

Jahresbericht 2002, 3. Dezember 2002

Projekt

Zukünftige Marktbedeutung von Klein-WKK-Anlagen (1-1'000 kW_{el})

Autor und Koautoren	Reto Rigassi / Hanspeter Eicher
beauftragte Institution	Dr.EICHER+PAULI AG
Adresse	Kasernenstrasse 21, 4410 Liestal
Telefon, E-mail, Internetadresse	061 / 921 99 91, reto.rigassi@eicher-pauli.ch , www.eicher-pauli.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	-
Dauer des Projekts (von – bis)	Juni 2001 bis Januar 2003

ZUSAMMENFASSUNG

In den vergangenen 10 Jahren wurde die Entwicklung der Wärmekraftkopplung vor allem durch den Preiszerfall für motorische WKK-Module geprägt: die Stromgestehungskosten sind zwischen 1990 und 2000 teuerungsbereinigt um über 40 % gesunken. Bis 2010 ist unter der Annahme von leicht steigenden Energiepreisen eine spürbare Reduktion nur noch unterhalb einer Leistung von 50 kW_{el} zu erwarten.

Mikrogasturbinen weisen bis zum Jahr 2010 ein enormes Kostensenkungspotenzial auf, welches vor allem durch Skalen- und Lerneffekte bei einer stark gesteigerten Produktion ermöglicht wird. Es scheint deshalb sehr wahrscheinlich, dass durch die Entwicklung der Mikrogasturbinen die Stromgestehungskosten der Wärmekraftkopplung im Leistungsbereich von 25 kW_{el} bis 100 kW_{el} in den nächsten Jahren stark sinken werden.

Betreffend der künftigen Entwicklung der Brennstoffzellen bestehen noch grosse Unsicherheiten. Bis 2010 könnten am ehesten kleine Brennstoffzellenheizgeräte von Bedeutung werden.

Aufgrund der technisch/wirtschaftlichen Entwicklung der verschiedenen WKK-Technologien wird bei leicht steigenden Energiepreisen bis zum Jahr 2010 mit einer Zunahme der Stromproduktion um 140 % auf 2'500 GWh gerechnet. Diese Zunahme wird überwiegend durch ein weiteres Wachstum der motorischen Wärmekraftkopplung und die Markteinführung von Mikrogasturbinen bis 200 kW_{el} ermöglicht.

Projektziele

Im Rahmen des Projektes wurden folgende Ziele gesetzt:

- Die **Entwicklung der konventionellen WKK-Technologie** in den letzten zehn Jahren im Bereich Effizienz (elektrischer Wirkungsgrad) und spezifische Kosten (Fr./kWe) soll dokumentiert und das weitere diesbezügliche Entwicklungspotential durch Berücksichtigung neuester Forschungs- und Entwicklungsergebnisse abgeschätzt werden.
- Die wichtigsten für den zukünftigen wirtschaftlichen Erfolg massgebenden Kennzahlen (Gesamtwirkungsgrad, elektrischer Wirkungsgrad, spezifische Investitionskosten, spezifische Wartungs- und Unterhaltsaufwendungen) von neuen, kurz vor der Markteinführung stehenden WKK-Technologien (**Brennstoffzellen, Mikroturbinen**) werden in Zusammenarbeit mit den Herstellern dokumentiert und kommentiert.
- Die bisherigen WKK-Potentialstudien werden, unter Berücksichtigung der neu in Entwicklung stehenden WKK-Anlagen mit wesentlich kleineren Leistungen, (z.B. Sulzer Hexis) überarbeitet. Im Wesentlichen geht es um die Frage, welches **zusätzliche technische Potential** durch die Klein-WKK-Anlagen oder neuen Anlagen-Technologien (Mikro-Turbinen) erschlossen werden könnte.
- Die mittel- und längerfristigen **wirtschaftlichen Realisierungschancen** von WKK-Anlagen unterschiedlicher Grösse und Technologie werden analysiert.
- Wesentliche **Realisierungshemmnisse** werden aufgelistet und ihre Bedeutung beschrieben.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Das Projekt ist weitgehend abgeschlossen. Die wesentlichen Ergebnisse lauten wie folgt:

Entwicklung der verschiedenen WKK-Technologien

In den vergangenen 10 Jahren wurde die Entwicklung der Wärmekraftkopplung vor allem durch die stark gesunkenen Kosten für **motorische WKK-Anlagen** geprägt. Zusammen mit den ebenfalls gesunkenen Wartungskosten und dem gestiegenen elektrischen Nutzungsgrad sind die Stromgestehungskosten zwischen 1990 und 2000 teuerungsbereinigt um über 40 % gesunken. Dies führt dazu, dass motorische WKK-Anlagen heute ab einer Leistung von etwa 100 kW_{el} gegenüber den Strombezugstarifen konkurrenzfähig sind. Entsprechend ist in den vergangenen 10 Jahren die WKK-Stromproduktion besonders in diesem Leistungsbereich stark gestiegen.

