

**Titel:**

Mikro BHKW Systeme als ein Baustein für die dezentrale Energieversorgung – Eine Bestandsanalyse

**Autor / Co-Autor:**

Dr.-Ing. habil. Joachim Seifert: TU Dresden, Institut für Energietechnik  
[Joachim.seifert@tu-dresden.de](mailto:Joachim.seifert@tu-dresden.de)  
Dipl.-Ing. Andrea Meinzenbach: TU Dresden, Institut für Energietechnik (Nachwuchsautor)  
[Andrea.Meinzenbach@tu-dresden.de](mailto:Andrea.Meinzenbach@tu-dresden.de)  
Dipl.-Ing. Jens Haupt: TU Dresden, Institut für Energietechnik (Nachwuchsautor)  
[Jens.Haupt@tu-dresden.de](mailto:Jens.Haupt@tu-dresden.de)

**Kontaktadresse:**

Technische Universität Dresden / Institut für Energietechnik  
Dr.-Ing. habil. Joachim Seifert  
Merkel Bau / Helmholtzstraße 14  
01062 Dresden

**1. Einleitung**

Durch den politisch gewollten Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland steht der energetische Versorgungsmix vor einer deutlichen Veränderung. Prägen in der Vergangenheit zentrale Großkraftwerke die Erzeugungsstrukturen, so wird derzeit davon ausgegangen, dass die Energieversorgung in Deutschland viel stärker dezentral und flexibler ausgerichtet sein wird. Verstärkt wird diese Tendenz durch die Tatsache, dass das elektrische Übertragungsnetz nur in bestimmten Grenzen ausgebaut werden kann, da es vielerorts Widerstände aus der Bevölkerung gibt. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche dezentralen Erzeugungssysteme besonders geeignet sind, um die versorgungstechnischen Aufgaben wahrzunehmen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist bei der dezentralen Energieversorgung davon auszugehen, dass die Technologie der Kraft-Wärme-Kopplung eine Schlüsselrolle einnimmt. In großen Ballungsräumen werden über das bestehende Maß hinaus größere KWK-Systeme zum Einsatz kommen, die die Abwärme in bestehende Nah- und Fernwärmenetze einspeisen. Im nicht so dicht besiedelten Raum bieten Mikro-BHKW Systeme eine Alternative zu bestehenden Erzeugungssystemen.

Im nachfolgenden Beitrag soll ein Überblick über bestehende Mikro-BHKW Systeme gegeben werden. Hierzu erfolgt zunächst eine Systematisierung der Technologien. Im zweiten Teil werden Ergebnisse aus eigenen messtechnischen Analysen sowie numerischen Analysen präsentiert, bevor im dritten Teil eine abschließende Betrachtung aus wirtschaftlicher Sicht erfolgt.

**2. Mikro-BHKW Technologien**

Mikro BHKW-Systeme sind Systeme die vorrangig zur Beheizung von Gebäuden eingesetzt werden und dabei eine elektrische Leistung von  $P=15\text{kW}$  nicht überschreiten. Als Technologie stehen derzeit

- verbrennungsmotorische Systeme (inkl. Dampfmotoren)
- Systeme auf Basis eines Stirlingmotors
- Brennstoffzellen sowie

zur Verfügung. Motorische Mikro-BHKW's werden schon seit einigen Dekaden für die Beheizung von Gebäuden eingesetzt und erreichen dabei einen elektrischen Wirkungsgrad von bis zu  $\eta_{el}=30\%$ . Der Gesamtwirkungsgrad der Systeme ist bezogen auf den Heizwert in einem Bereich von  $\eta_{ges} =90-100\%$  anzugeben. Eine neuere technologische Entwicklung stellen Kombigeräte auf Basis der Stirling –Technologie dar, die jedoch nur einen elektrischen Wirkungsgrad von  $\eta_{el}=10-15\%$  erreichen. Sie vereinen traditionelle Brennwertechnologie mit einem Stirlingmotor, wobei Gesamtwirkungsgrade von bis zu  $\eta_{ges} =103\%$  angegeben werden. Noch in der Entwicklungsphase befinden sich Brennstoffzellengeräte, die einen elektrischen Wirkungsgrad von  $\eta_{el}=30-60\%$  erreichen. Nachteilig bei dieser Technologie ist jedoch, dass derzeit flexible Betriebsweisen nur sehr schwer realisierbar sind. Für die Integration von elektrischer Energie auf Basis der erneuerbaren Energien ist diese jedoch eine Grundvoraussetzung.

