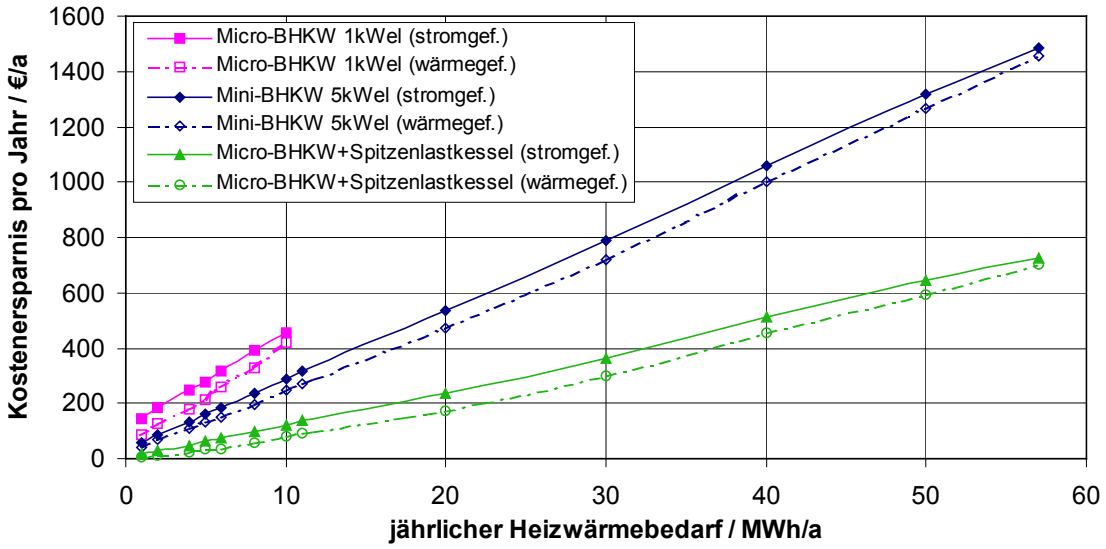
Randbedingungen:

- EFH mit 3 Personen
  (⇒ Stromverbrauch: 5250 kWh/a, Brauchwasserwärmebedarf: 1500 kWh/a, Heizwärmebedarf: variabel)
- BHKW läuft 1x am Tag unter Volllast in der Phase des maximalen Wärme- oder Strombedarfs (Der Restwärmebedarf wird über den Speicher gedeckt.)
- Vergleichsrechnung zum Heizkessel mit aktuellen Tarifen
  (⇒ nur Brennstoffkosten sowie Einspeisevergütung bzw. vermiedener Strombezug)
- Betrachtung: 1. Mini-BHKW mit 5kW$_{el}$, 12 kW$_{th}$, 18 kW$_{Br}$
  2. Micro-BHKW mit 1kW$_{el}$, 2,5 kW$_{th}$, 4 kW$_{Br}$
  3. Micro-BHKW+Spitzenlastkessel:1kW$_{el}$, 12 kW$_{th}$, 14 kW$_{Br}$



© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

# Verbrauchskosten – Beispielrechnung / jährliche Einsparung






© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas



# Zusammenfassung

- Mini-BHKW in Ein- und Zweifamilienhäusern können helfen, signifikant Primärenergie einzusparen.
- Die Gerät sind technisch ausgereift und können den herkömmlichen Heizkessel ersetzen sowie – bei richtiger Auslegung und Installation – ohne Komforteinbußen betrieben werden.
- Mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit sind lange Laufzeiten erforderlich, die u.a. im Grundlastbetrieb zusammen mit einem Spitzenlastkessel erreicht werden können.
- Beim Einsatz in Ein- und Zweifamilienhäusern ist eine genaue Leistungsabstimmung Voraussetzung für eine optimal Verbrauchskostenersparnis.

  $\Rightarrow$ Kleinere Geräte im Bereich von 1-2 $kW_{el}$ sind vorteilhaft.



© Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

# Auslegung, Genehmigung und Einbindung von Strom erzeugenden Heizungen

E. Schulz, Augsburg

ASUE Fachtagung
am 28.09.07

# Die stromerzeugende Heizung auf dem Weg zum Kunden

Referent: Dipl. Ing. (FH) Erich Schulz
öbuv Sachverständiger d. HWK f. Schwaben
Gas- u. Wasserinst., Zentralheizungs- u. Lüftungsbau

Thema:
Auslegung – Genehmigung – Einbindung

# Auslegung in Abhängigkeit von der angestrebten Betriebsführung

- **Wärmegeführter Netzparallelbetrieb**
  ( für EFH / MFH, Mini-BHKW, wirtschaftlich interessant wenn ohne Zusatzkessel auskommen, Investitionskosten !)

  ↓

  **Wärmebedarf / Jahresdauerlinie**
  ( Einsatz modulierbarer Mini-BHKW zur optimalen Abdeckung des Wärmebedarfes)

  ↓

  **Spitzenlastdeckung** (durch Heizkessel, durch Pufferspeicher und evtl. zusätzl. Elektroheizpadrone)

- **Stromgeführter Netzparallelbetrieb**
  ( Problem Wärmeabführung, Wärmenutzung im Sommer
  ausschließliche Stromeinspeisung erst ab 100 kWel wirtschaftlich darstellbar )

  ↓

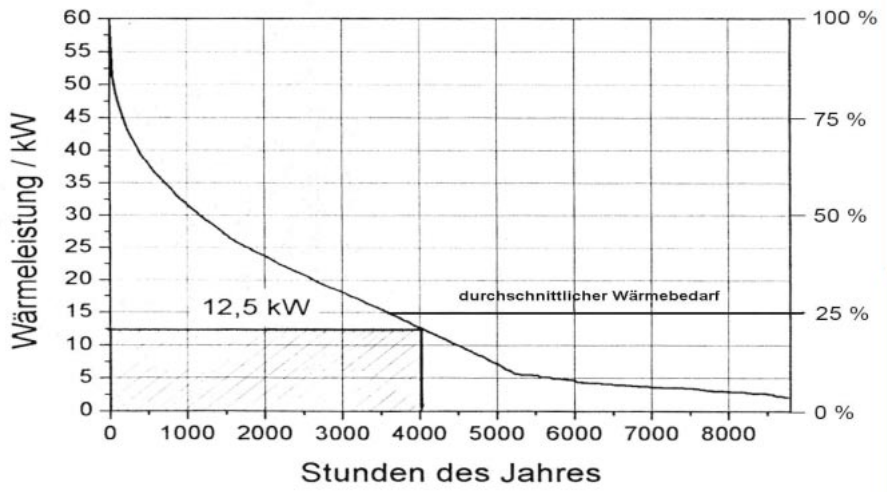
  **Strombedarf / Stromerfassungsdiagramm**

  ↓

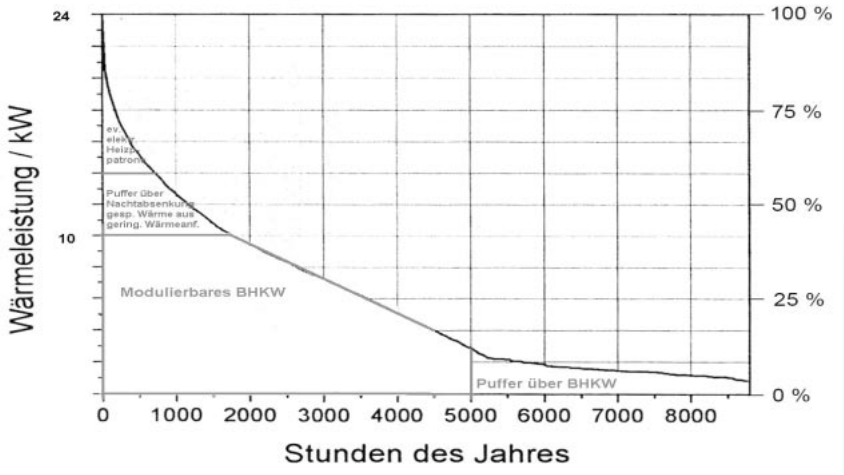
  **Abbau von Bezugsspitzen (Industrie- und Gewerbe)**



## Auslegung über Wärmebedarf und Jahresdauerkennlinie



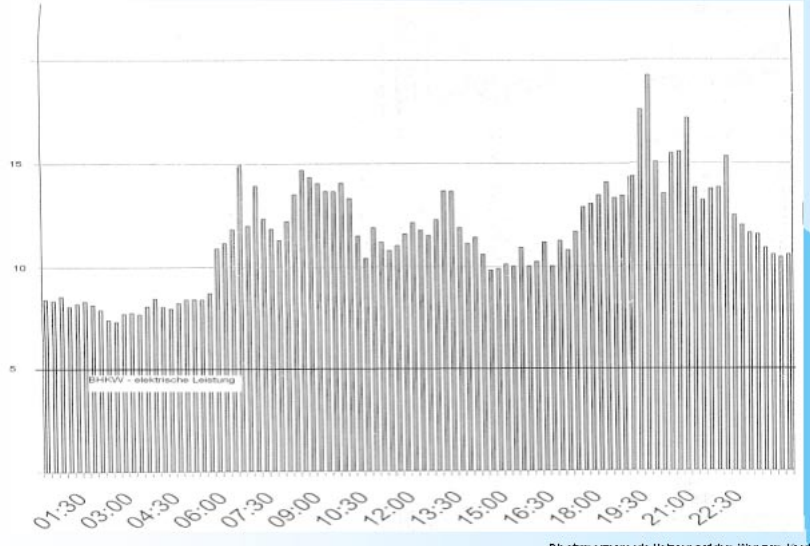
## Auslegung über Wärmebedarf Mini BHKW (z.B. EFH)






## Auslegung nach Strombedarf / Stromerfassung

EVU - Stromerfassung



## Genehmigung

- Bauantrag (bayerische Bauordnung / erst ab 50kW, entfällt bei Mini-BHKW)
- Bafa (Vergütung nach KWK-Gesetz / Einsatz regenerativer Energien)
- Hauptzollamt (Rückerstattung der Mineralölsteuer/Ökosteuer)
- Anmeldung beim Gasversorger
- Anmeldung beim Energieversorgungsunternehmen
- Genehmigung durch den Bezirkskaminkehrermeister (evtl. Anschluss an bestehende Abgasanlage oder separate Abgasführung)
- Berücksichtigung TA – Lärm (Grenzwerte für Schallemission)
- Berücksichtigung TA – Luft (>1MW / entf. bei Mini-BHKW)

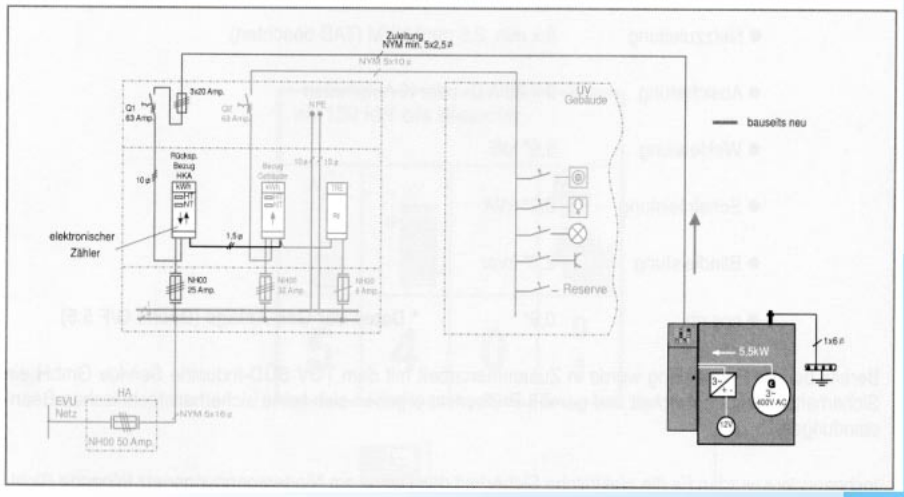


## EINBINDUNG

Elektrische Einbindung in Abhängigkeit der Betriebsführung

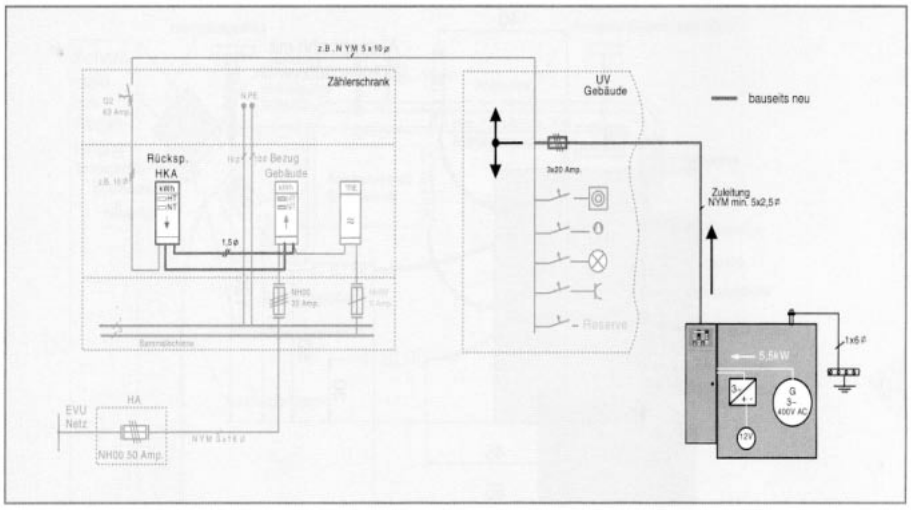
- Eigennutzung mit Rückeinspeisung und Restbezug
- Eigennutzung ohne Rückeinspeisung und Restbezug
- Netzersatz

## Einspeisung nur in das öffentliche Netz

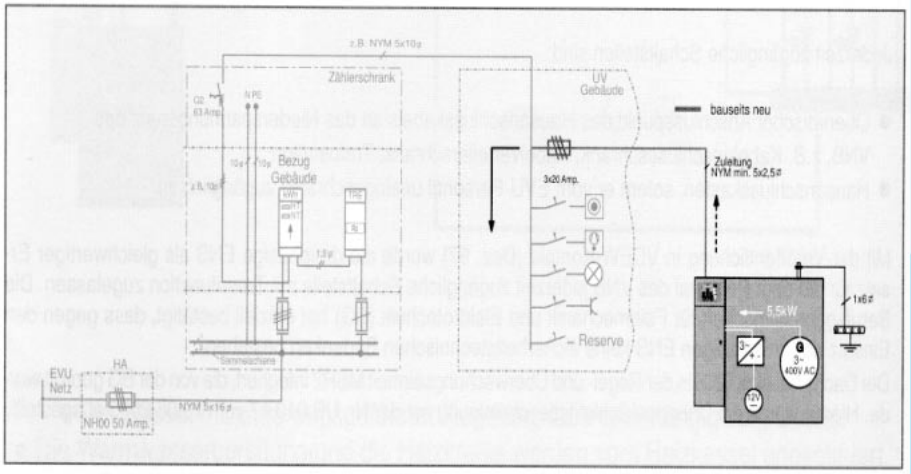





## Einspeisung in das Gebäude und das öffentliche Netz



Einspeisung nur in das Gebäude






# EINBINDUNG

Hydraulischer Anschluss in Abhängigkeit der Betriebsweise

- Bestandsanlage mit Pufferspeicher
- Bestandsanlage ohne Pufferspeicher
- Neuanlage mit Pufferspeicher
- Neuanlage ohne Pufferspeicher

Voraussetzung:
hydraulische Einregulierung gemäß EnEV, VOB/C, DIN 18380

# ZIELSETZUNG:

niedrige Rücklauftemperatur

↓

Nutzung der im Abgas vorhandenen Kondensationswärme
(höherer thermischer Wirkungsgrad)

↓

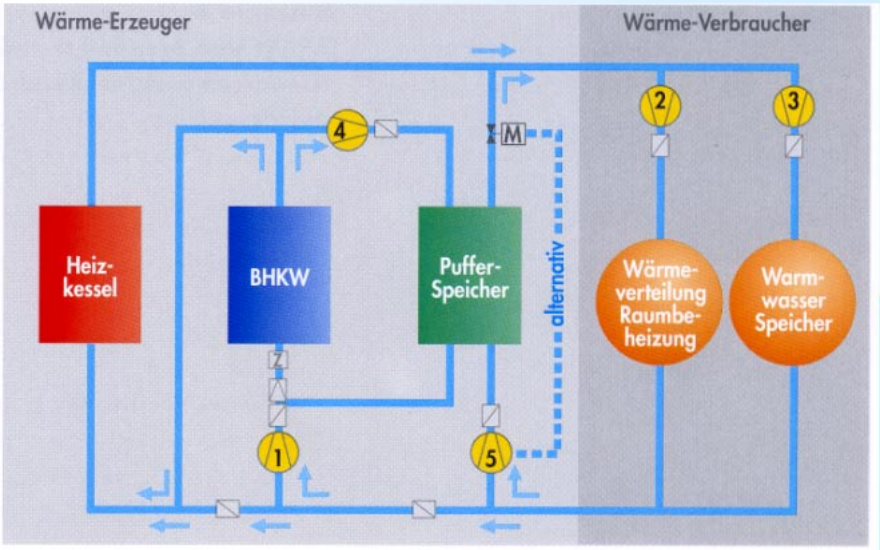
Effektivere Kühlung des Kraftmaschinenprozesses
(höherer elektrischer Wirkungsgrad)

**Vermeidbare Fehler:** (ähnliche Regeln wie beim Brennwertkessel)

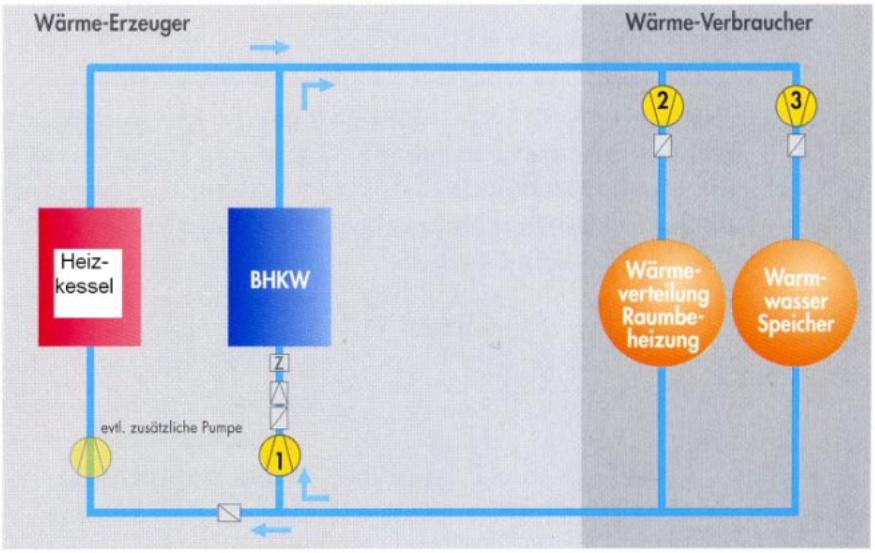
- Vier-Wege-Mischer
- Rücklaufanhebung
- Differenzdrucküberströmventil
- Hydraulische Weiche



