

# Einsatz von erdgasbetriebenen Klein-KWK-Anlagen in der häuslichen Energieversorgung

**Motivation.** Getrieben durch die Anforderungen des Marktes nach kostengünstigen Beheizungssystemen sowie der seitens der EU vorgegebenen Rahmenbedingungen zur Steigerung der Energieeffizienz werden seit geraumer Zeit innovative Technologien zur Wandlung von Primärenergie in Nutzenergie (z. B Wärme und /oder Strom) für eine häusliche Verwendung entwickelt, die Verbraucher finanziell weniger belasten und die gleichzeitig die Umwelt durch eine hohe Effizienz schonen.

## Aktuelle gesetzliche Rahmenbedingungen

Zur Umsetzung europäischer Vorgaben in die deutsche Gesetzgebung hat die Bundesregierung das Meseberger Programm mit den Kabinettsbeschlüssen vom 18. Juni

2008 auf den Weg gebracht. Zu den Zielen dieses nationalen Integrierten Energie- und Klimaprogrammes (IEKP) gehören neben einer übergeordneten Verminderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes um 35 % bis zum Jahr 2020 auch viele Einzelmaßnahmen, die bis dahin umzusetzen sind. Zentral steht die „3 x 20-Philosophie“. Vorgesehen sind die Verminderung der Treibhausgasemission um mindestens 20 %, die Steigerung des Anteils von erneuerbaren Energien am gesamten Primärenergieverbrauch auf 20 % und die Erhöhung der Energieeffizienz durch Energieeinsparungen wiederum auf 20 %. Darüber hinaus wird eine Verdoppelung des Anteils von Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) auf etwa 25 % angestrebt.

Ein Schwerpunkt des Gesetzeswerkes ist das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG), welches jedoch nur für Neubauten Gültigkeit besitzt, die ab dem 01. Januar 2009 fertig gestellt werden. Wesentliches politisches Ziel ist hierbei die Steigerung des Anteils an erneuerbaren Energien am Wärmemarkt von derzeit 6,6 % auf 14 % bis zum Jahr 2020. Zur Umsetzung der Anforderungen stellt der Bundeshaushalt von 2009 bis 2012 einen Betrag von 500 Millionen Euro zur Verfügung, der über verschiedene Programme abgerufen werden kann.

Nach dem Willen der Bundesregierung bilden der Einsatz von Umweltwärme (solare Wärmeerzeugung, Wärmepumpentechnologien) sowie die Nutzung von fester, flüs-



Brennstoffzellen-Heizgerät (Mikro-KWK)

siger oder gasförmiger Biomasse zukünftig die Schwerpunkte in der Wärmeerzeugung. Gasförmige Biomasse wird dabei nur im Zuge einer gleichzeitigen Verstromung in hocheffizienten KWK-Anlagen gefördert, wobei der erzeugte Strom gemäß den Vergütungssätzen des EEG bewertet wird. Erdgasbetriebene Klein-KWK-Anlagen werden als adäquate Ersatzmaßnahmen zur Einhaltung der Vorgaben des EEWärmeG anerkannt. Auf der Grundlage der Vergütungssätze des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (KWKG) erhalten Anwendungen staatliche Zuschüsse, die Strom in das Netz des öffentlichen Versorgers einspeisen und die Strom produzieren, der im eigenen Objekt direkt genutzt wird und dadurch den „Fremdstrombezug“ reduzieren. Die Rahmenbedingungen und Voraussetzungen einer Vergütung sind in verschiedenen Regelwerken formuliert und bezüglich einer Anwendung und Geltendmachung teilweise sehr komplex. Hier wird es in Einzelfällen zu gerichtlichen Auseinandersetzungen kommen, deren Ergebnisse im Rahmen von Monitoring-Prozessen in überarbeitete Gesetzespassagen einfließen werden.

---

### Rolle der Energieversorger im Umfeld des IEKP

---

Als Ferngasgesellschaft hat WINGAS die gesellschaftliche Verpflichtung, gesetzliche Vorgaben im Sinne des Umweltschutzes sowohl zu beachten als auch gegenüber eigenen Kunden zu propagieren, erläuternd aufzubereiten und kritisch zu bewerten. Im Rahmen eines Kundenworkshops im Herbst 2008 – „Das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz aus Sicht der kommunalen Gaswirtschaft“ – wurden die Inhalte der Meseberger Beschlüsse aufgegriffen und in gemeinsamer Diskussion bezüglich ihrer Auswirkungen auf zukünftige Geschäftsentwicklungen von Stadtwerken eingeordnet.