Bei der motorischen Wärmekraftkopplung sind bis 2010 weitere Fortschritte wahrscheinlich, wenn auch in verlangsamttem Tempo. Ähnliche Kostenreduktionen wie in den vergangenen 10 Jahren sind nur noch für kleine WKK-Module zu erwarten, da die Serienproduktion dort erst seit kurzem begonnen hat. Für die Entwicklung der Stromgestehungskosten bedeutet dies, dass unter der Annahme von leicht steigenden Energiepreisen bis 2010 eine spürbare Reduktion nur unterhalb einer Leistung von 50 kW_{el} zu erwarten ist.

Mikrogasturbinen weisen bis zum Jahr 2010 ein enormes Kostensenkungspotenzial auf, welches vor allem durch Skalen- und Lerneffekte bei einer stark gesteigerten Produktion ermöglicht wird. Es scheint deshalb sehr wahrscheinlich, dass sich durch die Entwicklung der Mikrogasturbinen die Stromgestehungskosten der Wärmekraftkopplung im Leistungsbereich von 25 kW_{el} bis 100 kW_{el} in den nächsten Jahren stark sinken werden. Mittelfristig kann auch mit der Entwicklung von Einheiten zwischen 100 und 1'000 kW_{el} gerechnet werden. Da Mikrogasturbinen weitere wichtige Vorteile aufweisen (geringe Schall- und NO_x-Emissionen) scheint es wahrscheinlich, dass sie sich zunehmend gegenüber motorischen BHKW durchsetzen werden.

Für den untersten Leistungsbereich ($< 5 \text{ kW}_{\text{el}}$) sind umfangreiche Entwicklungs- und Forschungsarbeiten für sogenannte **Brennstoffzellenheizgeräte** im Gange. Erste Vorseriengeräte sind vor kurzem installiert worden. Betreffend der künftigen Entwicklung bestehen noch grosse Unsicherheiten. Es kann jedoch gezeigt werden, dass die Ziele der Systementwickler aufgrund der Erfahrungen vergleichbarer Technologien durchaus erreichbar scheinen. Dies soll allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, dass noch gewaltige Fortschritte notwendig sind, bis die Brennstoffzellentechnologie für die Wärmekraftkopplung eine Bedeutung erlangen kann. Insbesondere müssen die Kosten der Heizgeräte um eine bis zwei Grössenordnungen und die Lebensdauer der Zellstapel um mindestens eine Grössenordnung verbessert werden. Ob und bis wann diese Ziele erreicht werden können, muss zum heutigen Zeitpunkt Spekulation bleiben.

Werden die entscheidenden Ziele der Hersteller betreffend Systemkosten und Lebensdauer der Zellstapel tatsächlich erreicht, so steht mit der Brennstoffzelle eine wirtschaftliche WKK-Technologie für den untersten Leistungsbereich zur Verfügung.

Auch betreffend der Entwicklung von grossen **Brennstoffzellensystemen** ($> 100 \text{ kW}_{\text{el}}$) bestehen bis 2010 noch grosse Unsicherheiten. Unter der Annahme, dass die Systementwickler ihre ambitionösen Ziele fristgerecht erreichen, dürften diese Systeme erst um 2010 gegenüber motorischen BHKW konkurrenzfähig werden. Ein spürbarer Einfluss auf den WKK-Markt ist deshalb erst nach 2010 zu erwarten.

Bis 2010 ist für den Energieträger Heizöl im Leistungsbereich unterhalb von $200 \text{ kW}_{\text{el}}$ eine verstärkte Entwicklung nur dann zu erwarten, wenn es gelingt, Mikroturbinen für den Betrieb mit Heizöl zu entwickeln.

Potential der Wärmekraftkopplung

Auf der Basis des bestehenden fossilen Wärmemarktes ergibt sich in der Schweiz ein **technisches Potenzial von insgesamt 29.2 TWh** für die Stromproduktion aus Wärmekraftkopplungsanlagen. Aufgrund der unteren Leistungsgrenze von 5 kW_{el} für motorische WKK-Anlagen und der Tatsache, dass Heizöl-BHKW's unterhalb von $200 \text{ kW}_{\text{el}}$ nur mit unverhältnismässig hohem Aufwand die LRV-Grenzwerte erfüllen können, wird mit den momentan verfügbaren WKK-Anlagen ein Markt mit einem technischen Potenzial von 13 TWh bearbeitet.