## Bestandsanlage mit Pufferspeicher

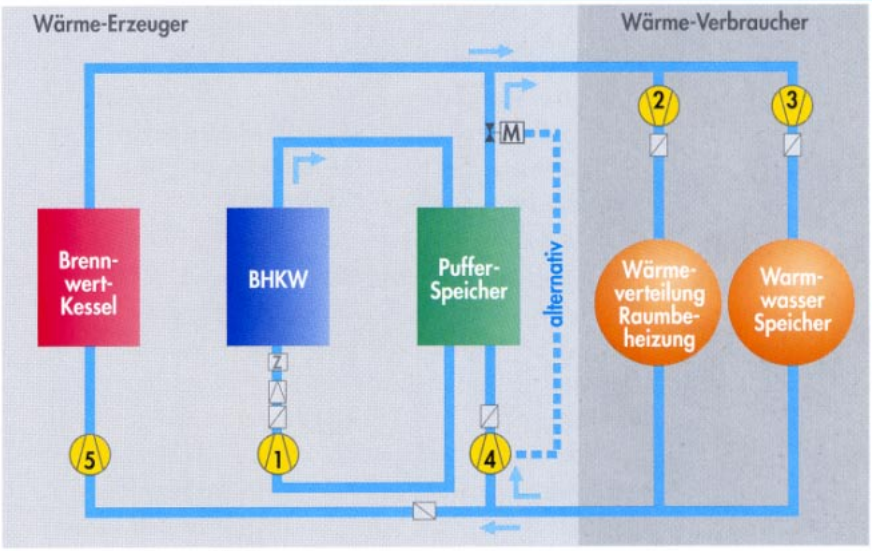


## Bestandsanlage ohne Pufferspeicher

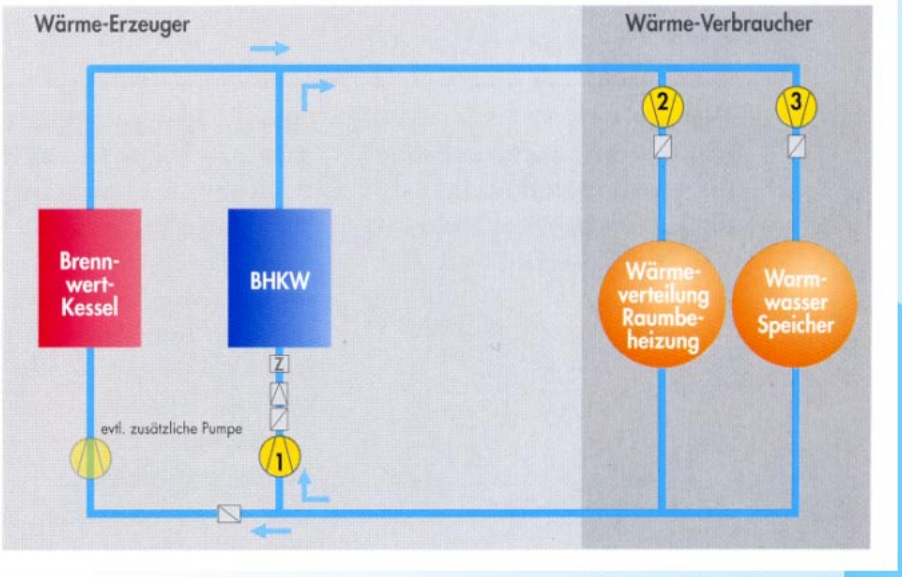




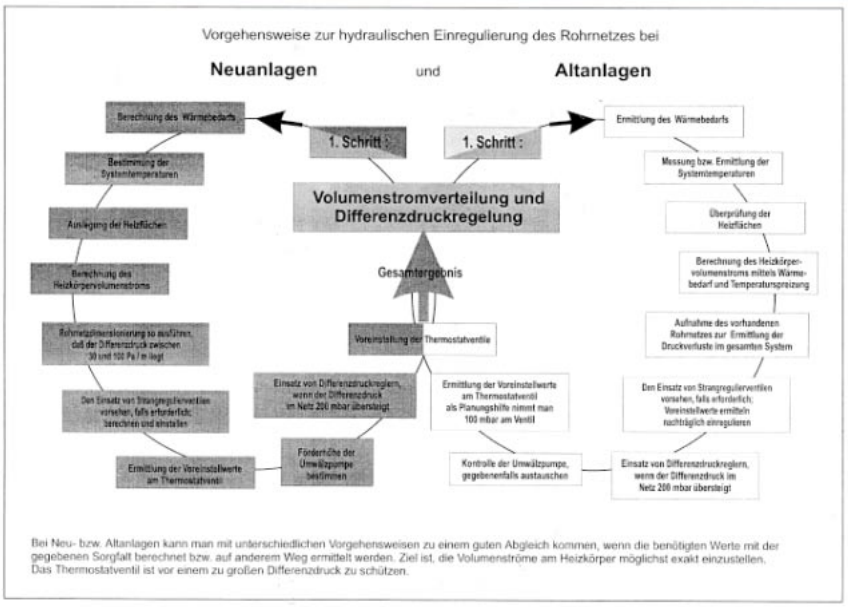

## Neuanlage mit Pufferspeicher



# Neuanlage ohne Pufferspeicher



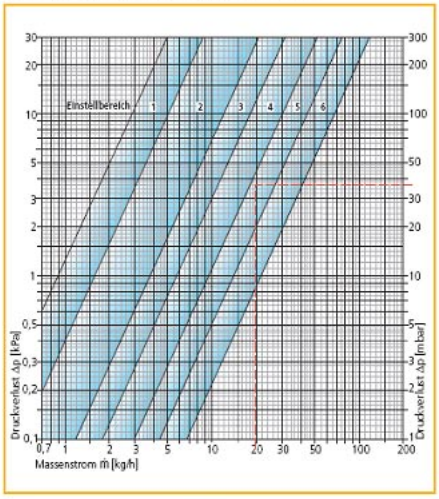


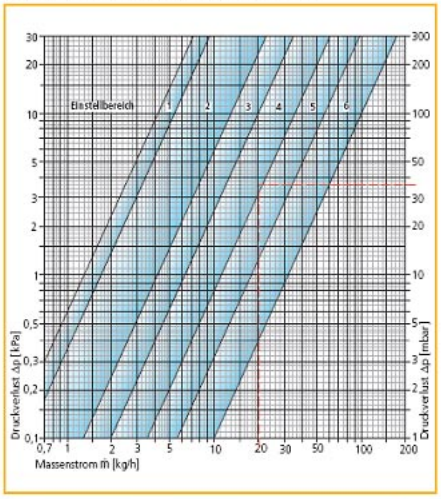

Hydraulischer Abgleich

## Voreinstellung der Thermostatventile

Regeldifferenz [xp] min. 0,3 K bis **max. 1,0 K**

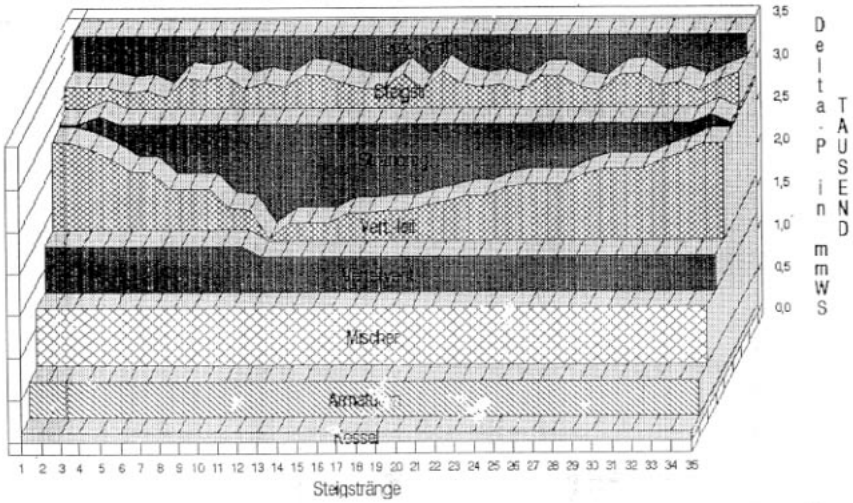



Regeldifferenz [xp] min. 0,4 K bis **max. 2,0 K**






## Hydraulik der Stränge
## Haus-Nr. 33 bis 47



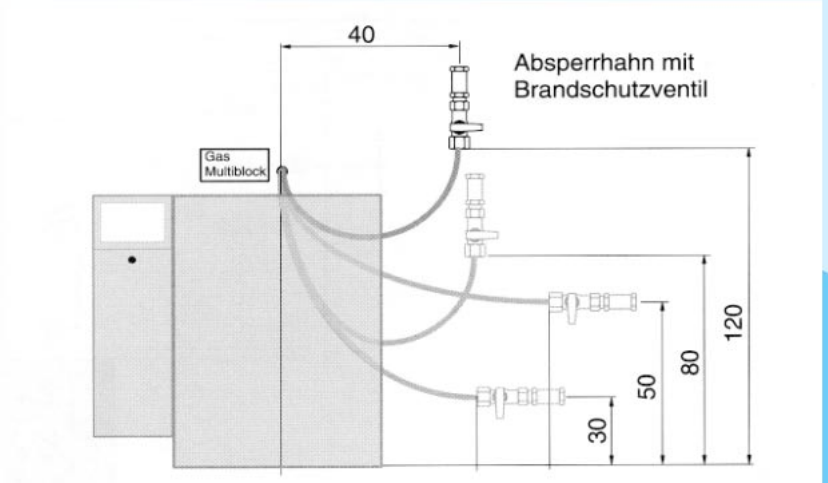
## Brennstoff Versorgung

Versorgung mit:

- Erdgas (TRGI)
- Flüssiggas ( TRF )
- Heizöl ( TRbF)
- Regenerative Brennstoffe (Raps- & Sojaöl, Biogas usw.)

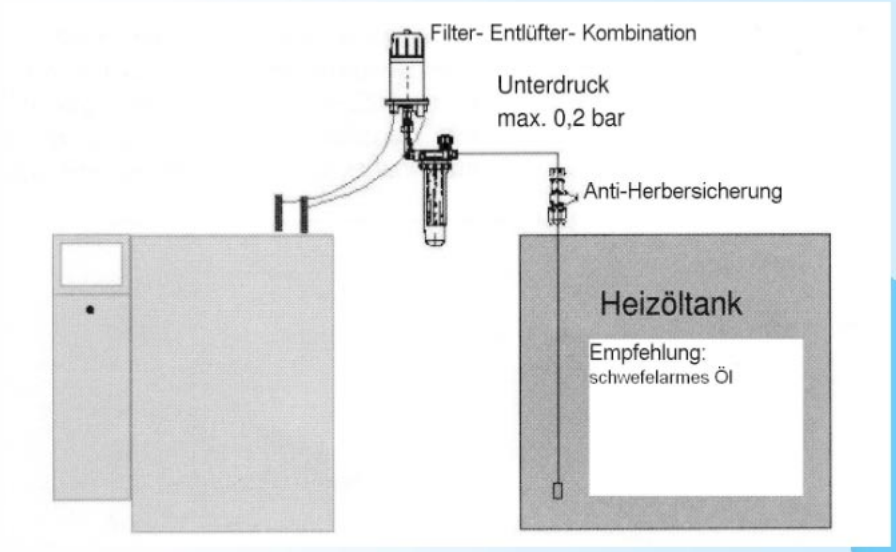


## Versorgung mit Erdgas (TRGI) / Flüssiggas ( TRF )



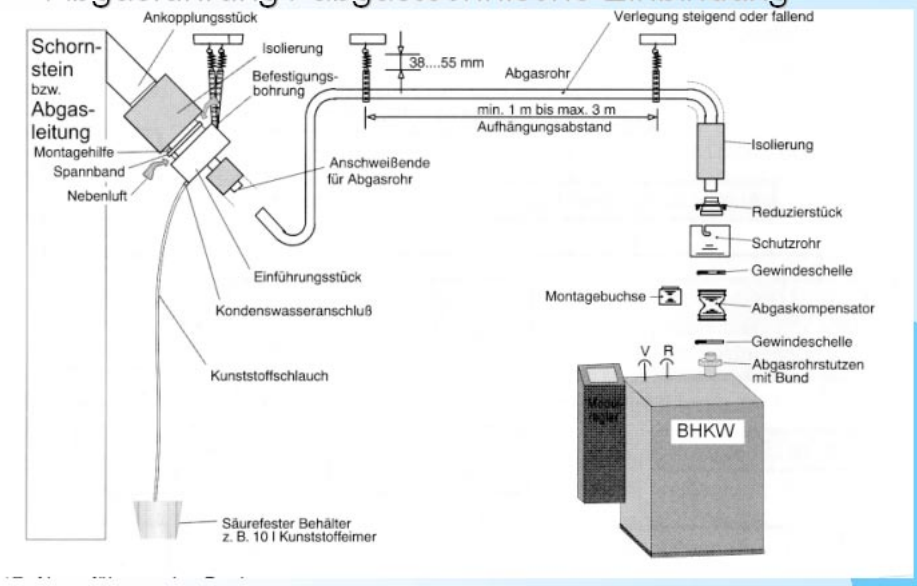

Anschluss nur durch vom GVU zugelassenem VIU (Vertragsinstallateur)
DVGW geprüfte, zertifizierte Geräte

# Versorgung mit Erdöl ( TRbF )

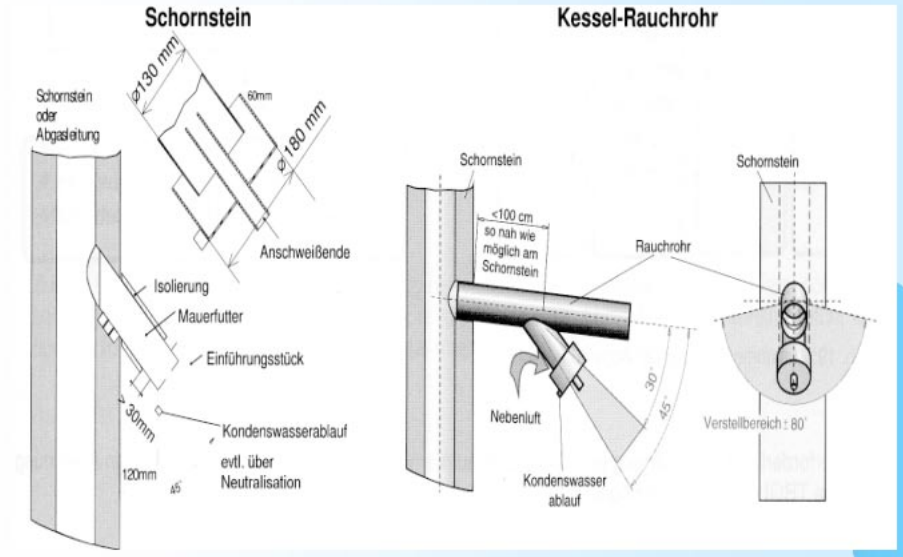





# Abgasführung / abgastechnische Einbindung



## Abgasführung / Einmündung






## Fazit:

- Genehmigung nicht wesentlich aufwändiger als bei konventioneller Heizungsanlage
- Koordination mit Elektriker, EVU und GVU
- Achtung !
  Einbringmaße Pufferspeicher, BHKW

# Roman Herzog:

„ Wir haben nicht nur die
Verantwortung für das
was wir tun,
sondern auch für das,
Was wir nicht tun.“

Vielen Dank

für Ihre Aufmerksamkeit !

# Die Strom erzeugende Heizung auf dem Weg zum Kunden

H. Kaumeier, Augsburg

ASUE-Fachtagung

Wärme und Strom im Haus

umweltschonend selbst erzeugen

erdgas schwaben

# Die Strom erzeugende Heizung

# auf dem Weg zum Kunden

Helmut Kaumeier, erdgas schwaben gmbh, Augsburg

**Helmut Kaumeier**
**Vertrieb**

**erdgas schwaben gmbh**
**Bayerstraße 43**
**86199 Augsburg**

**Tel.:** 0821 9002-116
**Fax:** 0821 9002-47116

**E-Mail:** helmut.kaumeier@erdgas-schwaben.de
**Internet:** www.erdgas-schwaben.de

## Wie schützen wir unser Klima?

**Deutschland müsste vier Milliarden pro Jahr in Klimaschutz investieren**

**(Modellrechnung vom Umweltbundesamt)**



## Klimaschutz

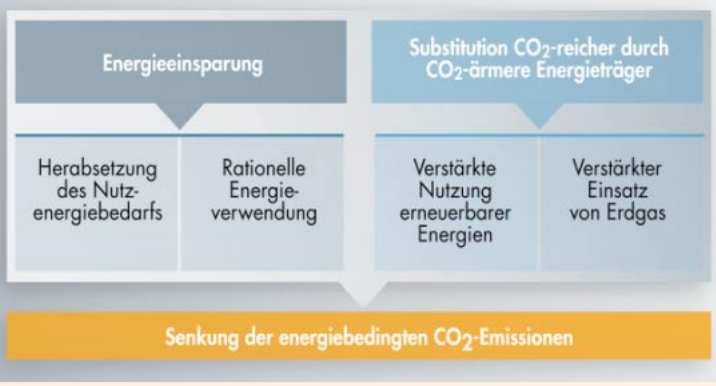
- Der Konflikt zwischen dem kurzfristigen Gewinnstreben und den Notwendigkeiten zum Klimaschutz ist offen ausgebrochen
- Klimaschutz kostet Geld
- Aber kein Klimaschutz wird noch viel mehr Geld kosten
- Kein Klimaschutz wird zur Existenzbedrohung
- Klimaschutz ist deshalb auch Eigennutz

## Klimaschutz

- Der Konflikt zwischen dem kurzfristigen Gewinnstreben und den Notwendigkeiten zum Klimaschutz ist offen ausgebrochen
- Klimaschutz kostet Geld
- Aber kein Klimaschutz wird noch viel mehr Geld kosten
- Kein Klimaschutz wird zur Existenzbedrohung
- Klimaschutz ist deshalb auch Eigennutz

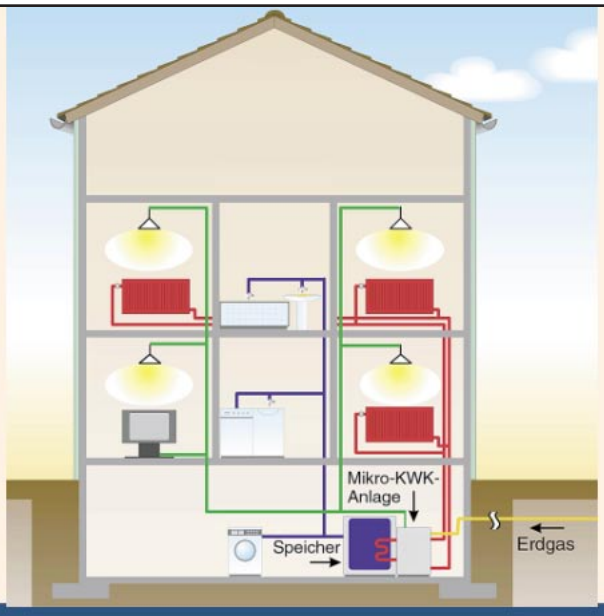


## Möglichkeiten zur Senkung der energiebedingten $CO_2$-Emissionen



Vertrieb
Helmut Kaumeier

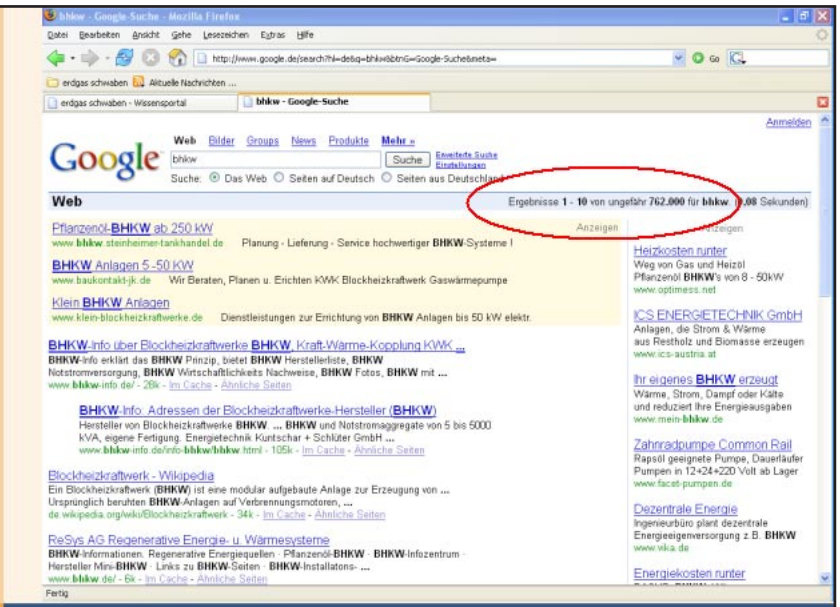
erdgas schwaben






Vertrieb
Helmut Kaumeier

erdgas schwaben






## Was ist ein Blockheizkraftwerk (BHKW)?

*Ein Blockheizkraftwerk (BHKW) ist ein Motor mit einem Generator, das zur Energieversorgung in Objekten eingesetzt wird.*

*Der Motor treibt den Generator an, welcher **Strom** erzeugt.*
*Die anfallende **Wärme** von Motor, Abgas und Kühlwasser wird zum Heizen und zur Warmwasserbereitung genutzt.*

*Die **Wärme** und der **Strom** werden immer gleichzeitig erzeugt.*

## Übrigens

Es ist noch **niemals** eine Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage **zu klein** ausgelegt worden,
aber **viele viel zu groß**!