Vor dem Hintergrund einer perspektivisch steigenden Nutzung regenerativer Energie-Ressourcen mit gleichzeitig einhergehenden verschärften Standards zur Wärmedämmung von Gebäuden (EnEV) ist es aus Sicht eines Gasversorgers erforderlich, Szenarien über zukünftige Absatzpotenziale durchzuspielen. Zumal Fachkreise mit einem Rückgang des Absatzes von Erdgas in einer Größenordnung von bis zu 20 % bis zum Jahr 2020 rechnen. Im Rahmen des Workshops gab WINGAS Hinweise und Empfehlungen zum Umgang mit den aktuellen Regularien.

Aus der Bandbreite vorgegebener Technologien zur häuslichen Energieversorgung sind demnach diejenigen auszuwählen, die sowohl aus Sicht des Kunden als auch des Energieversorgers wirtschaftlich attraktiv sind. Damit muss die notwendige Wandlung der Stadtwerke hin zu „Energie-Effizienz-Unternehmen“ einher gehen. Das Stadtwerk der Zukunft fungiert nicht mehr nur als reiner Primärenergieförderer, sondern als allumfassender Energie-Dienstleister und Anbieter für Energie-Transport, Energie-Wandlung und Energie-Nutzung. Neben einer Verlängerung der Wertschöpfungskette für Stadtwerke und der damit verbundenen intensiveren Kundenbindung gehört dazu auch die aktive Beschäftigung mit ökologisch und ökonomisch geeigneten Anwendungstechnologien für Erdgas. Das EEWärmeG weist erdgasbetriebene „Klein-KWK-Anlagen für die häusliche Energieversorgung“ ausdrücklich als adäquate Ersatzmaßnahmen aus. Darunter fallen auch Wärmepumpen, die zur Nutzung von Umweltwärme nicht zwingend nur mit Strom betrieben werden müssen, sondern perspektivisch auch durch den Einsatz von Erdgas im Rahmen von Absorptions- bzw. Adsorptionstechnologien eine attraktive Alternative darstellen können.

---

### Brennstoffzellen-Projekte

---

WINGAS beschäftigt sich bereits seit Ende der 90er Jahre mit dem Thema „Klein-KWK“. Wie alle neuen Technologien erfordert auch diese ein hohes Maß an vorheriger Erprobung in praxisnahen Feldtests, bis die Marktreife erreicht ist. Im Rahmen einer erfolgreichen Partnerschaft mit dem Regionalversorger Technische Werke Ludwigshafen am Rhein AG (TWL), dem Wohnungsunternehmen der BASF (LUWOG) und wechselnden Brennstoffzellen-Herstellern hat WINGAS praxisrelevante Erfahrungen mit einem Brennstoffzellenfeldtest im Leistungsbereich 1,5 kWel gesammelt. Das Langzeitprojekt ist mit einer „SO-Brennstoffzelle“ der Firma Sulzer Hexis gestartet und ab 2006 mit einer „PEM-Brennstoffzelle“ des Unternehmens Baxi Innotech fortgesetzt worden.

Das energieeffiziente „Drei-Liter-Haus“ im Ludwigshafener Brunnenviertel ist ein zukunftsweisendes Projekt und zeigt auf, wie man ohne Einbußen im Komfort sparsam mit der kostbaren Ressource Energie umgehen kann. Das Mehrfamilienhaus, in dem BASF-Werkwohnungen untergebracht sind, wurde zur Jahrtausendwende nach energiesparenden Maßgaben saniert. 2006 stattete der Brennstoffzellenhersteller Baxi Innotech das Haus in

einem Feldtest mit der Brennstoffzelle „Beta 1.5“ zur Wärme- und Stromerzeugung aus. Ziel des Pilotversuchs ist die Erkundung von innovativen Technologien zur nachhaltigen Nutzung von Erdgas. Die positiven Erfahrungen der ersten Jahre haben die Projektpartner bewogen, den Versuch mit der verbesserten Version „Beta 1.5 Plus“ fortzusetzen, um weitere Erkenntnisse zu erlangen.

Die Brennstoffzelle setzt Erdgas in ein wasserstoffreiches Gas zur anschließenden gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung im Rahmen eines elektrochemischen Prozesses um. Gegenüber der Stromversorgung aus einem Kondensationskraftwerk und einer separaten Wärmeerzeugung werden dabei 20 bis 30 Prozent an CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart. Das Kleinstkraftwerk ist mit seinen Raummaßen mit einem herkömmlichen Heizkessel vergleichbar. Doch anders als dieser erzeugt die Niedertemperatur-Brennstoffzelle mit Polymermembran (PEM) neben Wärme auch Strom. Die Ressource Erdgas wird durch einen hohen Wirkungsgrad höchst effizient umgesetzt. Das Projekt wurde in seinem Verlauf durch eine Messreihe der Energieströme (Gas, Wärme, Strom) dokumentiert und mittels quartalsmäßig erstellter Fachberichte der Transferstelle in Bingen unterfüttert.