**3. Messung / Numerische Simulation**

Für die detaillierte Einschätzung der Leistungsfähigkeit von Mikro-BHKW Systemen ist es notwendig diese hinreichend genau zu analysieren. Hierzu sind statische und dynamische Untersuchungen zwingend notwendig. An der TU Dresden wurde zu diesem Zwecke ein Versuchsstandsystem aufgebaut, welches statische und

dynamische Untersuchungen zulässt. Die Besonderheit der Untersuchungskonfiguration ist dabei, dass die Mikro-BHKW Systeme in eine virtuelle Testumgebung eingebunden werden<sup>1</sup>, was es ermöglicht, realitätsnahe Aussagen zu generieren. Abbildung 1 zeigt schematisch den Versuchsstand.

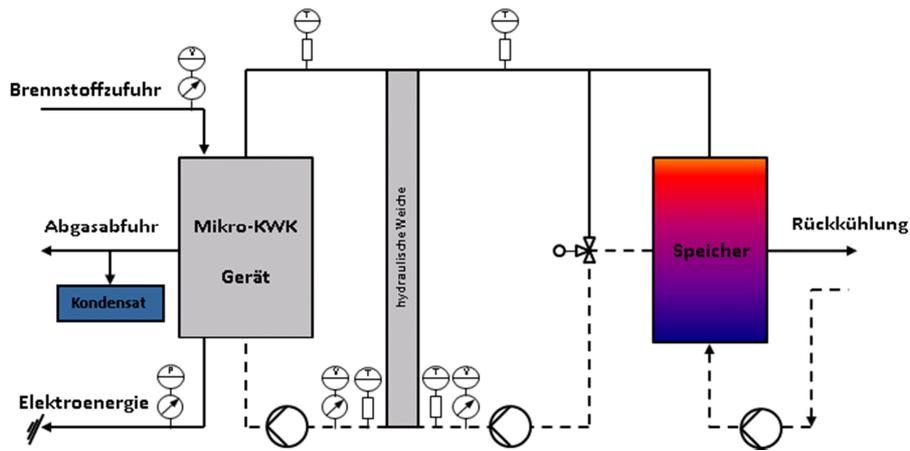


Bild 1: Prinzipieller Aufbau des „Hardware in the Loop Versuchsstandes“

Alle zur Bilanzierung der Mikro-BHKW Systeme notwendigen Energieströme werden am Versuchsstand aufgezeichnet, wobei die Besonderheit besteht, dass die in Bild 1 dargestellte hydraulische Weiche durch verschiedene Speicher ersetzt werden kann. Für ein motorisches Mikro-BHKW (L-BHKW der Firma Kirsch) sind in den Bildern 2 und 3 die mit der Versuchsanordnung generierten energetischen Kenndaten dokumentiert.

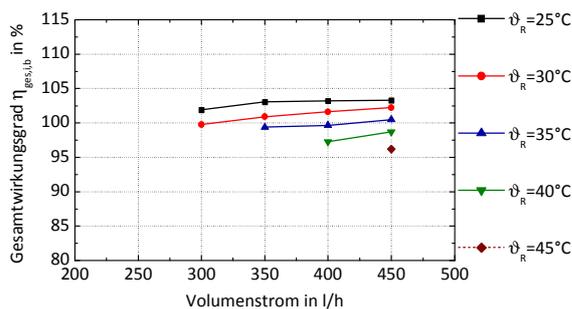


Bild 2: Gesamtwirkungsgrad

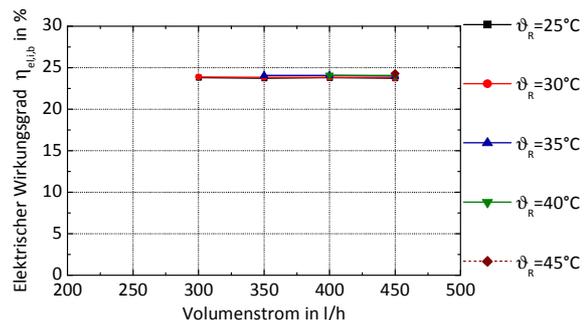


Bild 3: Elektrischer Wirkungsgrad

Signifikant für dieses Gerät ist, dass eine große Abhängigkeit des Gesamtwirkungsgrades von der Rücklauftemperatur sowie eine etwas geringere Abhängigkeit von  $\eta_{ges,i,b}$  vom Volumenstrom besteht. Hinsichtlich des elektrischen Wirkungsgrades ist keine ausgeprägte Abhängigkeit von den genannten Systemen zu detektieren.