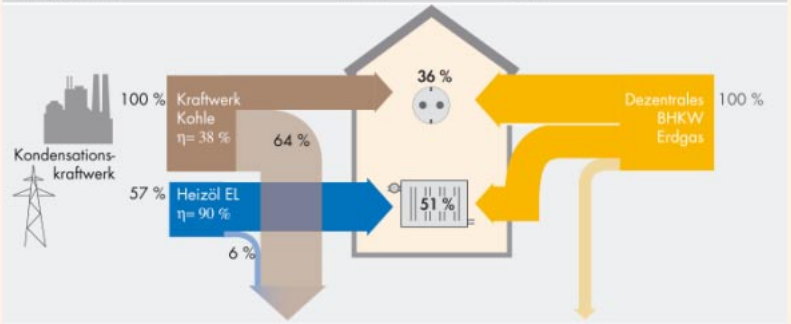
Bei jeder Stromerzeugung entstehen ca. 60% Wärmeenergien.



Vertrieb
Helmut Kaumeier

erdgas schwaben

| Stromerzeugung | getrennte Erzeugung | BHKW |
|---|---|---|
| Effizienz | 55 % | 87 % |
| Energieeinsatz | 157 % | 100 % |



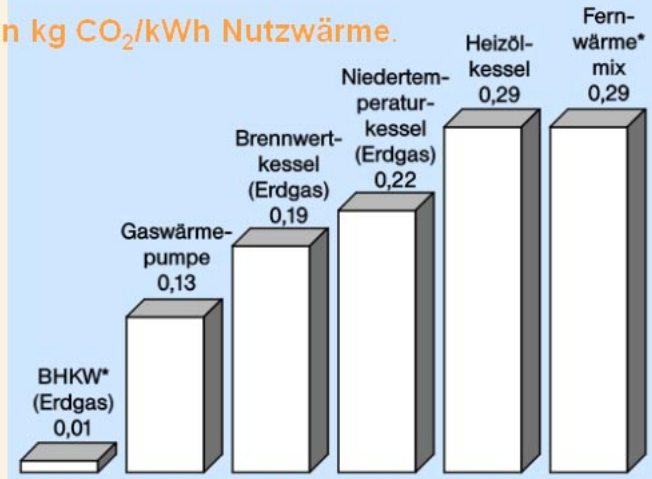

| | | | |
|---|---|---|---|
| Verluste | 70 % | | 13 % |

| | | Entlastung um |
|---|---|---|
| Staub | 100 % | 99,0 % |
| $SO_2$ | 100 % | 98,5 % |
| $NO_x$ | 100 % | 29,0 % |
| $CO_2$ | 100 % | 58,0 % |

| | | Einsparung um |
|---|---|---|
| Primärenergie | 100 % | 36,0 % |

Hinweis: Berechnung siehe Broschüre „BHKW Grundlagen" herausgegeben von ASUE.

## $CO_2$-Bildung in kg $CO_2$/kWh Nutzwärme.




Wärmeerzeugung aus BHKW ist fast ohne zusätzliche $CO_2$-Emissionen möglich

ASUE-Grafik



## Vorteile eines BHKWs

- Anstieg der Energieeffizienz durch gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme
- Verringerung des Primärernergiebedarfs
- Reduktion der $CO_2$ –Emissionen
- Verringerung des Strombezugs
- Innovative Ergänzung des Angebotes an Heizsystemen
- Installation wie herkömmliche Heizsysteme

| | |
|---|---|
| **Quelle** | Berliner Morgenpost vom 24.08.2007 |
| **Seite** | 2 - 2 |
| **Ressort** | POLITIK |
| **Autor** | Von Vera Hella Fröhlich |

BERLINER MORGENPOST

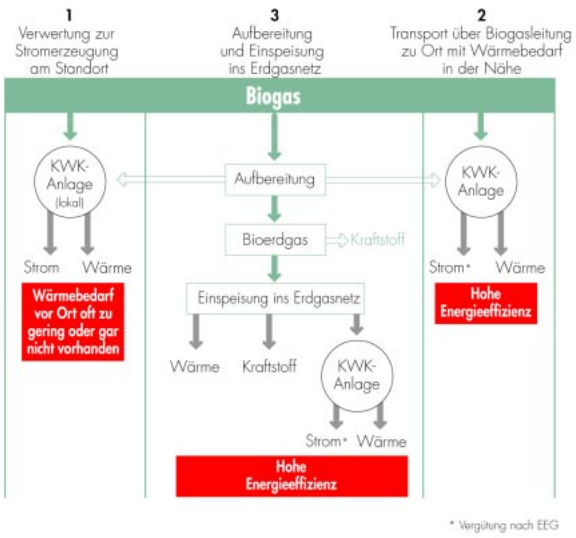
# Das Energiepaket - so will Merkel das Klima retten

Bundesregierung möchte CO2-Ausstoß bis 2020 um 40 Prozent senken

**Strom:** Der Anteil von Strom aus der umweltfreundlichen Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) wird bis 2020 auf etwa 25 Prozent verdoppelt.
Die KWK-Umlage wird weitergeführt und auf dem derzeitigen Niveau von rund 750 Millionen Euro pro Jahr gedeckelt.
Der Anteil der erneuerbaren Energien wie Wind, Sonne oder Biomasse von derzeit 13 Prozent an der Stromproduktion soll bis 2020 auf 25 bis 30 Prozent steigen.

**Wärme:** In die Erdgasleitungen kann auch Biogas eingespeist werden; bis 2020 sollen bereits sechs Prozent erreicht werden.





## BHKW im Neubau

### Ökologisch Bauen

C. Einbau von Heizungstechnik auf Basis erneuerbarer Energien, Kraft-Wärme-Kopplung und Nah-/Fernwärme bei Neubauten:



## BHKW im Altbau

### Wohnraum Modernisieren ÖKO-PLUS-Maßnahmen

2. Erneuerung der Heizungstechnik
   - **auf Basis erneuerbarer Energien**, unter anderem:
     Wärmepumpen, solarthermische Anlagen, Biogas-, Biomasseanlagen, Holzvergaser, Wärmetauscher, Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung, Brennwertkessel nur zusammen mit solarthermischer Anlage
   - **BHKW, Nah- und Fernwärme**
   - **Austausch energieintensiver Heiztechnik**
     Austausch von Kohle-, Öl- und Gaseinzelöfen sowie Nachtspeicherheizungen durch Zentralheizungs-anlagen auf Basis Brennwerttechnologie

# Verfügbare Geräte

| Hersteller | Gerät | Prinzip | elek. Leistung [kW] | therm. Leistung [kW] | Maße (BxHxT) [m] | Gewicht [kg] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Senertec GmbH | Dachs HKA | Otto-Motor | 5,5 | 12,5 – 20,5 | 0,72 x 1,0 x 1,07 | 530 |
| PowerPlus Technologies GmbH | ecopower | Otto-Motor | 1,3 – 4,7 | 4,0 – 12,5 | 0,74 x 1,08 x 1,37 | 395 |
| Solo Stirling GmbH | Solo Stirling 161 | Stirling-Motor | 2,0 – 9,0 | 8,0 – 26,0 | 0,70 x 0,98 x 1,28 | 450 |
| EC Power | XRGI 13G-TO | Otto-Motor | 4,0 – 13,0 | 17,0 – 29,0 | 0,75 x 1,11 x 1,25 | 700 |



# Gerät

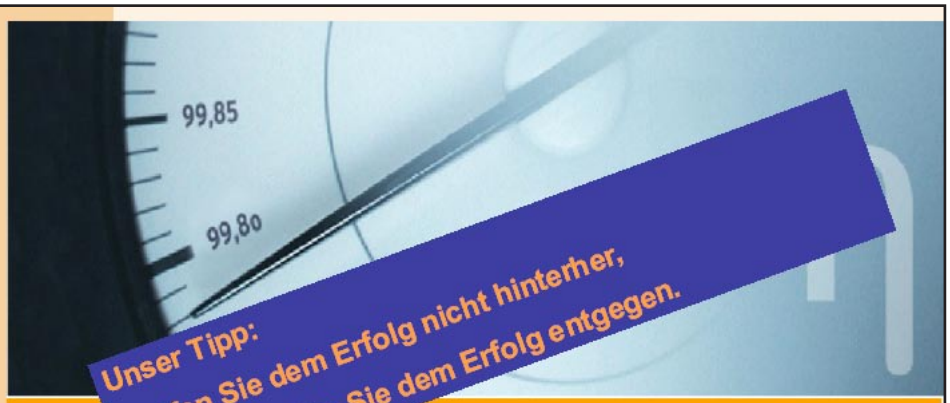
| Hersteller | Gerät | Prinzip | elek. Leistung [kW] | therm. Leistung [kW] | Maße (BxHxT) [m] | Gewicht [kg] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Honda Motor Co., Ltd. | Ecowill | Otto-Motor | 1,0 | 3,25 | 0,64 x 0,94 x 0,38 | ca. 81 |
| BBT Thermotechnik GmbH | | Stirling-Motor | 0,2 – 0,45 | 1,5 – 3,0 | | ca. 130 |
| Enatec micro-cogen B.V. | | Stirling-Motor | 1,0 | 4,0 – 35,0 | | ca. 100 |
| Sunmachine Gesellschaft für Stirling-Technologien mbH | Sunmachine | Stirling-Motor | 1,0 | 2,5 | | |
| WhisperGen Ltd. | WhisperGen | Stirling-Motor | 1,0 | 7,5 – 14,0 | 0,48 x 0,84 x 0,56 | ca. 150 |
| Otag Vertriebs GmbH | Lion Powerblock | Dampfkraftmaschine | 0,2 – 2,2 | 2,5 – 16,0 | 0,62 x 1,26 x 0,83 | ca. 190 |
| Stirling Systems AG | Stirling Energy Module (SEM) | Stirling-Motor | 1,2 | 5,0 | 0,70 x 1,35 x 0,90 | |

## Die Wirtschaftlichkeit einer BHKW-Anlage...

**...wird bestimmt durch:**

1. **den vorhandenen, ganzjährigen Grundwärmebedarf der Nutzer**
2. **den rein wärmegeführten Betrieb der Anlage**
3. **die optimale Ausnutzung der eingesetzten Primärenergie**
4. **die Substitution von teurem, konventionellem Strom**
5. **die volle Steuerbefreiung der Primärenergie**
6. **die Entlastung durch die vermiedene Stromsteuer**
7. **durch mögliche Förderung**






**Unser Tipp:**
**Laufen Sie dem Erfolg nicht hinterher,**
**Sondern laufen Sie dem Erfolg entgegen.**

**Es ist nicht genug zu wissen,**
**man muss es auch anwenden.**

**Es ist nicht genug zu wollen,**
**man muss es auch tun.**
(Johann Wolfgang von Goethe)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

# Vorteile der Strom erzeugenden Heizung im Rahmen des Gebäudeenergieausweis

D. Weisenberger, Schweinfurt

# Vorteile der Strom erzeugenden Heizung im Rahmen des Gebäudeenergieausweis

Referent: Dietmar Weisenberger
Leiter Projektabteilung/Produktmanagement
SenerTec GmbH Schweinfurt



## Agenda

- Zahlen, Daten Fakten zum Dachs
- Die Dachs Systemtechnik - Voraussetzung für den Einsatz des Dachs in Wohngebäuden
- Vorteile im Rahmen der EnEV
- Vergleich verschiedener Heizsysteme
- Fazit

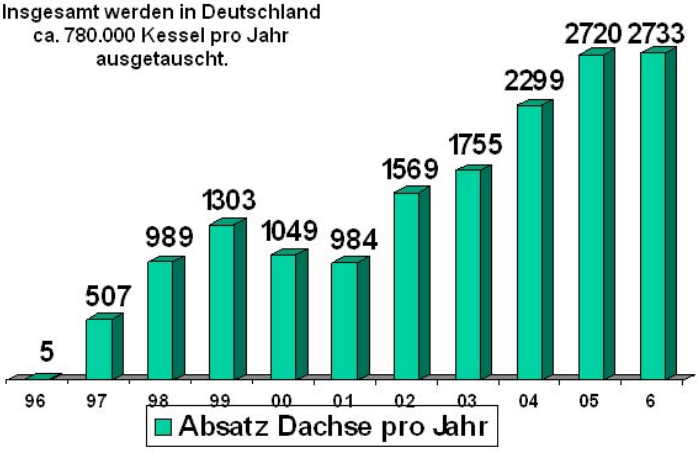
# Entstehungsgeschichte des DACHS

- **Sep. 2006** – Der 15.000e DACHS verläßt das Werk
- **2006** – Komplette und kompakte Energiezentrale
- **April 2002** – Baxi Group Ltd. neuer Gesellschafter
- **Dez. 1996** – Start der Serienfertigung
- **März 1996** – Gründung der SenerTec GmbH
- **1991** – Beginn Demovorhaben in Deutschland
- **1987** – Weiterentwicklung zur HKA, erster Feldtest
- **1986** – Ölpreisverfall: Aus für Wärmepumpe
- **1979** – Ziel: Motorgetriebene Wärmepumpe!
- **1979** – Gründung der Sachs Energietechnik



# Absatzentwicklung

Insgesamt werden in Deutschland ca. 780.000 Kessel pro Jahr ausgetauscht.



## Brennstoffe und technische Daten

| | Seit 1992 | Seit 1998 | Seit Mitte 2007 |
|---|---|---|---|
| **Brennstoff** | **Erdgas, Flüssiggas** | **Heizöl, Biodiesel** | **Rapsöl** |
| **Elektrische Leistung** | 5,5 kW | 5,3 kW | 5,0 kW |
| **Thermische Leistung** | 12,5 kW | 10,5 kW | 10,3 kW |
| **Wirkungsgrad el.** | 27% | 30% | 29% |
| **Brennstoff-verbrauch** | 22,8 kW<br>1,59 kg/h | 1,79 l/h<br>1,9 l/h | ca. 1,9 l/h |
| **Wirkungsgrad gesamt (bez. Hu)** | 88% | 89% | 89% |

10.500 Stck. 6.500 Stck. 80 Stck.



## Auch mit Brennwert

Anteil ca. 80%

**Bei Einsatz von Fußbodenheizung……..**

| **Brennstoff** | **Erdgas, Flüssiggas** | **Heizöl, Biodiesel** | **Rapsöl** |
|---|---|---|---|
| **Thermische Leistung des Kondensers** | 2,5 kW | 1,5 kW | 1,5 kW |

**……..bis zu 100% Gesamtwirkungsgrad**

**Brennwerttechnik und Kraftwärme-Kopplung in einem Gerät!**

## Dachs SE – Die kompakte Energiezentrale

**Modular erweiterbar**

- Basissystem aus Dachs Heiz-Kraft-Anlage, Wärmespeicher und Warmwassermodul deckt den normalen Energiebedarf eines Einfamilienhauses.
- Bei erhöhtem Bedarf modularer Ausbau und Anpassung an Wärmebedarf möglich.

SE30 Warmwassermodul

SEplus Zusatzheizung

**MSR2: Komfortable Bedienung**

- Intelligente und einfache Steuerung des Dachs SE.
- Für die komplette Regelung der Heizzentrale inklusive aller Komponenten ausgelegt.
- Einfache Konfiguration über 4-stelligen Hydraulikcode.



## Hoher Energiebedarf? – Modultechnik!

**Die Vorteile:**

Betriebssicherheit durch Redundanz

Bedarfsgerechte Zuschaltung

Geringe Wartungskosten durch Laufzeitoptimierung

Stromoptimierter Betrieb in Verbindung mit Lastmanagement

Anbindung an Gebäude-Leittechnik

Fernüberwachung und Fernwartung

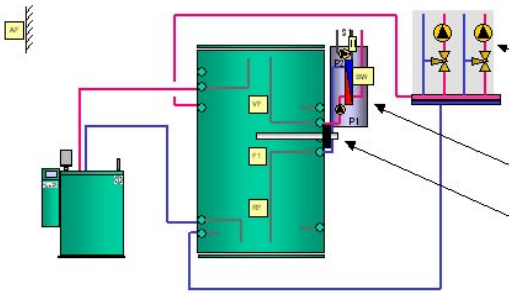
# Der Dachs im Einfamilienhaus

**Einsatzbereich: 1 bis 3 Familienhaus**

- Heizleistung: bis 20 kW
- Warmwasserleistung: 30 l/min

bis 20 kW

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 0<br>1 |




**2 Heizkreisregelungen, witterungsgeführt**

**SE30 Warmwassermodul Dauerleistung max. 15 kW**

**Heizstab 5,5 kW als Notheizung**



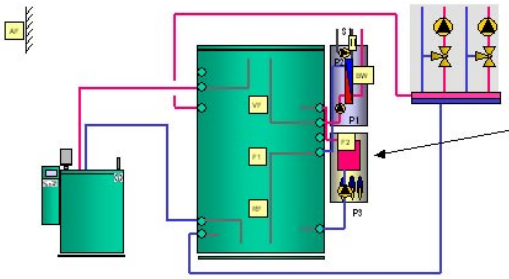
# Der Dachs als Heizzentrale

**Einsatzbereich: 2 bis 6 Familienhaus, kleine Hotels, Gewerbebetriebe**

- Heizleistung: bis 35 kW
- Warmwasserleistung: 30 l/min

bis 35 kW

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 0<br>1 |



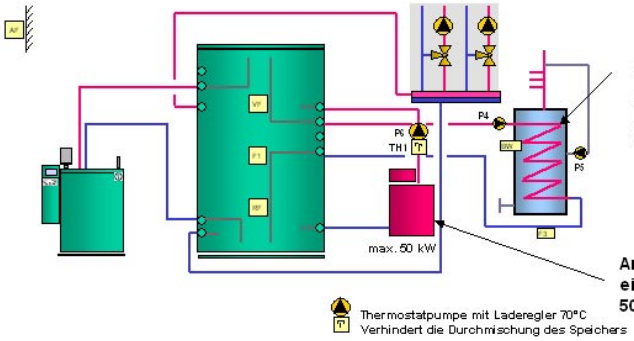

**SE plus 20 kW Gas-Brennwertgerät zur Spitzenlastabdeckung**

# Der Dachs als Grundlastwärmeerzeuger

**Einsatzbereich: 2 bis 12 Familienhaus, Hotels, Gewerbebetriebe**

- Heizleistung: 15-65 kW
- Warmwasserleistung: bauseits

| bis 65 kW | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 0 1 |




**Anschluss und Ansteuerung einer bauseitigen Brauchwasserbereitung mit Zirkulation**

**Anschluss und Ansteuerung eines bauseitigen Kessels bis 50 kW**

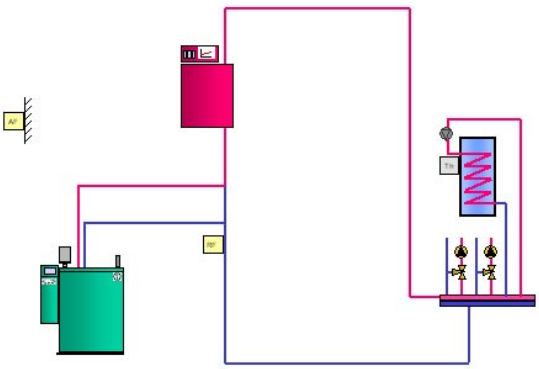
Thermostatpumpe mit Laderegler 70°C
Verhindert die Durchmischung des Speichers



# Rücklaufanhebung an großen Heizkesseln

**Einsatzbereich: bei großen Heizleistungen**

| ab 150 kW bis Maximal | | | |
|---|---|---|---|
| 5 | 4 | 0 | 0 1 |



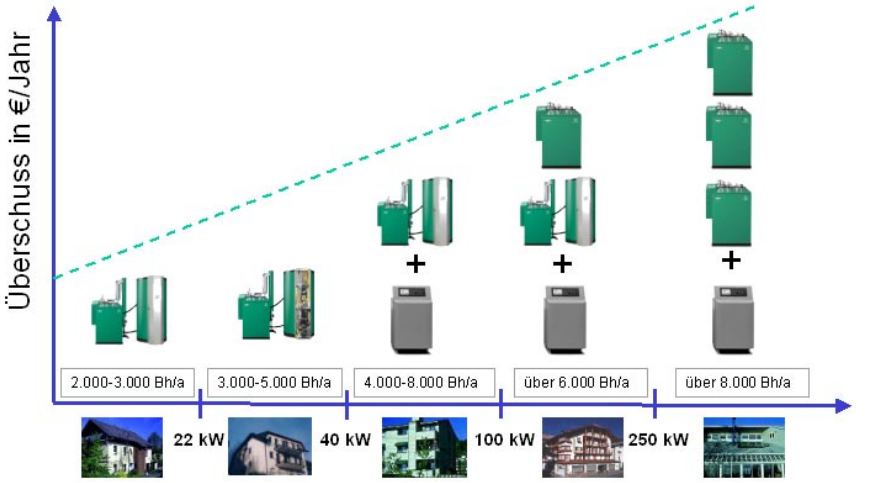
**Kein Pufferspeicher erforderlich, da große Heizleistung und großer Netzinhalt.**

**Die Warmwasserbereitung und die Heizkreise werden vom Heizkessel angesteuert. Bei WW-Bereitung kriegt der Dachs Rückmeldung und läuft über „Anforderung hoher Sollwert"**

**Der Heizkessel mit witterungsgeführter Regelung läuft unabhängig vom Dachs**

s. Hydraulikfibel MSR2 S.64/65

## Richtwerte für den Dachs-Einsatz






## Fahrplan Energieausweis

- 1. Oktober 2007:
  EnEV 2007 tritt in Kraft
- 1.Juli.2008:
  Energieausweise für Wohngebäude mit Baujahr bis 1965 bei Neubau, Verkauf und Neuvermietung erforderlich.
  - Bis 1.Oktober 2008: Wahlfreiheit zwischen Bedarfs- und Verbrauchsausweis.
- 1. Januar 2009:
  Energieausweise für Wohngebäude aller Baujahre bei Neubau, Verkauf und Neuvermietung erforderlich.
- 1.Juli 2009:
  Energieausweise für Nichtwohngebäude erforderlich.