Bezogen auf das aktuelle, gesamte technische Potenzial von 29.2 TWh sind beim Erdgas bisher beachtliche 10 % des technischen Potenzials ausgeschöpft worden. WKK-Anlagen mit Heizöl sind erst seit wenigen Jahren auf dem Markt und ihr Einsatz kommt wie erwähnt erst ab einer Leistung $200 \text{ kW}_{\text{el}}$ in Frage. Entsprechend ist das technische Potenzial der Stromerzeugung beim Heizöl erst zu rund einem Prozent ausgeschöpft.

Im Rahmen der Arbeit wurde versucht, den Ausschöpfungsgrad für einzelne Sektoren (Industrie, Gewerbe/Dienstleistung und Wohngebäude) und Leistungskategorien zu bestimmen. Dabei ergibt sich für einzelne Bereiche ein sehr hoher Ausschöpfungsgrad (Sektor Wohngebäude, Erdgas, 200 bis $2'000 \text{ kW}_{\text{el}}$: 35%). Die verfügbaren Daten zur Einteilung des Wärmemarktes in die verschiedenen Bereiche ist allerdings mit einer ziemlichen Unsicherheit behaftet, sodass die entsprechenden Werte mit Vorsicht zu interpretieren sind.

Entwicklung der Stromproduktion

Aufgrund der im technisch/wirtschaftlichen Entwicklung der verschiedenen WKK-Technologien wird bei leicht steigenden Energiepreisen bis zum Jahr 2010 mit einer **Zunahme der Stromproduktion um 140 % auf 2'500 GWh gerechnet**.

Insbesondere **Mikrogasturbinen**, welche erst seit kurzem auf dem Markt erscheinen und ein entsprechend grosses Kostensenkungspotenzial aufweisen, können die weitere Entwicklung stark beeinflussen. Die Wärmekraftkopplung wird mit den Mikrogasturbinen auch im Leistungsbereich zwischen 15 und $200 \text{ kW}_{\text{el}}$ konkurrenzfähig.

Auch WKK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung kleiner als $15 \text{ kW}_{\text{el}}$ werden bis 2010 eine zunehmende Rolle spielen. **Motorische Klein-WKK-Module** werden erst seit kurzer Zeit in Serie

hergestellt, sodass in den nächsten Jahren mit einer deutlichen Kostenreduktion zu rechnen ist. Ob es den Entwicklern von **Brennstoffzellenheizgeräten** tatsächlich gelingt, die entscheidenden Ziele betreffend Systemkosten und Lebensdauer der Zellstapel in den geplanten Zeiträumen zu erreichen, kann heute nur spekulativ beantwortet werden. Bis 2010 tragen Brennstoffzellenheizgeräte bestenfalls 100 GWh an die Stromproduktion bei.

Nationale Zusammenarbeit

Das Projekt wird von einer Begleitgruppe begleitet, in welcher neben den Vertretern des Bundesamtes für Energie Vertreter der Energieträger und des WKK-Fachverbandes Einsitz haben.

Internationale Zusammenarbeit

Bewertung 2002 und Ausblick 2003

Im Rahmen dieser Studie konnte vor allem die künftige technologische Entwicklung der motorischen WKK mit relativ grosser Sicherheit ermittelt werden, welche sich in wesentlichen Punkten auf die Entwicklung der vergangenen 10 Jahre abstützen kann. Für neue Technologien - insbesondere für die Brennstoffzellen - bestehen entsprechend ungleich grössere Unsicherheiten. Es wäre deshalb sehr wertvoll, die weitere Entwicklung dieser Technologien systematisch zu verfolgen.

Die quantitative Entwicklung der Wärmekraftkopplung wurde anhand einer Unterteilung des fossilen Wärmemarktes in einzelne Sektoren (Industrie, Gewerbe/Dienstleistung und Wohngebäude) und Leistungskategorien vorgenommen. Dieses Verfahren führt teilweise zu sehr eindrücklichen Ergebnissen (z.B. sind im Sektor Wohngebäude im Bereich 200 bis 2'000 kW_{el} bereits 35% des technischen Potentials für Erdgas ausgeschöpft) und erlaubt eine Beurteilung der künftigen Entwicklung mit direktem Bezug zum Markt. Die verfügbaren Daten zur Einteilung des Wärmemarktes in die verschiedenen Bereiche ist allerdings mit einer ziemlichen Unsicherheit behaftet. Zusätzliche Grundlagenarbeiten zur Analyse des Wärmemarktes in der Schweiz wären für eine zuverlässige Interpretation der Marktentwicklung resp. für Marktprognosen von grossem Nutzen - nicht nur für die Wärmekraftkopplung.

Bis Januar 2003 wird der Schlussbericht des Projektes überarbeitet, wobei insbesondere die Auswirkungen der neuen Technologien auf die Schadstoffemissionen noch diskutiert werden.