Die Entwicklung der Anlagenverfügbarkeiten, der Standzeiten verschiedener kritischer Bausteine (beispielsweise des Brennstoffzellenstacks) sowie der erzielbaren elektrischen und thermischen Nutzungsgrade bei Voll- und Teillast geben einen ersten Eindruck über den Stand derzeitiger Brennstoffzellen-Systeme unterschiedlicher Technologien. Mit der Pilotanlage sammelte WINGAS Erfahrungen mit der:

- SO-Brennstoffzelle (Solid Oxid), die in der Reformation im Hinblick auf die Reinheit eines wasserstoffreichen Gases weniger Aufwand bedeutet, dafür aber wegen hoher Temperaturniveaus auf der thermischen Seite (900–1.000 °C) größere Anforderungen an Werkstoffe stellt, und der
- PEM-Brennstoffzelle (Polymer Electrolyt Membrane), die einen aufwendigen Reforming-Prozess erfordert, anfallende Prozesswärme allerdings werkstoffspezifisch vollkommen unkritisch ist, da sie im Niedertemperaturbereich (70–90 °C) anfällt.

Darüber hinaus ist es jedoch notwendig, auch andere, konkurrierende KWK-Technologien zu beobachten, um Ergebnisse richtig einordnen und miteinander vergleichen

zu können. So betreut WINGAS seit geraumer Zeit ebenfalls gemeinsam mit Stadtwerke-Kunden Feldtest-Projekte mit der Dampfexpansionsmaschine „Lion-Powerblock“ der Firma OTAG aus Olsberg (0,2–2,2 kWel; 2,0–16 kWth) und dem Stirling-Motor der Firma Whispergen (1,0 kWel; 7 (14) kWth). Im direkten Vergleich ergeben sich deutliche Unterschiede.

---

## Ergebnisse der Feldtests verschiedener Klein-KWK-Systeme

---

Die Brennstoffzelle (1,5 kWel) weist mit ca. 25 % bereits einen recht hohen elektrischen Wirkungsgrad auf, liegt im Gesamtnutzungsgrad jedoch noch unter 75 %, was verbesserungsfähig ist. Insbesondere das Temperaturniveau der Wärmeauskopplung (Rücklauf Temperatur des Heizsystems) ist hierbei eine entscheidende Größe. Die derzeitigen Kosten (Stand 2009) für Brennstoffzellen für den häuslichen Einsatz sind aufgrund der Einzelfertigung geringer Stückzahlen noch weit von einer Wettbewerbsfähigkeit entfernt. Mit einer Marktreife ist etwa 2015 zu rechnen.

Die „Netto-Stromerzeugung“, die in der Zeit vom Herbst 2006 bis zum Herbst 2008 in Feldtests mit der Dampfexpansionsmaschine „Lion Powerblock“ ermittelt wurde, blieb bisher hinter den Herstellerangaben zurück und liegt deutlich unter 1 kWel. Der gemessene Gesamtnutzungsgrad ist mit einem Wert von knapp mehr über 90 % jedoch erstaunlich hoch. Der „Lion Powerblock“ wird als „Stromerzeugende Heizung“ verkauft, kann diesem Anspruch wegen der geringen elektrischen Ausbeute bisher jedoch nicht gerecht werden. Die Mehrkosten gegenüber dem normalen Heizkessel sind daher kaum zu erwirtschaften. Das nicht leistungsgeregelte Gerät Whispergen Stirling (1,0 kWel) ist elektrisch und liefert im Betrieb eine thermische Leistung von etwa 6 bis 7 kW. Über einen Zusatzbrenner kann die thermische Leistung modulierend bis auf 14 kW angehoben werden. Der gemessene elektrische Wirkungsgrad lag bei einem Gesamtnutzungsgrad von 80 bis 85 % (je nach Rücklauf Temperaturniveau) im Bereich von 7 bis 8 %.

---

## Randbedingungen einer KWK-Wirtschaftlichkeit

---

Um ein Takten (Ein-/Ausbetrieb) zu vermeiden und die Laufzeit zu verlängern, werden Klein-KWK-Anlagen in der Regel mit einem zusätzlichen Speicher (ca. 600 – 700 l) ausgestattet.