## Stellschrauben zur Einhaltung der EnEV

Trinkwasserwärmebedarf
Fester Wert nach DIN 4701 -10

Max. zul. Primärenergiebedarf

$$Q`_p \geq Q_p = (Q_h + Q_{tw}) * e_p$$

Primärenergiebedarf

Heizwärmebedarf

Stellschraube
Dämmung/Lüftung

Anlagenaufwandszahl

Stellschraube
Anlageneffizienz

**Die Stellschraube Anlageneffizienz wirkt auf Heizwärmebedarf und Trinkwasserwärmebedarf**



## Gebäudebewertung mit BHKW

Tabelle C.4-1: Primärenergiefaktoren

| Energieträger | | Primärenergie-Faktoren |
|---|---|---|
| Brennstoffe[18] | Heizöl EL | 1,1 |
| | Erdgas H | 1,1 |
| | Flüssiggas | 1,1 |
| | Steinkohle | 1,1 |
| | Braunkohle | 1,2 |
| | Holz | 0,2[19] |
| Nah/ Fernwärme aus KWK[20] | fossiler Brennstoff | 0,7 → 0,7 |
| | erneuerbarer Brennstoff | 0,0 |
| Nah/Fernwärme aus Heizwerken | fossiler Brennstoff | 1,3 |
| | erneuerbarer Brennstoff | 0,1 |
| Strom | Strom-Mix | 3,0 |

Der Primärenergiefaktor berücksichtigt die Vorkette bis zur Bereitstellung der Endenergie im Objekt.

Bei Nah/Fernwärme aus KWK aus fossilem Brennstoff wird die Stromgutschrift im Faktor berücksichtigt.

## Primärenergiefaktor Dachs

- Allgemein wird für Nah- und Fernwärme aus fossilen Brennstoffen mit einem Primärenergiefaktor von 0,7 gerechnet.

$$\cancel{f_{PE,WV} = 0{,}7}$$

- Neu für den Dachs Berechnung nach DIN V 4701-10, Kapitel 5.4.2

$$f_{PE,WV} = \frac{(\sigma_a + 1) \cdot \beta_{KWK} \cdot f_{PE,Br,HKW}}{\xi_{HKW} \cdot \xi_{HN}} + \frac{\beta_{HW} \cdot f_{PE,BR,HW}}{\xi_{HW} \cdot \xi_{HN}} - \frac{\sigma_a \cdot \beta_{KWK} \cdot f_{PE,El}}{\xi_{HN}}$$



## Primärenergiefaktor Dachs

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.

### Gutachten

Der sachverständige Gutachter, die

**Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.**
**Am Blütenanger 71, 80995 München**

bescheinigt der

**SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH**
**Carl-Zeiss-Straße 18, 97424 Schweinfurt**

dass die Dachs Heizkraftanlagen die folgenden Primärenergiefaktoren nach DIN V 4701, Teil 10, erreichen:

| | HKA G 5,5 | HKA G 5,0 (LowNOx) | HKA F 5,5 | HKA HR 5,3 |
|---|---|---|---|---|
| **Brennstoff** | Erdgas E | Erdgas E | Flüssiggas (Propan) | Heizöl EL |
| **$f_{PE,WV}$ (KWK-Anlage)** | 0,51 | 0,56 | 0,51 | 0,42 |
| **$f_{PE,WV}$ (KWK-Anlage mit Kondenser)** | 0,48 | 0,53 | 0,48 | 0,39 |

Die berechneten Primärenergiefaktoren beziehen sich nur auf den Betrieb der jeweiligen Dachs Heizkraftanlage. Für den Kraft-Wärme-Kopplungsanteil $\beta_{KWK}$ muss in den Gleichungen der DIN V 4701, Teil 10, folglich 100 % eingesetzt werden. Der erzeugte Strom wird mit dem Primärenergiefaktor von 3 bewertet und gutgeschrieben.

Anlagenspezifische Faktoren für z.B. Spitzenlastkessel, Wärmespeicher oder Warmwasserbereitung wurden bei der Berechnung nicht berücksichtigt und müssen bei der Bestimmung der Anlagen-Aufwandszahl gemäß DIN V 4701, Teil 10, ermittelt werden.

Die in der Langversion des Gutachtens beschriebenen Rahmenbedingungen bei der Berechnung sind bei der Verwendung der Primärenergiefaktoren zu beachten.

München, 22. Dezember 2006
Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.

Prof. Dr.-Ing. U. Wagner — Prof. Dr.-Ing. W. Mauch

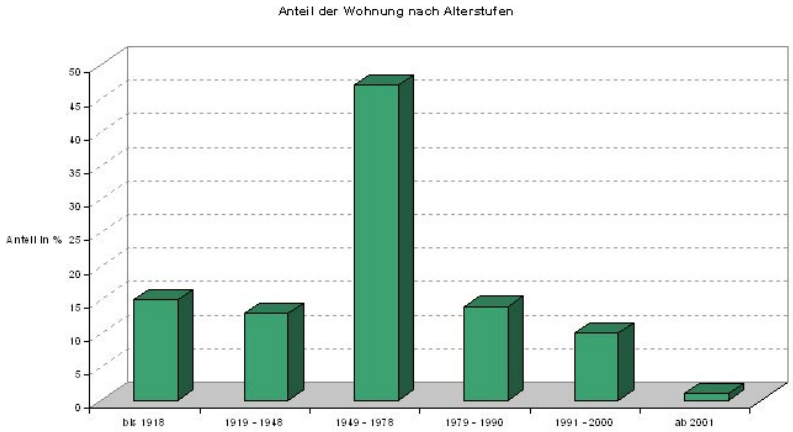
| ohne Kondenser | HKA G 5.5 Erdgas | HKA G 5.0 LowNox Erdgas | HKA F 5.5 LowNox Flüssiggas | HKA Hr 5.3 Heizöl EL |
|---|---|---|---|---|
| $f_{PE,WV}$ | 0,51 | 0,56 | 0,51 | 0,42 |

**Für Dachs RS gilt: Nah- und Fernwärme aus regenerativen Brennstoffen:**

**fp = 0**

| mit Kondenser | HKA G 5.5 Erdgas | HKA G 5.0 LowNox Erdgas | HKA F 5.5 LowNox Flüssiggas | HKA Hr 5.3 Heizöl EL |
|---|---|---|---|---|
| $f_{PE,WV}$ | 0,48 | 0,53 | 0,48 | 0,39 |

## Gebäudebestand in Deutschland

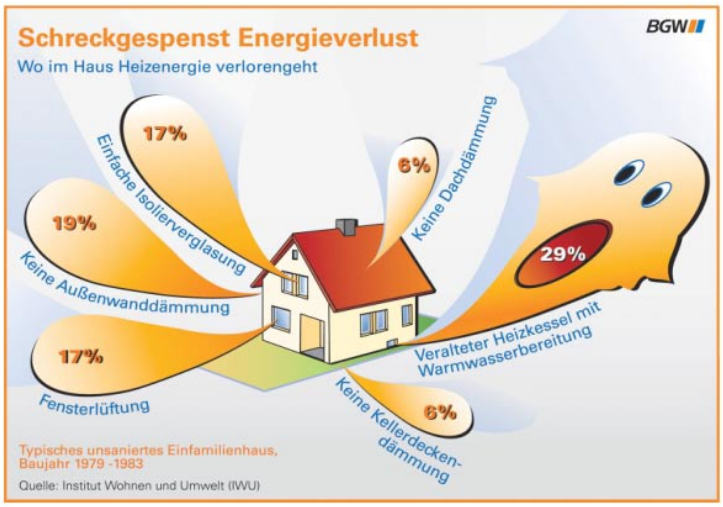



Quelle: SBZ-Magazin Jan 2007

**¾ aller Wohnungen und Häuser sind vor 1984 gebaut.**
**Nur ca. 0,2% pro Jahr werden saniert.**



## Wärmeverluste im unsaniertem Haus



# 2-Familienhaus, unsaniert

Typisches Dachs-Objekt,
ca. 60 % Anteil im Ein/Zweifamilienhausbereich

| | |
|---|---|
| Baujahr | 1972 |
| Beheizte Wohnfläche | 250 m² |
| Anzahl der Personen | 2 WE x 3 Personen pro WE |
| Heizkessel | Gasgebläsekessel 20 kW<br>Bj. 1984 |
| Durchschnittlicher Gasverbrauch pro Jahr der letzten 3 Jahre | 42.000 kWh/a |
| Durchschnittlicher Stromverbrauch pro Jahr der letzten 3 Jahre | 7.000 kWh/a |



# Vergleich des Primärenergiebedarfs

**Zwei-Familienhaus unsaniert, Bj 1972**
Gas-NT-Kessel Bj 1988

Gebäude nicht gedämmt

**Variante 1**
Gas-Brennwertgerät,
Mit Solar unterstützter Warmwasserbereitung

Gebäude nicht gedämmt

**Variante 2**
Gas-Brennwertgerät,
Mit Solar unterstützter Warmwasserbereitung

Gebäude gemäß EnEV gedämmt

**Variante 3**
Dachs SE Brennwert, inkl Warmwasserbereitung

Gebäude nicht gedämmt

**Variante 4**
Dachs SE Brennwert, inkl Warmwasserbereitung

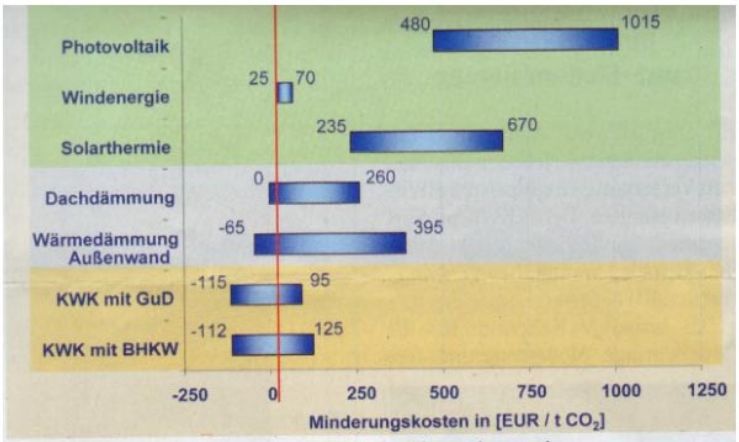
Gebäude gemäß EnEV gedämmt

# CO2-Einsparung

| | Zwei-Familienhaus, unsaniert, Bj. 1972 | Variante 1 | Variante 2 | Variante 3 | Variante 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| | Gas-NT-Kessel Bj 1988, inkl. Warmwasserbereitung | Gas-Brennwertgerät, Mit Solar unterstützter Warmwasserbereitung | Gas-Brennwertgerät, Mit Solar unterstützter Warmwasserbereitung | Dachs SE Brennwert, inkl Warmwasserbereitung | Dachs SE Brennwert, inkl Warmwasserbereitung |
| | Gebäude nicht gedämmt | Gebäude nicht gedämmt | Gebäude gemäß EnEV gedämmt | Gebäude nicht gedämmt | Gebäude gemäß EnEV gedämmt |
| **Investition:** | | 15.000 € | 65.000 € | 32.000 € | 82.000 € |
| **CO2-Emssion Strom und Wärme pro Jahr:** | **14 Tonnen** | **11,5 Tonnen** | **8,5 Tonnen** | **5,5 Tonnen** | **3,5 Tonnen** |



# CO2-Vermeidungskosten




Kostenranking der $CO_2$-Vermeidung: KWK schneidet am besten ab

Quelle: Energie & Management, Ausgabe Mai 2006

## Sanierungsbeispiel Mehrfamilienhaus 1

Objektbeschreibung

- *Wohnanlage ist im Jahr 1990 fertig gestellt worden.*
- *Gebäudeausrichtung ist Süd, abgewinkelt Süd/Ost orientiert*
- *3 Vollgeschosse, DG mit Stadthausebene, südseitige Erkerterrassen und Loggienbereichen, Vollunterkellerung*
- *20 Wohneinheiten*

**WEG Brühlstraße 50-54, 71106 Magstadt**



## Sanierungsbeispiel Mehrfamilienhaus 2

Gebäudehülle Ist-Zustand

- *Aussenwand*
  *Ziegelmauerwerk d= 30 cm mit Aussen- und Innenputz*
- *Fenster-/Erkerflächen*
  *Kunststofffenster mit Isolierverglasung*
- *Decken-/Terrassenflächen*
  *Oberflächenbelag tritt- und witterungsfest mit unterliegender Abdichtung und Wärmedämmschicht*
- *Dachflächen*
  *Hartdachdeckung auf Lattung, hinterlüftete Zwischensparrendämmung*
- *Heizung*
  *- Gaszentralheizung im Zweirohr-Pumpendruckbetrieb*
  *- Heizkessel (Fabrikat Rohleder), Wärmenennleistung 156 KW*
  *- steuerungselektronisch, witterungsgeführt, Nachtabsenkung*
  *- zentrale Warmwassererwärmung über Boiler/Heizkessel mit Vorrangschaltung*

## Sanierungsbeispiel Mehrfamilienhaus 3

WDVS, Fenster, Gasbrennwert | BHKW (Dachs) | WDVS, Fenster, BHKW (Dachs) | BHKW

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **HEIZUNG** | | | | | | | | |
| Endenergie [kWh/m²a]: | 142,51 | 133,10 | 99,01 | 53,53 | 91,27 | 53,93 | 62,18 | 91,27 |
| Hilfsenergie [kWh/m²a]: | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 0,54 | 0,36 | 0,36 | 0,27 | 0,36 |
| **GESAMT** | | | | | | | | |
| Endenergie [kWh/m²a]: | 168,90 | 159,49 | 125,40 | 74,83 | 110,72 | 73,38 | 80,86 | 110,72 |
| Hilfsenergie[kWh/m²a]: | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,79 | 0,81 | 0,81 | 0,75 | 0,81 |
| Primärenergie [kWh/m²a]: | 187,47 | 177,12 | 139,62 | 84,69 | 65,64 | 44,47 | 47,69 | 84,50 |
| Primärenergie (zulässig) [kWh/m²a]: | 108,76 | 108,76 | 108,76 | 108,76 | 108,76 | 108,76 | 108,76 | 108,76 |
| Spezifischer Transmissionsverlust [W/m²K]: | 1,11 | 1,00 | 0,53 | 0,53 | 1,11 | 0,53 | 0,61 | 1,11 |
| Spezifischer Transmissionsverlust (zulässig) [W/m²K]: | 1,04 | 1,04 | 1,04 | 1,04 | 1,04 | 1,04 | 1,04 | 1,04 |
| Anlagenaufwandszahl: | 1,86 | 1,91 | 2,19 | 1,33 | 0,65 | 0,70 | 0,68 | 0,84 |



## Fazit

- Zahlen, Daten, Fakten zum Dachs
  - Den Dachsmotor gibt es seit über 20 Jahren. Der Dachs ist in 10 Jahren bereits 17.000 mal gebaut worden.
- Die Dachs Systemtechnik- Voraussetzung für den Einsatz des Dachs in Wohngebäuden
  - Für jeden Einsatzzweck die richtige Lösung – ohne Schnittstellenprobleme.
- Vorteile im Rahmen der Energieeinsparverordnung EnEV
  - Mit effizienter Anlagentechnik den maximal zulässigen Primärenergiebedarf einhalten.
- Vergleich verschiedener Heizsysteme
  - Kostengünstig und effizient bei der Sanierung mit hocheffizienter KWK

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

## www.senertec.de

# Ecopower Mini-Blockheizkraftwerk

H. Meißner, Gera

ecopower

# ecopower Mini-Blockheizkraftwerk

Das intelligente System für
die dezentrale Strom- und Wärmeversorgung

**Die Heizung die Strom erzeugt**

PowerPlus Technologies GmbH
Fasaneninsel 20
07548 Gera
Tel. 0365-83040300
info@ecopower.de
www.ecopower.de



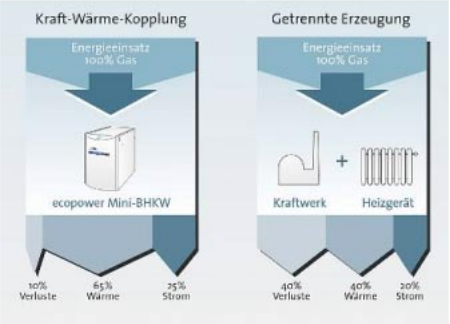
ecopower

## Geschichte

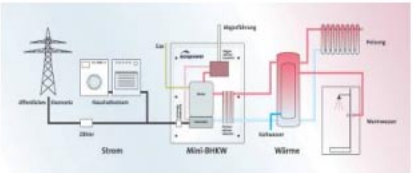
- 1995-1998 Produktentwicklung (Schweiz)
- 1999 Beginn der Serienproduktion in Gera
- 2000 Valentin Energie- und Umwelttechnik
- 2004 PowerPlus Technologies GmbH

## Wirtschaftlichkeitskriterien für den Einsatz von Mini-BHKW

- Dargestellt am Mini-BHKW ecopower



## ecopower Mini-BHKW




- Elektrische Nennleistung des ecopower Mini-BHKW: 1,3 - 4,7 kW
- Thermische Leistung des ecopower Mini-BHKW: 4,0 - 12,5 kW
- Mehrmodulanlagen möglich
- Patentierte Leistungsmodulation
- Teillastbetrieb erhöht die Laufzeit
- Wirkungsgrad > 90 %
- Erheblich verkürzter Kapitalrückfluss, BHKW lohnt sich auch für kleinere Objekte
- Um Neubaustandard nach EnEV zu erreichen, ist Kraft-Wärmekopplung eine mögliche Alternative zur Investition in die Gebäudehülle.