Basierend auf diesen Ergebnissen wurde für das dokumentierte Gerät ein numerisches Modell in der Simulationsumgebung Trnsys-TUD erstellt und ausführliche numerische Untersuchungen durchgeführt. Im Ergebnis dieser Untersuchungen ist festzustellen, dass der Übergang von der wärmegeführten Betriebsweise hin zu einer stromgeführten Betriebsweise weitestgehend gelingen kann, wenn an der technischen Anlage im Gebäude sowie am regelungstechnischen Konzept Modifikationen vorgenommen werden.

#### 4. Wirtschaftlichkeit

Neben den reinen technischen Parametern ist für die flächendeckende Realisierung einer dezentralen Energieversorgung natürlich die Wirtschaftlichkeit von zentraler Bedeutung. Hierzu wurde auf Basis der ermittelten messtechnischen und numerischen Daten ein Vergleich zwischen konventionellen Heizsystemen (Niedertemperatur / Brennwertgerät) und Mikro BHKW Systemen auf Basis eines Vollkostenvergleiches vorgenommen. Als Ergebnis dieses Kostenvergleiches kann festgestellt werden, dass die Wirtschaftlichkeit der genannten Systeme derzeit noch nicht vollständig gegeben ist. Als signifikante Parameter sind dabei die Investitionskosten sowie der Deckungsanteil am eigenen Stromverbrauch bestimmt wurden. Die erste

<sup>1</sup> Die Einbindung eines realen Gerätes in eine virtuelle Testumgebung wird auch als „Hardware in the Loop bezeichnet“.

Kenngröße wird sicher bei breiter Markteinführung der genannten Geräte deutlich sinken, wohingegen der zweite Parameter stark von der Betriebsweise abhängt.

## 5. Fazit

Im vorliegenden Beitrag werden Mikro-BHKW Systeme, als ein Baustein der zukünftigen dezentralen Energieversorgung betrachtet. Als Fazit der Analysen kann festgestellt werden, dass die genannten Geräte technisch derzeit recht unterschiedlich entwickelt sind. Motorische Mikro-BHKW Systeme sowie Systeme auf Basis von Stirlingmotoren sind am Markt verfügbar bzw. befinden sich in der Feldtesterprobung. Brennstoffzellen hingegen sind derzeit noch nicht flächendeckend am Markt verfügbar. Hinsichtlich der technischen Parameter sowie des sich daraus ergebenden Betriebsverhaltens / Wirtschaftlichkeit existieren große Unterschiede. Inwieweit die technischen Parameter in Hinblick auf eine geänderte Betriebsführung (in letzter Konsequenz innerhalb eines „regionalen, virtuellen Verbundes“ (siehe Bild 4)) positiv verändert werden können, wird im vorliegenden Beitrag analysiert.

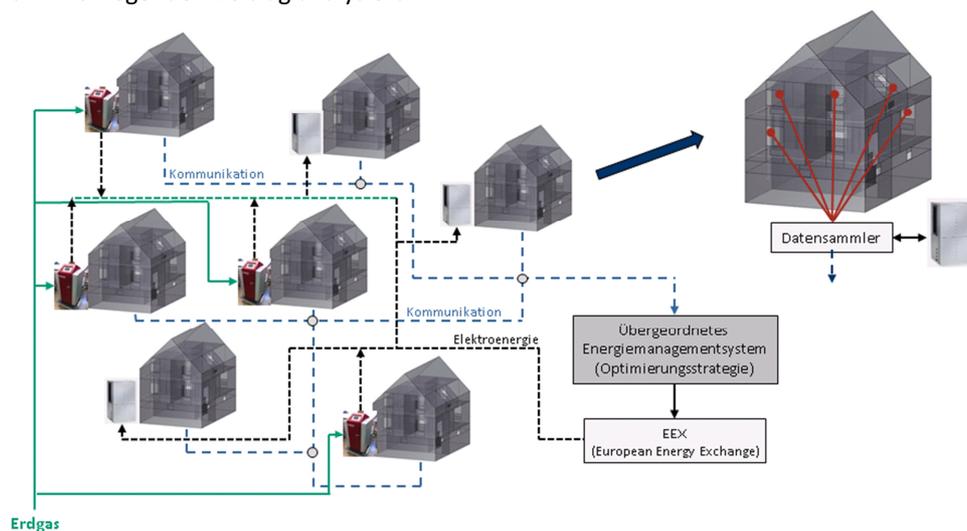


Bild 4: „Regionaler, virtueller Verbund von aktiven und passiven Verbrauchern“