Neben den Aufwendungen für den elektrischen Anschluss zur Stromeinspeisung sind die Zusatzkosten, die gegenüber dem einfachen Heizkessel der Komponente „Stromerzeugung“ zuzurechnen sind. Doch selbst bei den verbesserten Rahmenbedingungen des aktuellen KWK-Gesetzes (Stand 2009) mit Vergütungssätzen von 5,11 Cent/kWh über einen Zeitraum von zehn Jahren für KWK-Anlagen < 50 kWel, die auch bei einer KWK-Stromnutzung im eigenen Objekt angerechnet werden, erfordert ein wirtschaftlicher Betrieb derartiger Anlagen eine jährliche Vollbenutzung von mindestens 3.500 bis 4.000 Stunden. Gleichzeitig sollten die spezifischen Investitionen für KWK-Anlagen etwa 2.000/kWh (netto) nicht überschreiten. Eine Brennstoffzelle mit einer elektrischen Leistung von 1,5 kW inklusive Zubehör dürfte bei Marktreife damit nur um etwa 3.000 Euro teuer sein als ein Heizkessel entsprechender Wärmeleistung. Ein Preis von etwa 10.000 Euro (netto) für die gesamte KWK-Anlagentechnik wäre bei einer elektrischen Leistung von 1,5 kW eine anzustrebende Größenordnung.

Der einer Marktreife derzeit am nächsten kommende Stirling-Motor erzeugt bei 3.500 Vollbenutzungsstunden eine Wärmearbeit von etwa 24.000 kWh. Das zu beheizende Objekt sollte deshalb einen jährlichen Heizwärmebedarf von etwa 30.000 kWh aufweisen. Ein normales Einfamilienhaus, das beispielsweise nach aktuellen EnEV-Standards gebaut ist, wäre für den wirtschaftlichen Betrieb einer derartigen Anlage demnach zu klein.

---

## Der Energie-Versorger als Energie-Dienstleister

---

Die sinnvolle Umsetzung der neuen Energiegesetze wird für Endverbraucher zunehmend unübersichtlicher, da sie zwischen sehr vielen Varianten wählen können. Während der Einbau einer Niedertemperatur- bzw. Brennwert-

therme bislang die richtige Lösung gewesen ist, müssen sich Bauherren seit dem 01. Januar 2009 entscheiden, ob ein Erdgasbrennwertgerät mit Solarthermienutzung (Solarkollektoren) installiert werden soll, ein System mit Wärmepumpe (Wärmequelle wahlweise Grundwasser, Erdreich oder Luft), ein Holzpelletkessel mit oder ohne Solarunterstützung oder eine Klein-KWK-Anlage mit Erdgasmotor als Stirling, Dampfexpansionsmaschine oder –perspektivisch – als Brennstoffzelle. Der örtliche Energieversorger ist gefordert, die Kunden in seiner Funktion als regionaler Partner zu unterstützen und Lösungen im Rahmen von bedarfsgerechten Contracting-Paketen anzubieten, die eine gute Symbiose aus neuer Energiegesetzgebung und eigener Energieabsatzsicherung bilden.

Zielführend sind dabei ausschließlich Konzepte, die eine Schnittmenge von Kunden und Versorgerinteressen darstellen. Die Vorteile für Stadtwerke liegen auf der Hand: eine Verlängerung der Wertschöpfungskette als Ersatz für einen tendenziell sinkenden Erdgasverbrauch in der Wohnungswirtschaft bei einer gleichzeitigen Intensivierung der Kundenbindung. Der Einsatz von erdgasbetriebenen Klein-KWK-Anlagen ist dafür ein vielversprechender Ansatz, sofern die Gerätekosten bei fortschreitender Serienfertigung weiter sinken. Die Einbindung von erdgasbetriebenen Wärmepumpen (absorptive bzw. adsorptive Verfahren) kann eine Lösung sein, um den Aufbau einer Erdgasinfrastruktur in Neubaugebieten bei hinreichender Auslastung auch zukünftig zu rechtfertigen. Diese ist in Frage zu stellen, wenn vermehrt solarunterstützte Systeme zur Ausführung kommen und einen erheblichen Wärmebedarfsanteil der Objekte (Warmwasserbereitung) bedienen. Neutrale Untersuchungen zeigen eindeutig auf, dass Solarkollektoren auf dem Dach die Vorgaben des EEWärmeG erfüllen, jedoch Anschaffungskosten verursachen, die sich im Zeitraum einer üblichen Nutzungsdauer kaum amortisieren lassen. Die Gasanwendungstechniken der nahen Zukunft bieten hier weitaus bessere Alternativen.

---

### Detlef Mirsch

Leiter Technische Dienstleistungen  
WINGAS GmbH & Co. KG, Kassel  
Tel. +49 561 301 1536  
E-Mail: detlef.mirsch@wingas.de