## Bestimmende Größen für den wirtschaftlichen Einsatz

- **Wärmeanforderung** *im Gebäude bestimmt die Laufzeit des BHKW*
- **Prozesswärmebedarf** *bestimmt die Laufzeit über die Heizperiode hinaus*
- **Jahresstrombedarf** *bestimmend für den Anteil für Strom-Eigenverbrauch*
- **Gaspreis** *für niedrige Erzeugungskosten*
- **Strombezugspreis** *Wirtschaftlichkeit bei Eigenerzeugung*

## Bestimmende Größen für den wirtschaftlichen Einsatz

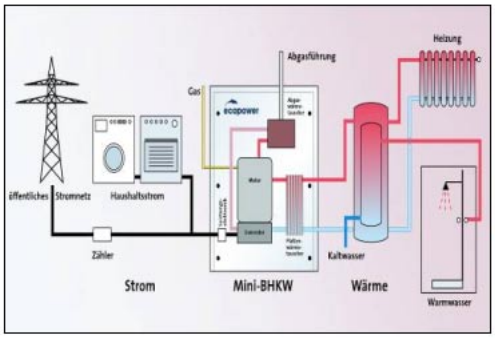
- **Strompreis** (EEX Baseload Preis) *Höhe der Einspeisevergütung*
- **Stromverkauf** *im Gebäude*
- **Heizungserneuerung** *Austausch der Heizanlage Nutzung von Fördermaßnahmen über KFW CO2 Programm möglich, Senkung der Investitionskosten*
  *Erzielung der Werte für Gebäudeenergiepass durch Einsatz KWK*

## Einsatzgebiete ecopower Mini-BHKW

- Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäuser
- Gewerbebetriebe
- Hotels, Pensionen und Gasthöfe
- Fitnessstudios, Gesundheits- und Therapiezentren
- Pflege- und Seniorenwohnheime
- Kindergärten, Schulen und Sporthallen
- Verwaltungsgebäude

## Einsatzfälle ecopower Mini-BHKW

- Einzelanlagen im EFH

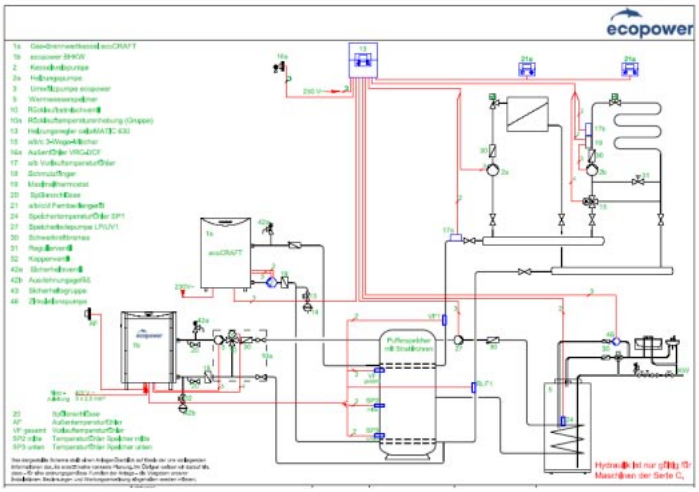


## Zentrale Lösungen in Verbindung mit Mini-BHKW

- Zentrale Heizanlagen für Ihr Haus die richtige Technik
- In ein zentrales System lassen sich Mini-BHKW problemlos einkoppeln
- Der Staat unterstützt den Einbau von Mini-BHKW durch Förderung
- Ihre Möglichkeiten sind:
  - KFW CO2-Gebäudesanierungsprogramm
  - Stromsteuerbefreiung für selbst erzeugten Strom
  - Energiesteuererstattung für im BHKW verbrauchtes Gas
  - Landesförderprogramme



## Hydraulikschema



## Wirtschaftlichkeitsvergleich

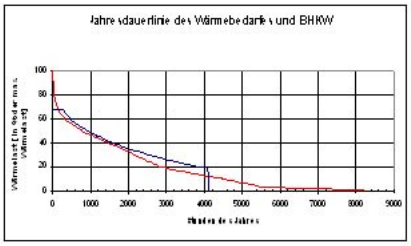
- Anwendungsfälle

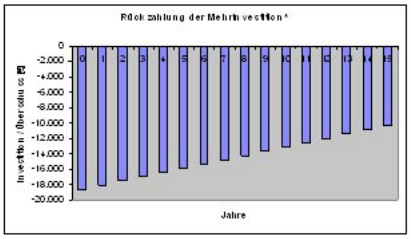
- EFH 350 m2 (Neubau)
- MFH 3 WE
- MFH 6 WE
- Hotel
- Altenheim

- Basis Gaspreis 0,047 €/kWh Ho
- Strombezugspreis 0,17 €/kWh
- Stromeinspeisung nach KWK mod. Gesetz
- Mehrinvestition 19 T€



## EFH Neubau 350 m2 28,8 MWh/a

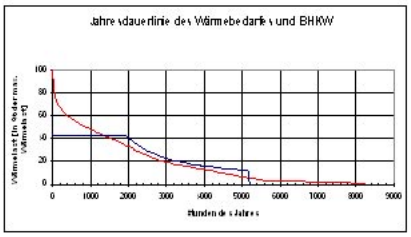


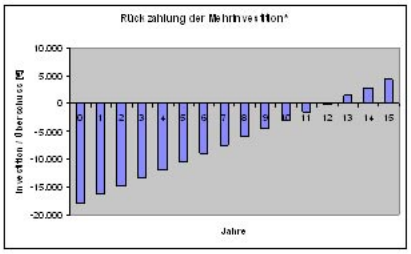




| | BHKW-System | Vergleichsheizung |
|---|---|---|
| Kapitalkosten (€/a) | 2.295 | 479 |
| Betriebskosten (€/a) | 531 | 222 |
| Brennstoffkosten (€/a) | 2.278 | 1.492 |
| Gesamtkosten (€/a) | 5.103 | 2.194 |
| Mineralölrückerstattung (€/a) | 265 | 0 |
| Eingesparte Stromsteuer (€/a) | 57 | 0 |
| Stromeinspeisung (€/a) (+Bonus) | 850 | 0 |
| vermiedene Strombezug (€/a) | 476 | 0 |
| Nettokosten (€/a) | 3.454 | 2.194 |
| Gesamterlös (€/a) | 1.649 | 0 |
| spez. Wärmegestehungskosten nach Stromgutschrift (€/kWh) | 0,120 | 0,076 |
| spez. Stromgestehungskosten nach Wärmegutschrift (€/kWh) | 0,239 | |

**Überschuss pro Jahr ohne/mit Kapitalkosten 555,00 € /-1.261,00 €**

## MFH 3 WE 47 MWh/a



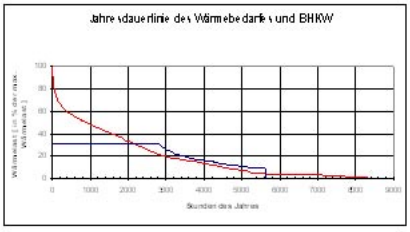



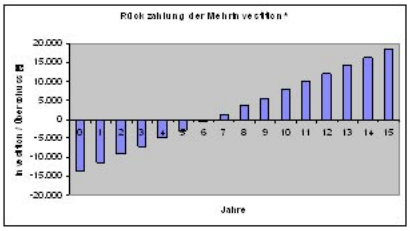

| | BHKW-System | Vergleichsheizung |
|---|---|---|
| Kapitalkosten (€/a) | 2.337 | 572 |
| Betriebskosten (€/a) | 624 | 237 |
| Brennstoffkosten (€/a) | 3.542 | 2.439 |
| Gesamtkosten (€/a) | 6.504 | 3.247 |
| Mineralölrückerstattung (€/a) | 407 | 0 |
| Eingesparte Stromsteuer (€/a) | 196 | 0 |
| Stromeinspeisung (€/a) (+Bonus) | 745 | 0 |
| vermiedene Strombezug (€/a) | 1.627 | 0 |
| Nettokosten (€/a) | 3.529 | 3.247 |
| Gesamterlös (€/a) | 2.974 | 0 |
| spez. Wärmegestehungskosten nach Stromgutschrift (€/kWh) | 0,075 | 0,069 |
| spez. Stromgestehungskosten nach Wärmegutschrift (€/kWh) | 0,160 | |

**Überschuss pro Jahr ohne/mit Kapitalkosten 1.483,00 € / -282,00 €**

Mini BHKW in der Praxis

## MFH 6 WE 65 MWh/a

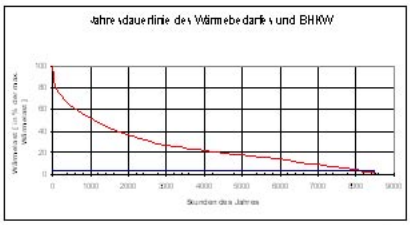


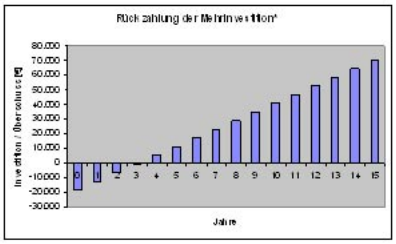




| | BHKW-System | Vergleichsheizung |
|---|---|---|
| Kapitalkosten (€/a) | 1.591 | 579 |
| Betriebskosten (€/a) | 668 | 251 |
| Brennstoffkosten (€/a) | 4.689 | 3.378 |
| Gesamtkosten (€/a) | 6.948 | 3.868 |
| Mineralölrückerstattung (€/a) | 486 | 0 |
| Eingesparte Stromsteuer (€/a) | 307 | 0 |
| Stromeinspeisung (€/a) (+Bonus) | 518 | 0 |
| vermiedene Strombezug (€/a) | 2.543 | 0 |
| Nettokosten (€/a) | 3.095 | 3.868 |
| Gesamterlös (€/a) | 3.853 | 0 |
| spez. Wärmegestehungskosten nach Stromgutschrift (€/kWh) | 0,048 | 0,060 |
| spez. Stromgestehungskosten nach Wärmegutschrift (€/kWh) | 0,115 | |

**Überschuss pro Jahr ohne/ mit Kapitalkosten 2.125,00 € / 1.113,00 €**

## Hotel 730 MWh/a



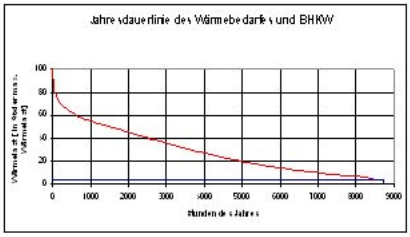



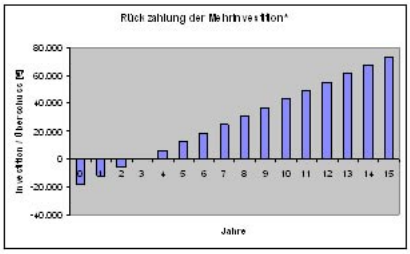

| | BHKW-System | Vergleichsheizung |
|---|---|---|
| Kapitalkosten (€/a) | 1.802 | 0 |
| Betriebskosten (€/a) | 1.237 | 580 |
| Brennstoffkosten (€/a) | 40.023 | 38.040 |
| Gesamtkosten (€/a) | 43.062 | 38.620 |
| Mineralölrückerstattung (€/a) | 977 | 0 |
| Eingesparte Stromsteuer (€/a) | 817 | 0 |
| Stromeinspeisung (€/a) (+Bonus) | 0 | 0 |
| vermiedene Strombezug (€/a) | 6.779 | 0 |
| Nettokosten (€/a) | 34.488 | 38.620 |
| Gesamterlös (€/a) | 8.574 | 0 |
| spez. Wärmegestehungskosten nach Stromgutschrift (€/kWh) | 0,047 | 0,052 |
| spez. Stromgestehungskosten nach Wärmegutschrift (€/kWh) | 0,066 | |

**Überschuss pro Jahr ohne/mit Kapitalkosten 5.934,00 € / 4.132,00 €**

Mini BHKW in der Praxis

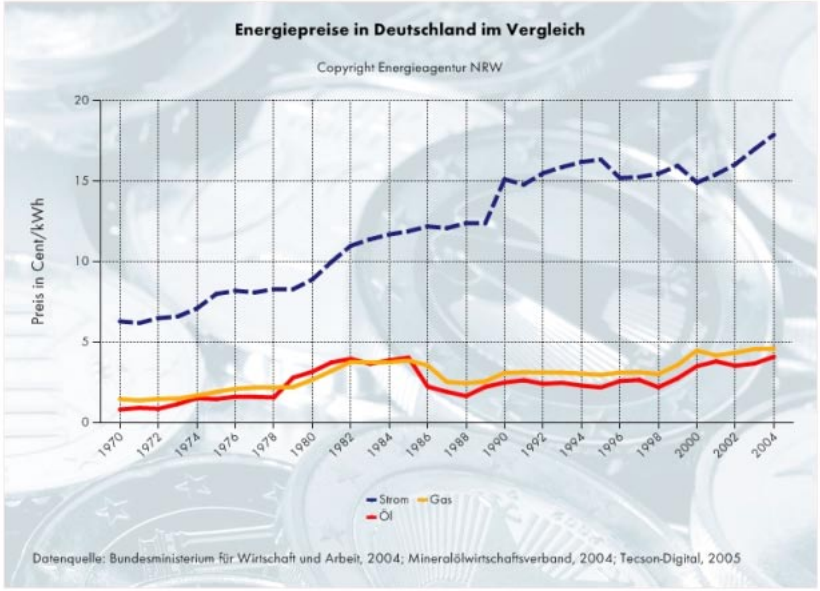
## Altenheim 800 MWh/a




| | BHKW-System | Vergleichsheizung |
|---|---|---|
| Kapitalkosten (€/a) | 1.802 | 0 |
| Betriebskosten (€/a) | 1.293 | 617 |
| Brennstoffkosten (€/a) | 43.761 | 41.744 |
| Gesamtkosten (€/a) | 46.856 | 42.362 |
| Mineralölrückerstattung (€/a) | 1007 | 0 |
| Eingesparte Stromsteuer (€/a) | 841 | 0 |
| Stromeinspeisung (€/a) (+Bonus) | 4 | 0 |
| vermiedene Strombezug (€/a) | 6.979 | 0 |
| Nettokosten (€/a) | 38.025 | 42.362 |
| Gesamterlös (€/a) | 8.832 | 0 |
| spez. Wärmegestehungskosten nach Stromgutschrift (€/kWh) | 0,047 | 0,053 |
| spez. Stromgestehungskosten nach Wärmegutschrift (€/kWh) | 0,064 | |

**Überschuss pro Jahr ohne/mit Kapitalkosten 6.139,00 € / 4.337,00 €**






## Wohnkostenentwicklung 2000 - 2006

Quelle: Statistisches Bundesamt

ecopower

## Wirtschaftlichkeit durch Stromeigenverbrauch vor Einspeisung ins Netz

### Einspeisemodelle

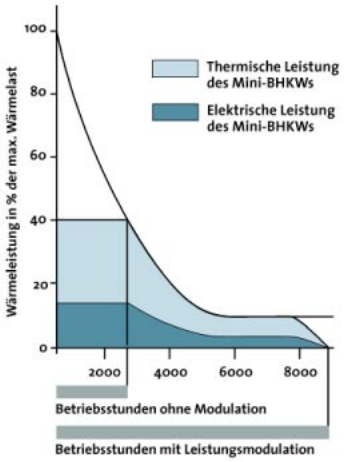
- **EFH**
  - Eigenverbrauch – Einspeisung nur Überschuss
- **MFH**
  - Volleinspeisung nachteilig, da geringere Einspeisevergütung als Stromablöse
  - Allgemeinstrom-Modell
    Ablösung der Kosten für Allgemeinstrom, Einspeisung Überschuss, einfach realisierbar
  - Betreiber- Modell
    Lieferung an die Mieter, vertraglich kompliziert, da bei Wechsel Netzzugang gewährt werden muss,
- **Fitnessstudios, Gesundheits- und Therapiezentren**
  - Eigenverbrauch
- **Hotel**
  - Eigenverbrauch
- **Pflege- und Seniorenwohnheime**
  - Eigenverbrauch
- **Kindergärten, Schulen und Sporthallen**
  - Eigenverbrauch
- **Verwaltungsgebäude**
  - Eigenverbrauch



ecopower

## Patentierte Leistungsmodulation

- Anpassung der Mini-BHKW Leistung an den tatsächlichen Bedarf
- Bis zu 60% höhere Stromproduktion für Eigenbedarf
- Wirtschaftlicher Einsatz auch in Objekten mit geringerem Strom- und Wärmebedarf



ecopower

## Anforderungen an die Modernisierung von Wohngebäuden

Die Nachrüstverpflichtungen der EnEV (§ 9, 10) gelten für Gebäude mit mehr als 2 Wohnungen generell, bei Einfamilienhäusern (max. 2 Wohnungen, der Eigentümer bewohnt eine davon) nur bei Eigentümerwechsel.

Pflichtmaßnahmen bis Ende 2006 (§ 9)
-Dämmung von nicht begehbaren, aber zugänglichen Geschossdecken (Wärmedurchgangskoeffizient < 0,3 W/m²K
-Dämmung von Wärmeverteilungs- und Warmwasserleitungen sowie Armaturen in nicht beheizten Räumen
-Austausch von Heizkesseln, die vor Oktober 1978 in Betrieb gegangen sind (wenn Brenner nach Oktober 1996 ausgetauscht wurde: Kesselaustausch bis Ende 2008)

Kesseltausch mit BHKW
Verbessert die Anlagenaufwandzahl. Bei zukünftigen Umbauten und Erweiterung ist die EnEV schon erfüllt, wenn 70 % des Wärmebedarfs durch BHKW gedeckt wird (§ 3, Absatz 3 Nr. 1).

Einhaltung der EnEV für neue Gebäude
Architekten und Energieberater stellen den Energiebedarfsausweis aus. Er dient als Nachweis für rationellen Energieeinsatz und sorgt für die Wertsteigerung Ihres Wohnobjektes.

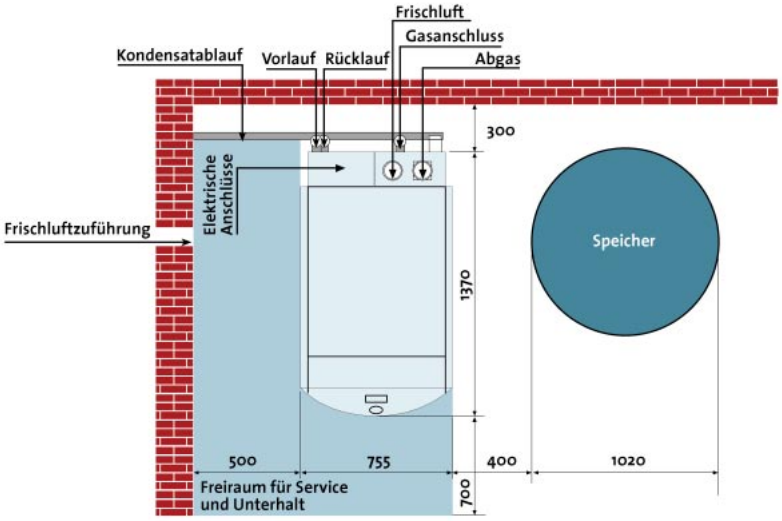


ecopower

## Vorteil bei der Modernisierung von Wohngebäuden

- Durch den Einsatz von BHKW kann der Aufwand an notwendigen Maßnahmen zur Gebäudesanierung verringert werden.
- Damit ergibt sich ein wesentlicher Vorteil beim Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen verschiedenen Heizsystemen zugunsten von BHKWs
- Kurzfristige Amortisation dann auch in kleineren Gebäuden möglich.

## Installation und Inbetriebnahme






## Inselanlage ecoisland

1. ecopower Mini-BHKW
2. Wechselrichter
3. Smartloadeinheit
4. Batterieschrank
5. Schaltschrank
6. Wärmespeicher

Eigene Energieerzeugung in abgelegenen Objekten möglich, wenig Alternativen zur sicherern Energieversorgung.

**Mehr Informationen unter**

**www.ecopower.de**

# KWK-Technologie von EC Power

M. Lehnertz, Hinnerup, Dänemark

# KWK-Technologie von EC Power
# - Energie die sich auszahlt !

A member of the Statoil group

## EC Power A/S

- „Easy" Power gegründet 1995
- Hauptsitz in der Nähe von Aarhus, Dänemark
- 5500 m2 umfassen Büro, Produktion, R&D und Logistik
- Ca. 30 Mitarbeiter
- Tochterunternehmen in UK
- Hauptaktionär Statoil ASA
- Teil der Statoil Strategie für New Energy
- Ziel ist, künftig eine führende Position im KWK-Markt einzunehmen

Als Unternehmen im *Statoil - Konzern* steht EC Power A/S für ein Höchstmass an technologischer Kompetenz, zukunftssichere Systeme, stetige Forschung, bestmögliche Produktqualität und letztlich die Sicherheit wohl konsolidierter Verhältnisse zum Vorteil unserer Kunden.

www.ecpower.de

A member of the Statoil group

## XRGI 13G-TO 28.950 €

| | |
|---|---|
| Motor: | Toyota |
| Brennstoff: | Erdgas |
| Leistung: | modulierend |
| | 4–13 kW elektrisch |
| | 17-29 kW thermisch |
| Wirkungsgrad | |
| elektrisch: | 28,5% +/- 0,5% |
| gesamt: | bis zu 93% |
| Abmessungen: | 1250 x 750 x 1110 mm |
| Schallleistung: | 49 Db(a) |
| Gewicht: | 700 kg |
| Serviceintervall: | 7.500 Std. |

www.ecpower.de

A member of the Statoil group

## XRGI 17D-SD 32.000 €

| | |
|---|---|
| Motor: | Same Deutz |
| Brennstoff: | Diesel |
| Leistung: | modulierend |
| | 4-17 kW elektrisch |
| | 11-24 kW thermisch |
| Wirkungsgrad | |
| elektrisch: | 34,5% +/- 0,5% |
| gesamt: | bis zu 88% |
| Abmessungen: | 1190 x 830 x 1010 mm |
| Schallleistung: | 59 dB(a) |
| Gewicht: | 740 kg |
| Serviceintervall: | 5.000 Std. |

www.ecpower.de

A member of the Statoil group

## Systemkomponente

- Power Unit
- Steuerung
- Wärmeverteiler
- Speichertank
- Automatisches Ölwechselsystem (für XRGI 17D-SD)

Hinzu kommen

Stromzähler (verbrauch) Schalldämpfer (für XRGI 17D-SD)



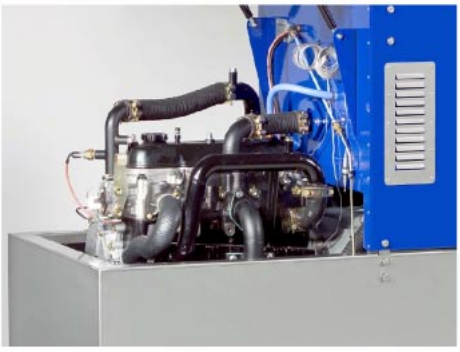
A member of the Statoil group

## TOYOTA Gasmotor entwickelt in enger Zusammenarbeit mit EC Power

Toyota -
exklusiver Kooperationspartner
für die werkseitige Entwicklung
und Modifizierung
des gasbetriebenen Aggregates
auf die Anforderungen der
KWK-Technologie von EC Power

Zielsetzung der Zusammenarbeit:

- Optimale Wirtschaftlichkeit
- Minimale Betriebskosten
- Maximale Sicherheit



A member of the Statoil group

## EC Power Motordesign

TOYOTA Gasmotor für EC Power BHKW`s, optimale Wirtschaftlichkeit bei sehr langer Lebensdauer

- Minimaler Wartungsbedarf und Kosten
- Die längsten Wartungsintervalle
- > 30.000 Bh ohne Reparaturen
- Effizienter Gesamtwirkungsgrad

Die Modifikationen umfassen u.a.

- Kolben und Ringe
- Nockenwelle und Stößel
- Ventile & -Sitze
- Zündungssystem (Vollelektronisch)
- Spezialkerzen (Irridium)



A member of the Statoil group

## Fortschritt anstelle von Wartungslisten:

- keine notwendigen manuellen Justierungen und dergleichen,
- kein Austausch von Verschleisteilen,
- wassergekühlter Generator von Emod ohne jegliche Verschleissteile,
- Generator mit lagerfreiem Rotor,
- 3-phasiger Assynchrongenerator mit direkter Netzaufkopplung *ohne* Inverter
- direkt Anlasser ohne Startmotor, Batterie etc.
- Wartungsfreie elektronische Zündung
- Keine thermostatgesteuerte Temperaturegelung im Motorkühlwasserskreislauf
- Intelligente Systemsteuerung mit integrierter Fernüberwachung

www.ecpower.de

A member of the Statoil group

## Höchste Flexibilität auch bei der Betriebsart:

- Ob modulierende Eigenbedarfproduktion oder
- Deckung des Eigenbedarfs mit gut bezahltem Verkauf des produzierten Stromes,
- Einspeisung der Gesamtenergie im strom- oder wärmegeführten Betrieb
- jegliche Form ist frei wählbar !

Eine intelligente, in dieser Leistungsklasse einzigartige Systemelektronik ermittelt unter Berücksichtigung von Tarifen und Hochlastperioden die jeweils günstigsten Betriebszeiten für optimale Einsparung und Amortisation.

Unabhängig von öffentlichen Fördergeldern und Politik wird für Sie die wirtschaftlich günstigste Arbeitsweise über die Regelung automatisch sichergestellt.

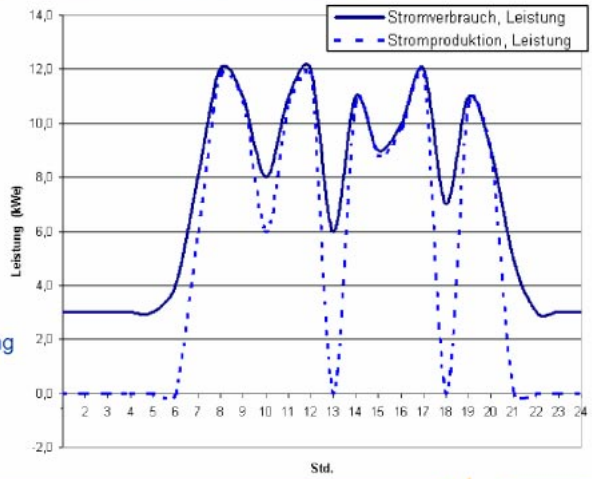


A member of the Statoil group

## Wärmegeführt und Stromoptimiert

Das heißt für EC Power:

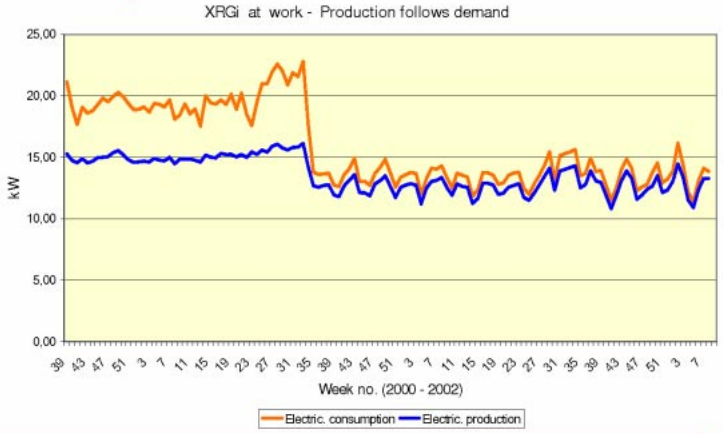
Basierend auf der installierten elektrischen Leistung der BHKW-Anlage und dem Wärmeverbrauch des Objektes, die größtmögliche Stromerzeugung zum best möglichen Preis zu realisieren.




www.ecpower.de

A member of the Statoil group

# EC Power Systemmodulation




www.ecpower.de

A member of the Statoil group

# EC Power Systemanpassung

Einfache Objektanpassung auf dem Display der Anlage,

In mehreren Servicemenüs können Vorgaben zur Einstellung der Betriebsstrategie gemacht werden. z.B. HT-NT-Tarifzeiten

| Einstellungen | | |
|---|---|---|
| Back-up Heizung: | Ja | |
| HT-Perioden: | Von | Bis |
| Mo – Fr: | 7:00 | 21:00 |
| Samstag: | 7:00 | 14:00 |
| Sonntag: | 0:00 | 00:00 |

Dadurch wird die XRGI-Anlage – im Falle eines begrenzten Wärmeverbrauchs die vorhandene Wärmespeicherkapazität nutzen,
und die Stromerzeugung so weit wie möglich von NT- in HT-Perioden verlegen.

www.ecpower.de

A member of the Statoil group

## EC Power`s Plattformstrategie

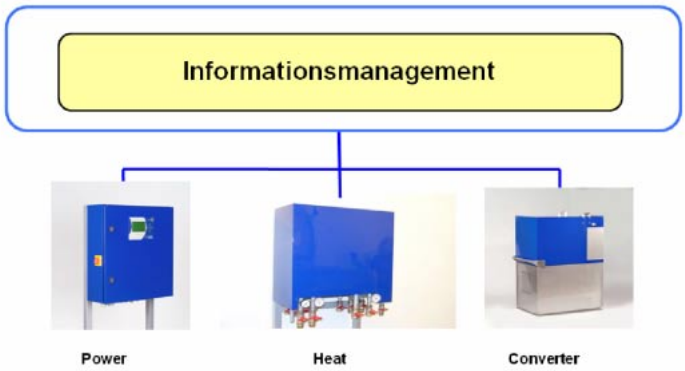
Die Blockheizkraftwerke von EC Power sind aufgrund ihrer Plattformkonzeption einzigartig.

Heute noch mit Natur-, Flüssig-, Klär- bzw. Biogas oder Öl betrieben, ermöglicht die modulare Bauweise, dass sich der Motor in naher Zukunft durch fortschrittlichere Antriebskonzepte , beispielsweise eine Brennstoffzelle, sobald diese Technik ausgereift ist, problemlos ersetzen ließe.



A member of the Statoil group

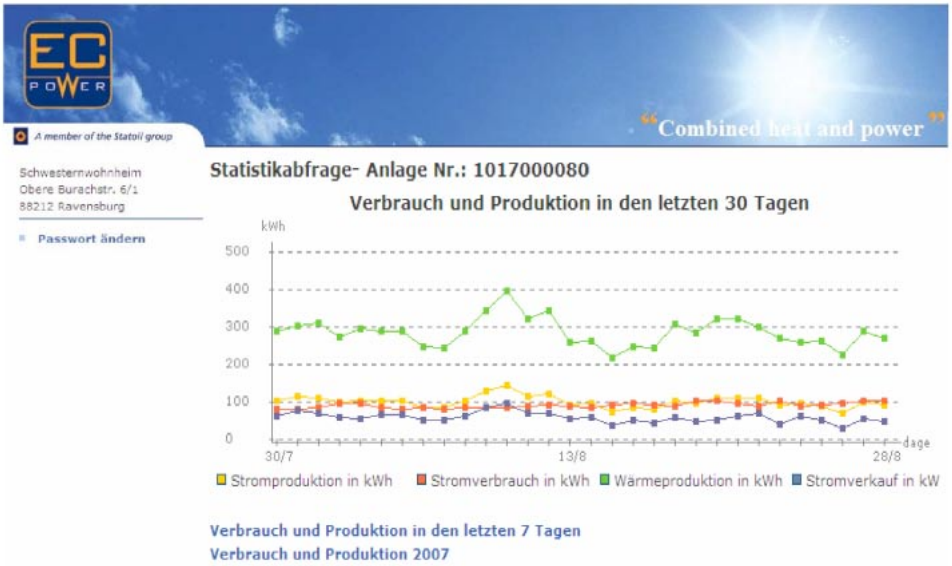
## EC Power Systeminformation



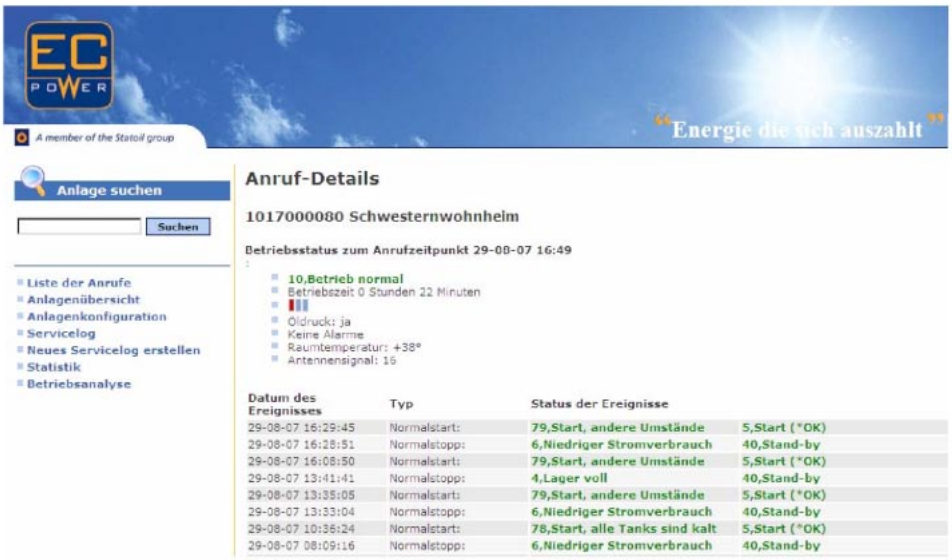

intelligente, kompatible Systemtechnik mit Online-Fernüberwachung

Kunden Login: Information über Leistung und Ertrag

www.ecpower.de

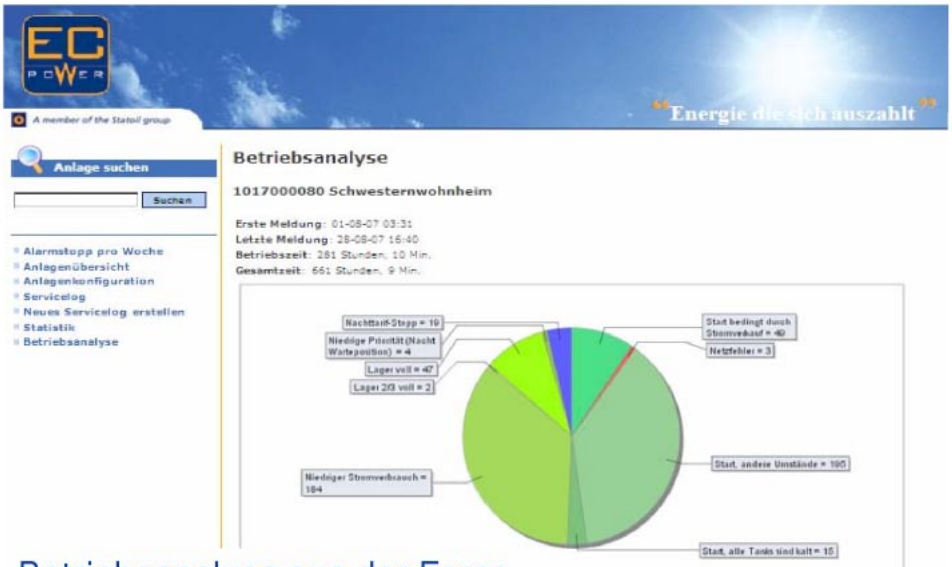



www.ecpower.de




Partner Login: Betriebsanalyse aus der Ferne

www.ecpower.de

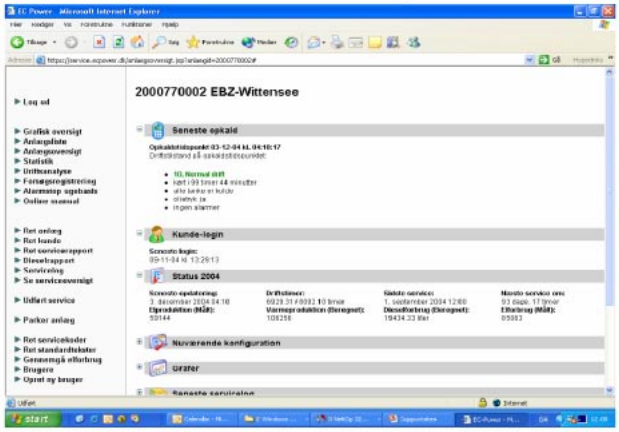



Betriebsanalyse aus der Ferne

www.ecpower.de

A member of the Statoil group

# Online- Fernüberwachung und Wartung

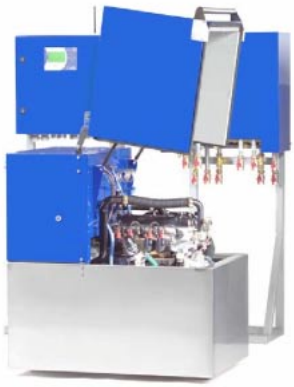


Umgehende Alarmmeldung im Störfalle durch SMS und eMail

www.ecpower.de

A member of the Statoil group

# Konsequenter Industriestandard:



- Lange Lebensdauer zu wettbewerbsfähigen Preisen
  - Robuster und einfacher Aufbau
  - hoher Qualitätsstandard
- Einfache Installation
  - Aufgebaut aus Standardelementen
- Kundenfreundlich
  - Vollautomatisches selbst lernendes System
  - Internetbasierende Fernüberwachung
  - Alarmmeldung im Störfalle durch SMS und eMail
  - Lange Wartungsintervalle
- Kompatibel mit künftigem Stromversorgungssystem
  - preisinduzierte Stromproduktion
  - Fokus auf Umweltaspekten

www.ecpower.de

Vielen Dank, für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:
EC - Power A/S
Samsoevej 25
DK - 8382 Hinnerup

verkauf@ecpower.dk
Kundentelefon Deutschland:
0170 / 47 67 87 8

# „Heiz dir deinen Strom“ – Der Praxistest der MVV Energie

Dr. S. Holler, Mannheim

# „Heiz dir deinen Strom"
# Der Praxistest der MVV Energie

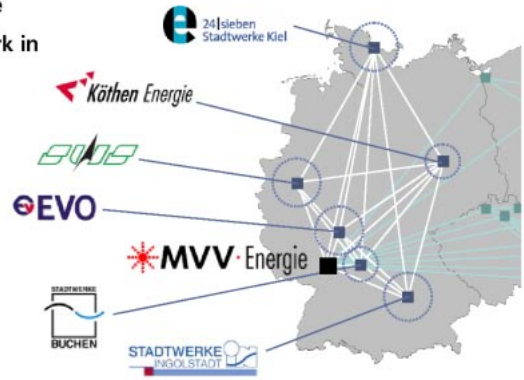
**ASUE-Fachtagung**
**„Wärme und Strom im Haus umweltschonend selbst erzeugen"**
**28. September 2007, Augsburg**

**MVV Energie**
**Dr. Stefan Holler**

MVV Energie

## Kurzportrait der MVV Energie Gruppe

- Die MVV Energie Gruppe ist das **größte börsennotierte Stadtwerke-Netzwerk in Deutschland**
- rund **6 800 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter**
- **Jahresumsatz** von **2,3 Mrd. €**, **EBIT** in Höhe von **201 Mio. €**
- Das Geschäftsmodell basiert auf der **horizontalen Vernetzung** und der **Integration von mehrspartigen Stadtwerken**






MVV Energie

## Inhalt

- Rahmenbedingungen des Praxistests
  - Motivation für MVV Energie
  - Randbedingungen der Standorte
- Erfahrungen aus dem Feldtest von MVV Energie
  - Optimaler Standort für WhisperGen-Hausenergieanlage
  - Installation
  - Betriebsführung
- Zusammenfassung und Ausblick



MVV Energie

## Ziele der deutschen Energiepolitik

### Bedeutung der dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung

- „Gleichzeitige Produktion von Strom und Nutzwärme in einer Anlage ist unbestritten die effizienteste Art der Energieerzeugung. Energieausbeute von bis zu 90%.
- KWK ist Grundpfeiler unserer Energiepolitik: Brennstoffe werden optimal ausgenutzt, einheimische und dezentrale Energieerzeugung wird stabilisiert und ausgebaut"

  (Pressekonferenz zur „Energiepolitik" am 17. August 2005)

- Nationaler Energiegipfel 2007: „…mehr Energieeffizienz und Kraft-Wärme-Kopplung"



MVV Energie

## Innovative Energiedienstleistung „Heiz dir deinen Strom"

- Praxistest einer Hausenergieanlage zur dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung im Einfamilienhaus
- Partner: Fa. WhisperGen, Neuseeland Laufzeit: 2 Jahre, seit Okt 2006
- 20 Anlagen bei Pionierkunden der MVV Energie, SW Kiel und SW Solingen.

**MVV Gruppe ist Vorreiter für innovative Hausenergieversorgung in Deutschland.**



## Motivation für MVV Energie

- Wir fördern die effiziente Nutzung des Energieträgers Erdgas.
- Wir bereiten den Weg für eine neuartige und innovative Form der Hausenergieversorgung in Deutschland.
- Wir sammeln umfangreiche Betriebserfahrungen und leisten einen Beitrag zur Weiterentwicklung künftiger dezentraler Energieversorgungssysteme.
- Wir entlasten die Umwelt über eine Reduzierung des $CO_2$-Ausstoßes um bis zu eine Tonne pro Jahr und Anlage.

## Motivation für Pionierkunden

- Teilnahme an einem regionalen Innovationsprojekt.
- Ökologische Energieversorgung des Haushalts.
- Auswertung des individuellen Energieverbrauchs.
- Reduzierung der Energiekosten bis 200 EUR pro Jahr.



MVV Energie

## „Heiz dir deinen Strom" – der Praxistest der MVV Energie

**Wie läuft der Praxistest ab?**

**MVV Energie…**

- installiert das Gerät im Heizungskeller des Kunden (inkl. der erforderlichen Umbaumaßnahmen),
- betreibt und wartet die Anlage ab Oktober 2006 für zwei Jahre,
- wertet Gas- und Stromverbräuche im Rahmen eines Forschungsprojektes aus.

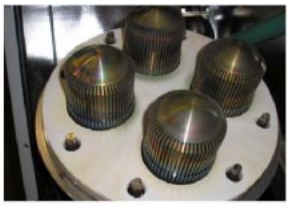
**Kunde …**

- bezieht Gas von MVV Energie,
- stellt den Aufstellplatz zur Verfügung,
- gewährt nach Absprache Zugang zu der Heizungsanlage.



MVV Energie

## Projektinhalte

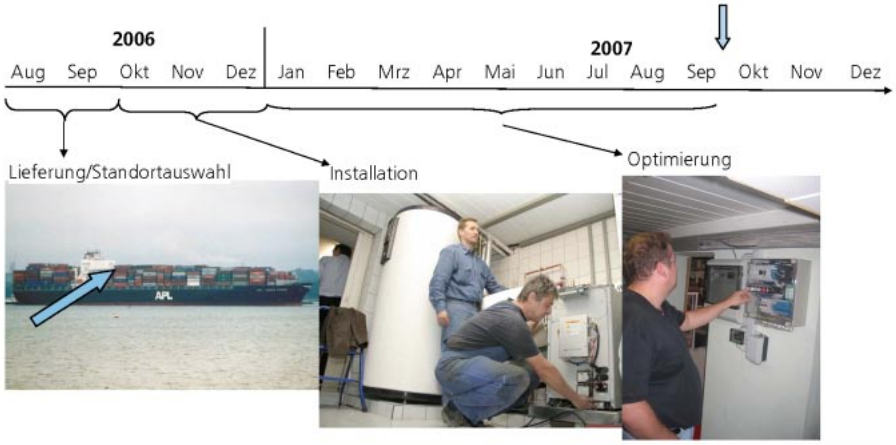


- Technische Überprüfung des WhisperGen
- Optimierung der Systemregelung
- Datenerfassung und -auswertung
- Aufbau eines Monitoringsystems
- Sozialwissenschaftliche Begleitung



MVV Energie

## Projektstatus






MVV Energie

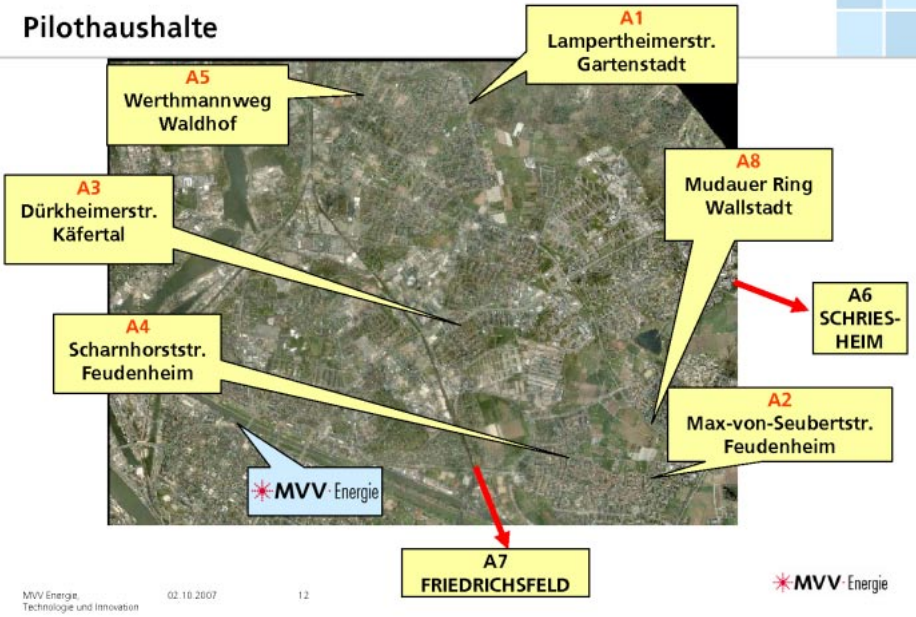
## Inhalt

- Rahmenbedingungen des Praxistests
  - Motivation für MVV Energie
  - Randbedingungen der Standorte
- Erfahrungen aus dem Feldtest von MVV Energie
  - Optimaler Standort für WhisperGen-Hausenergieanlage
  - Installation
  - Betriebsführung
- Zusammenfassung und Ausblick



MVV Energie

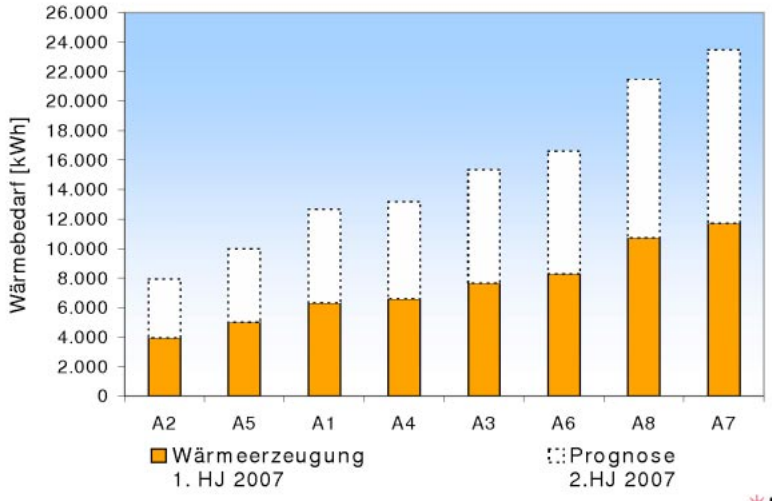
## Pilothaushalte






MVV Energie

## Wärmebedarf der Pilothaushalte






MVV Energie

## Optimaler Standort

**Prämissen**

- Monovalenter, wärmegeführter Betrieb
- Ziel: Maximierung der Laufzeit
- Leistung des Stirlingmotors (Messdaten MVV Energie): 7,5 kW
- Leistung des Zusatzbrenner (Messdaten MVV Energie): 4,5 kW
- Thermische Grundlast für Trinkwarmwasserbereitung: 0,2 kW
- Max. Kesselleistung (100%) bei Außentemperatur: - 12°C
- Abschaltung (0% Kesselleistung) bei Außentemperatur: +15°C

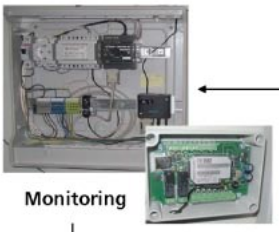
**Ergebnis**

- Maximale Kesselleistung des Standortes: 12 kW
- Maximale Betriebsstundenzahl des Stirlingmotors: 3600 h/a
- Maximaler Wärmebedarf 30.000 kWh/a



MVV Energie

## Installationsaufbau



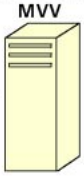
Monitoring

...und Störmelder

Regelung

Heizsystem

Server der MVV



Internet

Rohdaten oder Reporte

- 18 Messparameter
- 288 Messintervalle pro Tag und Anlage



MVV Energie

## Pilotinstallation im Einfamilienhaus

Kombi-Pufferspeicher ca. 600 L

Hausenergieanlage Typ WhisperGen

1kW el.
12kW th.

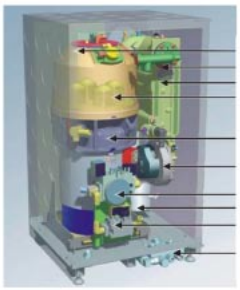
MVV Energie

## Die Hausenergieanlage

### WhisperGen Stirlingmotor – MKVb

Technische Daten

| | |
|---|---|
| Brennstoff: | Erdgas |
| Maße (HxBxT in mm): | 850 x 490 x 555 |
| Leergewicht: | 148kg |
| Elektrische Leistung: | 1 kW |
| Thermische Leistung: | 6 - 12kW |
| el. Wirkungsgrad: | 12% |
| th. Wirkungsgrad: | 80% |




MVV Energie

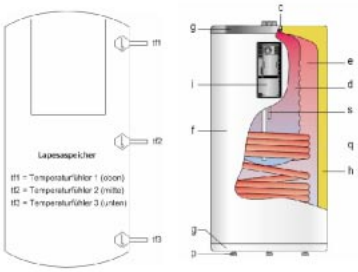


## Installationsaufbau

### Lapesa Puffer Speicher – GX600P Multifunktionsspeicher (Doppelmantelprinzip)

Technische Daten

| | |
|---|---|
| Fassungsvermögen: | 390l Heizwasser<br>215l Brauchwasser |
| Höhe: | 1730mm |
| Durchmesser: | 770mm |
| Leergewicht: | 150kg |
| Fläche Wärmetauscher: | 2,3m² |
| Inhalt Wärmetauscher: | 24l |




c- Inspektionsöffnung
d- Warmwasserspeicher
e- Aussenbehälter
f- Speichermantel
g- Speicherdeckel
h- Wärmedämmung
i- Schaltfeld
p- Stellfüsse
q- Solar-Wärmetauscher
s- Tauchhülse für Fühler

MVV Energie

## Typische Installation im Praxistest

- Heizsystem aus WhisperGen und Kombi-Pufferspeicher (ca. 600 L)
- Hydraulische Trennung von Primärkreislauf (WhisperGen) und sekundärem Heizkreislauf
- Integrierte Regelung für Speichermanagement und Heizungsreglung (Eigenentwicklung)
- Monitoringsystem zur Datenerfassung (EUS-Teleservice)
- Störmelder zur Betriebsüberwachung



## Betriebserfahrungen

**Auswertung der Betriebsdaten**

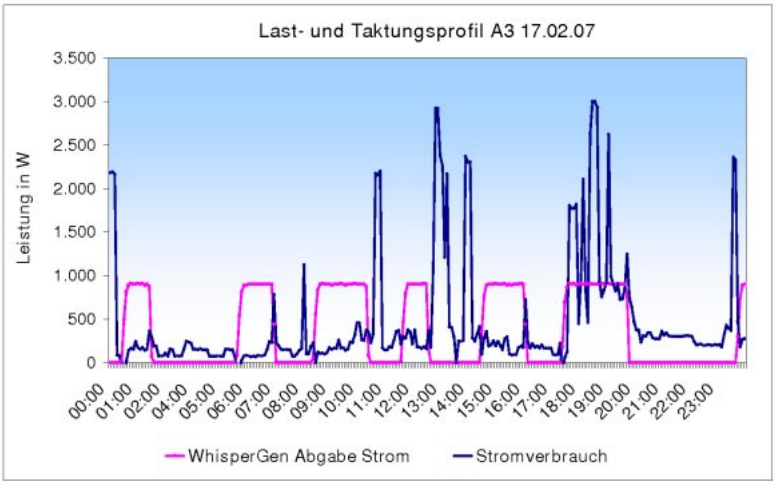
- Strombedarf- und dezentrale Erzeugung
- Systemoptimierung

**Übergeordnetes Projektziel:**

Reduzierung der Energiekosten durch

- Erhöhung des technischen Nutzunggrades und
- Optimierung der Stromeigennutzung.

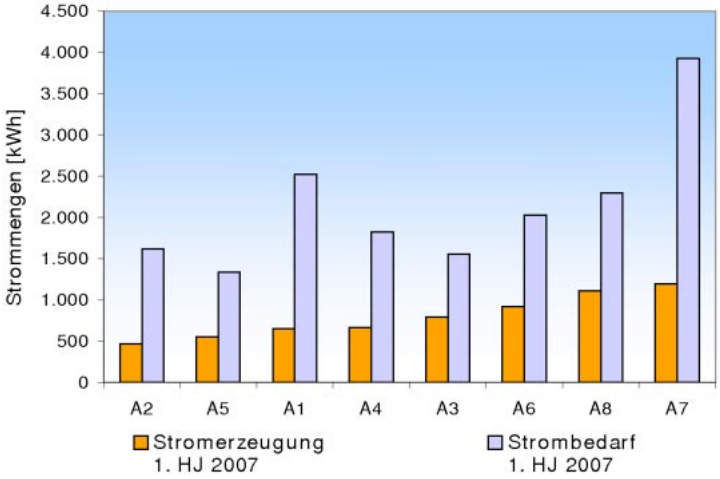
## Strom-Lastgang im Einfamilienhaus






MVV Energie

## Dezentrale Stromerzeugung der Pionierhaushalte

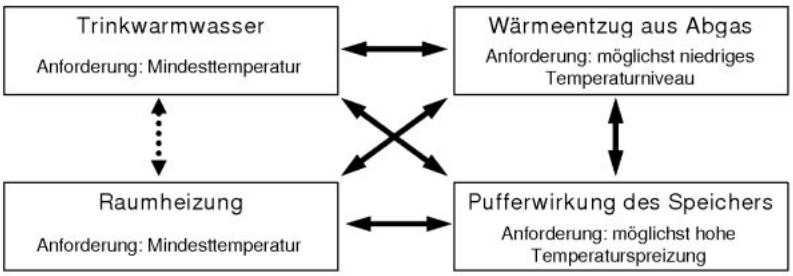





MVV Energie

## Systemoptimierung

Bei der Planung der Installation einer dezentralen KWK-Anlage sind die teilweise gegensätzlichen Anforderungen des Heizsystems zu beachten.



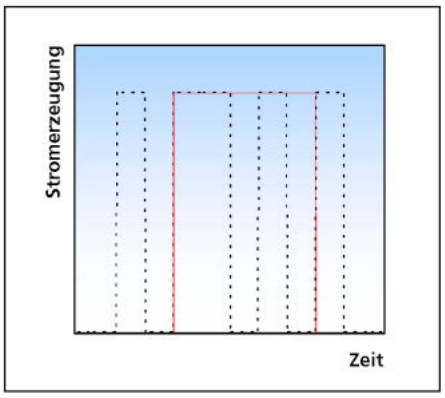



MVV Energie

## Systemoptimierung - Beispiel

**Verbesserung des Nutzungsgrades durch Reduzierung der Taktungszahl**

- Verminderung von Anfahr- und Abschaltverlusten
- Ziel: Reduzierung der Taktungsanzahl
- Maßnahme: Erhöhen der Wärme-speicherkapazität






MVV Energie

## Systemoptimierung: Maßnahme

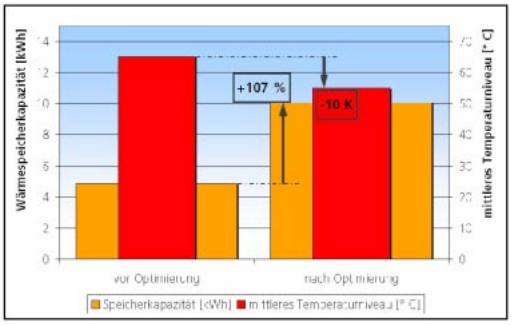
**Optimierung Anlagenbetrieb durch Erhöhung der Wärmespeicherkapazität**

- Wärmespeicherkapazität des Pufferspeichers:

  $Q = m * c_p * T$

- T [K] ist der Temperaturunterschied zwischen Einschaltpunkt und Ausschaltpunkt.

- Durch Absenkung des Temperaturniveaus im Speicher um ~10 K verdoppelt sich die Wärmespeicherkapazität.

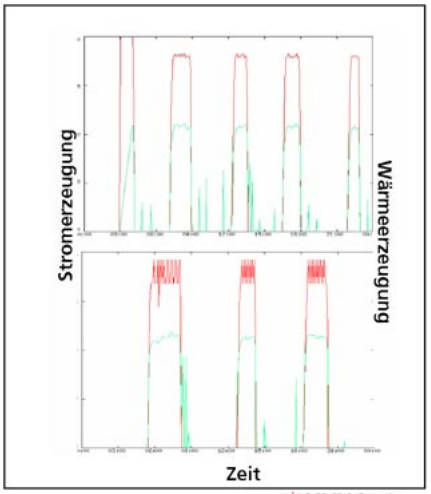





MVV Energie

## Systemoptimierung: Ergebnis

- Taktungshäufigkeit wurde um 30 % bis 40 % reduziert.
- Gesamtnutzungsgrad wurde um 2 – 3 Prozentpunkte verbessert.
- Weitere Verbesserung wird mit kälteren Außentemperaturen erwartet.






MVV Energie

## Erste Ergebnisse des Praxistests

- Die Hausenergieanlage liefert unter realen Bedingungen die erwarteten Leistungsdaten.
- Die Technologie ist ausgereift und alltagstauglich.
- Die Eigennutzung des erzeugten Stromes beeinflusst maßgeblich die Energiekosten.
- Der Strombedarf eines Einfamilienhauses kann zu 25 – 50% durch dezentrale Erzeugung gedeckt werden.
- Durch neue Zählertechnik und Energie-management lässt sich der Betrieb weiter optimieren.

## Zusammenfassung

- Die dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung ist ein wichtiger Baustein zukünftiger Energiesysteme.
- Die Hausenergieanlage WhisperGen ist alltagstauglich für den monovalenten, wärmegeführten Betrieb im Einfamilienhaus (max. 30.000 kWh Jahreswärmebedarf).
- Bei der Planung und Installation sind die komplexen Anforderungen an die Regelung eines dezentralen KWK-Heizsystems zu beachten.
- Der Strombedarf eines Einfamilienhauses kann durch dezentrale Kraft-Wärme-Kopplung teilweise gedeckt werden.
- Der WhisperGen-Stirlingmotor ist derzeit in Deutschland nicht als kommerzielles Produkt verfügbar. Erste Seriengeräte in Deutschland sind nach Aussage des Herstellers im Jahr 2008 verfügbar.

## Kontakt

**Dr.- Ing. Stefan Holler**
**Email:** s.holler@mvv.de
**Tel.:** 0621 – 290 3512

**Praxistest „Heiz dir deinen Strom“**
**Email:** heiz-dir-deinen-strom@mvv.de
**Tel.:** 0621 – 290 1515

MVV Energie

# „Initiative für Mikrokraftwerke in Berlin“ – Erfahrungen mit dem OTAG „lion-Powerblock“

Dr. H. Krause, Leipzig

## DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

Dr. H. Krause, F. Erler,
DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

# „Initiative für Mikrokraftwerke in Berlin“ – Erfahrungen mit dem OTAG „*lion*-Powerblock“

**ASUE-Fachtagung: Strom erzeugende Heizung -**

**Wärme und Strom im Haus umweltschonend selbst erzeugen**

Augsburg, am 28. September 2007

## Das Unternehmen

**Standort Leipzig**
Firmensitz und Bereich Gasnetze, Theklaer Str. 42
Bereich Gaschemie, Bautzener Str. 67

**Standort Freiberg**
Bereich Gasanwendung und Gasspeicherung
Tochter DBI Gastechnologisches Institut gGmbH
Halsbrücker Str. 34

## Das Unternehmen

**DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH**
**Leipzig und Freiberg**
**Geschäftsführung Dr.-Ing. H. Krause**

**Gastransport**

- **Gasförderung Gasspeicherung** – Prof. Dr. H. Kretschmar
- **Gasnetze Gasverteilung** – Dipl.-Ing. J. Fröbel

**Gasanwendung**

- **Gasanwendung** – Dr.-Ing. M. Werschy
- **Gaschemie Gasmessung** – Dipl.-Ing. C. Brösdorf

DVGW Sachverständigenstelle für industrielle Gasverwendung

DAP akkreditiertes Prüflaboratorium Schwerpunkt Gasanalytik



## Das Unternehmen

**DBI Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg**
**Aninstitut der TU Bergakademie Freiberg**
Geschäftsführung: Dr.-Ing. H. Krause
Prof. Dr.-Ing. Dimosthenis Trimis

Tochterunternehmen der DBI Gas- und Umwelttechnik (100%)

- **Gasanwendung** – Dr.-Ing. M. Werschy
- **DVGW Prüflaboratorium** – Dipl.-Ing. F. Brödner
- **DVGW Trainingszentrum Gas** – Dipl.-Ing. St. Franke

### Wirtschaftliche Daten des Unternehmensverbundes

- Mitarbeiter: 42 (+ ca. 5 Studenten, 7 externe Experten)
- Jährlicher Umsatz (2006): ca. 4,3 Mio. €

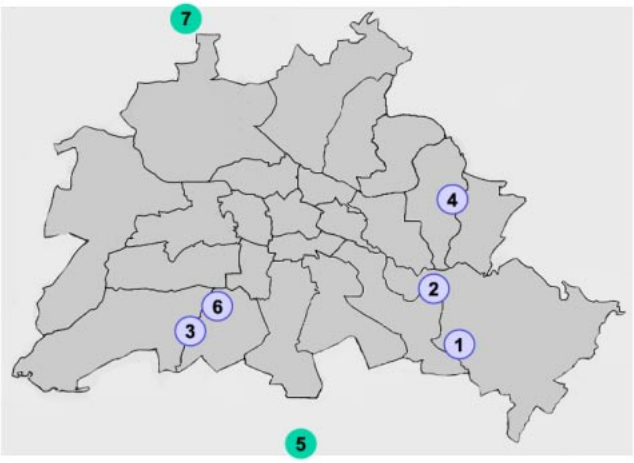
1. **Der Feldversuch – Rahmen, Laufzeit, Partner**
2. **Messprogramm**
3. **Einordnung der Geräte in die Hausinstallation**
4. **Bisherige Erfahrungen und Ergebnisse**
5. **Bewertung**



## Rahmen, Laufzeit, Partner

- Wissenschaftliche Begleitung eines Feldversuches zur Einführung dampfbetriebener Mini-BHKW – Typ: lion-Powerblock
- Laufzeit: Beginn: 01/2006
  Beobachtungsdauer: 2 Jahre
- Partner: Versorger: GASAG, DVGW, EMB, VNG
  Hersteller: OTAG
  Installationsbetriebe
  wiss. Begleitung: DBI GUT GmbH
- Geräteanzahl: 8 Stück in:
  **Einfamilienhäusern (beheizte Fläche: 100 – 180 m²)**
  Mehrfamilienhäusern (beheizte Fläche: 300 – 350 m²)
  - davon 5 Geräte mit kontinuierlicher Datenerfassung zur wiss. Begleitung

## Rahmen, Laufzeit, Partner




Standorte Berlin

Standorte Brandenburg

Standorte mit Daten-erfassung: 2, 3 ,5, 6, 7

Inbetriebnahmen

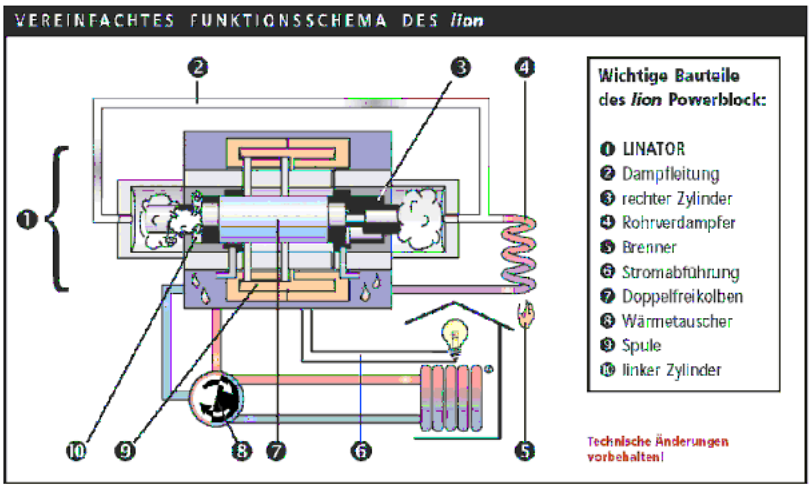
| | |
|---|---|
| 1-2: | 06/2006 |
| 3: | 07/2006 |
| 4: | 08/2006 |
| 5-6: | 11/2006 |
| 7: | 05/2007 |



## Systemparameter (laut Herstellerangaben)

| | |
|---|---|
| System: | 2-Zylinder-Freikolbendampfmaschine mit integriertem Lineargenerator |
| Brennstoff: | Erdgas H |
| Anschluss: | 3~, 230 V, 50 Hz (Einspeisung einphasig) |
| Leistung elektrisch/ thermisch: | 0,2 – 2,0 kW (± 10 %) / 2,5 – 16 kW |
| max. VL/RL: | 65 / 58 °C |
| Arbeitsmedium: | Wasser |
| Temperatur: | 300 - 400 °C |
| Druck: | 5 – 30 bar |
| Größe: | 1,26 x 0,62 x 0,85 [m] ca. 195 kg |
| Geräusch: | 50 – 54 dB (A) |
| installierte Geräte: | 145 Stück (Aug. 2007) |

## Systemparameter

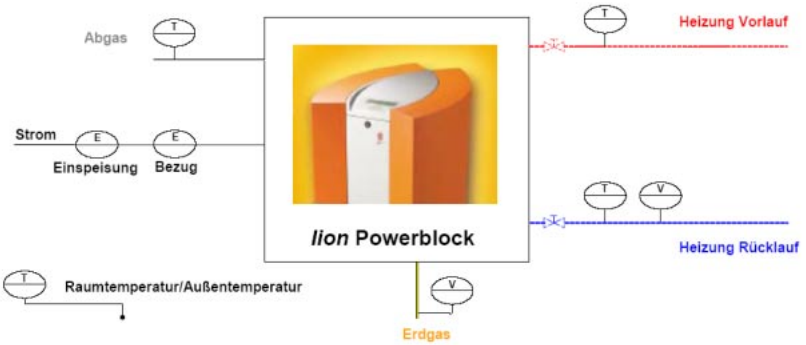





## Messprogramm

- Aufbau einer Datenerfassung zur zeitlich differenzierten Bilanzierung (Gasverbrauch, Wärme- und Stromerzeugung)
- Punktuelle Messungen (leistungsabhängig)
  - Abgasemissionen
  - Schallemissionen (in der Geräteumgebung)
  - Analyse der Stromqualität (an ausgewählten Standorten)
- Bewertung der Anlagen nach:
  - energetischen Gesichtspunkten (Wirkungs- und Nutzungsgrade, Stromqualität)
  - Umweltschutz-Gesichtspunkte (Emissionen)
  - Wirtschaftliche Gesichtspunkte (Verfügbarkeit, Wartungskosten, Wirtschaftlichkeit, Stromgestehungskosten)

## Messprogramm

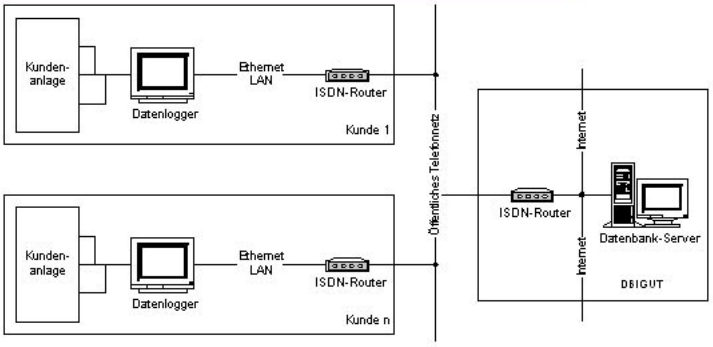



Messstellenplan eines Standortes zur Erfassung sämtlicher Daten für eine vollständige Energiebilanz

Datenerfassung: Datenlogger Eurotherm Chessel 5180 V (inkl. Display zur Vorortdiagnose)



## Messprogramm




Übersicht zur Datenfernübertragung:

- Online-Diagnose des Anlagenbetriebes und der Messtechnik
- Mindestens wöchentliche Datenübernahme

## Messprogramm

Einordnung des lion-Powerblocks mit der Datenerfassung



## Einordnung der Geräte in die Hausinstallation

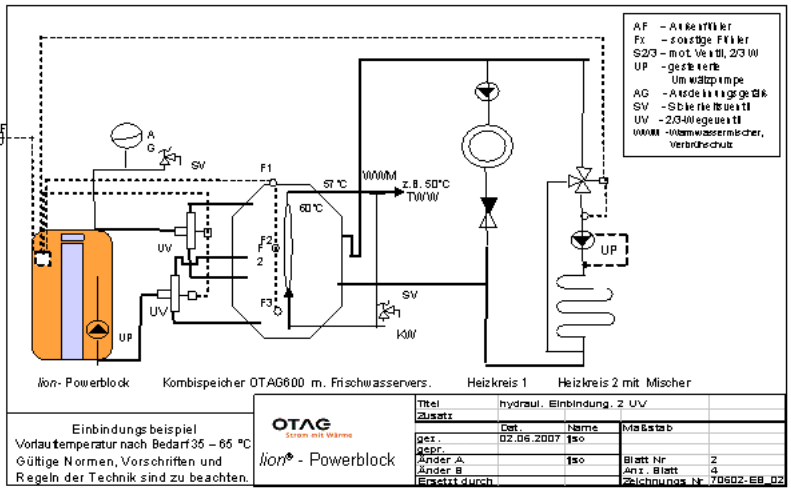
**Zielgruppe für den gegenwärtigen Einsatz:**

- **Ein-** und Mehrfamilienhäuser
- Wärmebedarf (Heizung und Warmwasser): 25.000 – 70.000 kWh/a
- Strombedarf > 3.000 kWh/a

**Einordnung in die Hausinstallation:**

- Spitzenlastkessel nicht zwingend erforderlich, der Bedarf ist abhängig vom Nutzerverhalten und Größe der beheizten Fläche (im Feldtest sind bestehende Geräte in Betrieb geblieben)
- Kombination mit Spitzenlastkessel im **Parallelbetrieb** oder als Rücklaufanhebung
- Vorsehen eines **Kombispeichers** (600 l für Heizung und Warmwasser) oder separate Puffer- und Warmwasserspeichers Speichervolumen jeweils 250 - 1000 l je nach Objekt.

## Einordnung der Geräte in die Hausinstallation




**Empfohlene Einbindung des *lion*® - Powerblocks**



## Einordnung der Geräte in die Hausinstallation

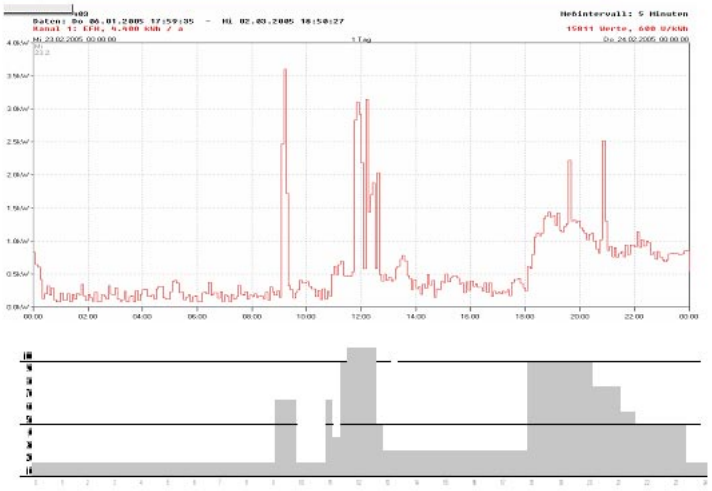
**Kriterien für den optimalen Betrieb:**

- BHKW-Betrieb immer im Vorrang bei Kombination mit Spitzenlastkessel
  - **bei Parallelbetrieb wird eine Master-Slave-Steuerung eingesetzt**
    alternativ kann eine übergeordnete Steuerung verwendet werden
  - bei Rücklaufanhebung immer gegeben
- Abstimmung der Pumpenleistungen und Strömungsverhältnisse im Heizungssystem
- Häufige Schaltvorgänge vermeiden, möglichst lange Laufzeiten je Schaltvorgang

**Nutzerverhalten (energiebewusste Nutzer):**

- Vermeidung von Spitzenverbräuchen
- Optimale Einstellung der Heizungsthermostaten
- Optimale Programmierung des Gerätes, angepasst an das Nutzerverhalten (**Komfortstufen** einstellbar - Schulung durch OTAG)

## Einordnung der Geräte in die Hausinstallation



**Komfortstufen: Strom-orientiert programmiert**



## Bisherige Ergebnisse – Installation/Wartung

**Handhabung für den Installateur:**

- Einbaumaße sind für übliche Heizungsräume kein Hindernis.
- Gerätemasse (195 kg) ist deutlich höher als vergleichbare Gaskessel.
- Einbau der Geräte in vorhandene Heizungssysteme bei gewissenhafter Planung problemlos möglich.
- Geringfügig höherer Aufwand durch erweiterte Elektroinstallation (Rückspeisezähler, bzw. gesonderter Zweiwegezähler)

**Wartung:**

- Fernwartung durch den Hersteller möglich, erlaubt zielgerichtete Diagnose für den Austausch von defekten Teilen. (GSM – Modem jetzt im lion-Powerblock eingebaut.)
- Optimierung auf dem gleichen Weg möglich
- Das Gerät ist wartungsfreundlich bei Bauteilaustausch.

## Bisherige Ergebnisse - Betriebsverhalten

**Charakterisierung des bisherigen Betriebes:**

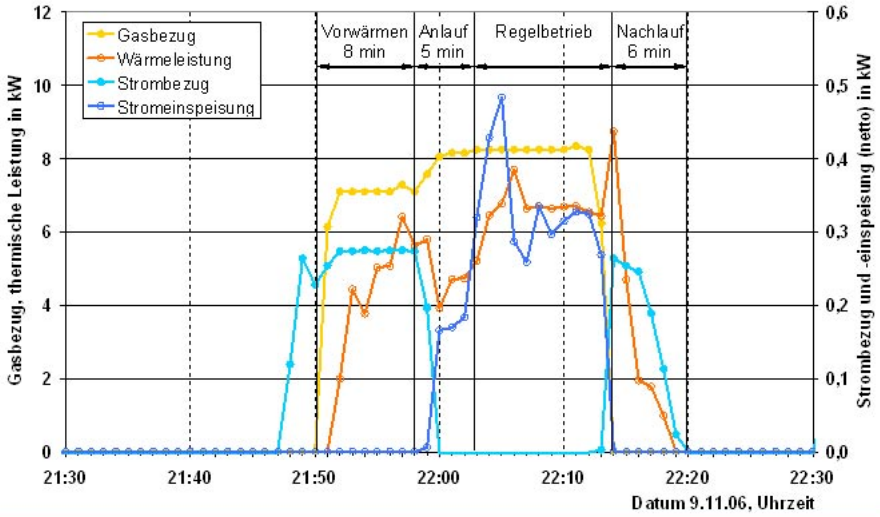
- Überwiegend geringer Wärmebedarf an fast allen Standorten
  Folge: intermittierender Betrieb, kurze Laufzeiten
- Schwerpunkt der bisherigen Arbeiten:
  Optimierung der Heizungseinbindung und des Betriebsverhaltens
- Änderungen an Baugruppen (Linator)
- Anlagen liefen häufig im Heizbetrieb (ohne Stromerzeugung)

**Auswertbare Zwischenergebnisse:**

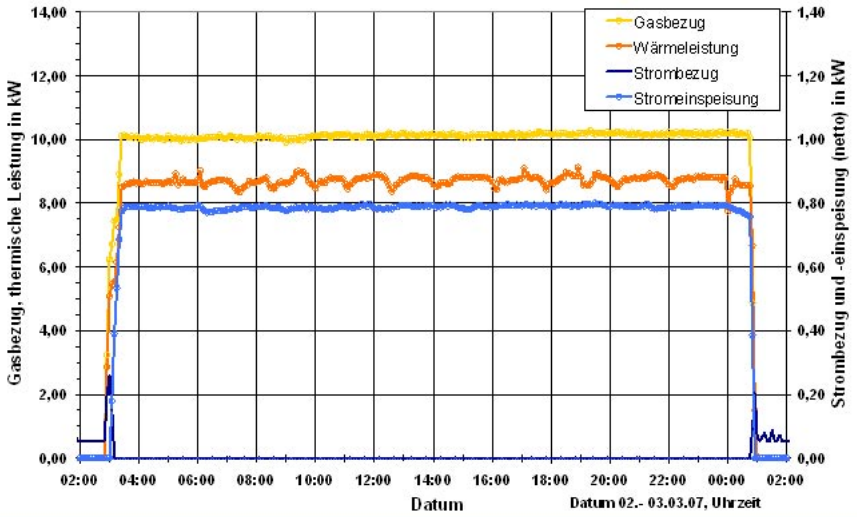
- Anfahrverhalten
- Betriebsverhalten
- Wirkungsgrade in Phasen des Dauerbetriebes
- Emissionen



## Bisherige Ergebnisse - Anfahrverhalten

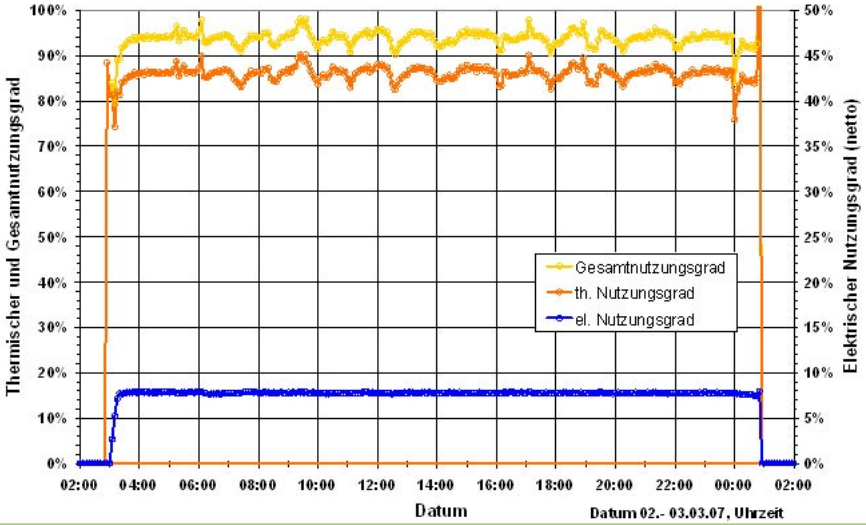


## Bisherige Ergebnisse - Regelbetrieb






## Bisherige Ergebnisse - Regelbetrieb



## Bisherige Ergebnisse - Regelbetrieb

DBI GUT
Gas- und Umwelttechnik GmbH

**Erreichte Kennziffern in langen stationären Betriebszuständen (Laufzeit > 240 Minuten)**

| **Standort**<br>beheizte Fläche [m²] | **2**<br>180 | **3**<br>140 | **5**<br>300 | **6**<br>350 |
|---|---|---|---|---|
| - Gesamtnutzungsgrad<br>- thermischer<br>- elektrischer (netto)<br><br>bei mittlerer el. Leistung (W) | 87 %<br>81 %<br>6 %<br><br>429 | 86 %<br>79 %<br>7 %<br><br>753 | 91 %<br>83 %<br>8 %<br><br>824 | 94 %<br>86 %<br>6 %<br><br>870 |
| - Leistung bezogen auf PN (derzeit 1500 W) | 29 % | 50 % | 55 % | 58 % |
| - Mittlere Vor- / Rücklauftemp. (°C) | 60 / 54 | 52 / 42 | 60 / 50 | 47 / 41 |
| - Stromkennzahl | 0,07 | 0,09 | 0,09 | 0,09 |



## Bisherige Ergebnisse - Regelbetrieb

DBI GUT
Gas- und Umwelttechnik GmbH

**Empfehlungen für den Einsatz von KWK-Systemen**

- Anpassung des hydraulischen Systems bei der Einordnung von KWK-Systemen in bestehende Heizungsanlagen
  - Vorsehen von Wärmespeichern (Kombispeicher von OTAG empfohlen),
  - Abstimmung der Pumpenleistungen
- Optimierung des Anlagenbetriebes
  - Senkung der Schalthäufigkeit
  - Bevorzugung des Betriebes im unteren Leistungsbereich
  - lange Laufzeiten der Gerätes
- Schulung der Nutzer
  - Einstellung der Thermostate
  - Vermeidung von Lastspitzen

## Bisherige Ergebnisse - Bewertung

DBI GUT
Gas- und Umwelttechnik GmbH

**Nutzungsgrade**

- Gesamtnutzungsgrad — gut (bezogen auf Brennwertnutzung)
- elektrischer Nutzungsgrad — unter Herstellerangaben

**Untersuchte Kriterien**

- Abgasverluste: — sehr gut (2 - 3 %)
- Abgasemissionen: CO — sehr gut („Blauer Engel" wird erfüllt)
  NOx — sehr gut („Blauer Engel" wird erfüllt)
- Schallemissionen: — Optimierungsbedarf
- Verfügbarkeit: — Optimierungsbedarf



DBI GUT
Gas- und Umwelttechnik GmbH

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.**