

# **Untersuchung der Marktchancen, Hemmnisse und Systemoptionen für Strom erzeugende Heizungen vor dem Hintergrund neuer nationaler und internationaler technischer Entwicklungen im Bereich der Kleinst-BHKW im Hinblick auf zukünftig anstehende Neu- und Umstrukturierungen der deutschen Stromversorgung**

## **Kurzbericht in Deutsch**

Die gleichzeitige Strom- und Wärmeerzeugung mit Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zählt zu den effizienten Technologien rationeller Energienutzung.

Strom erzeugende Heizungen (SEH) bieten die Möglichkeit, dieses Potenzial in den Heizungskellern der Endverbraucher zu nutzen. Die ersten Geräte sind mittlerweile am Markt verfügbar. Die im Rahmen des Forschungsprojektes durchgeführte Marktrecherche ergab, dass sich weitere Systeme in aussichtsreichen Feldtests befinden und kurz vor der Markteinführung stehen.

### **1 Ziel der Forschungsarbeit**

Strom erzeugende Heizungen (SEH) sind Systeme der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) mit einer elektrischen Leistung bis  $< 5\text{kW}_{\text{el}}$ . Die Forschungsarbeit hat die Marktchancen, Hemmnisse und Systemoptionen für Strom erzeugende Heizungen (SEH) bezüglich des Einsatzes im Ein- und Mehrfamilienhaus unter Berücksichtigung typischer Lastprofile, marktverfügbarer SEH-Systeme und rechtlich-/wirtschaftlicher Rahmenbedingungen untersucht.

### **2 Durchführung**

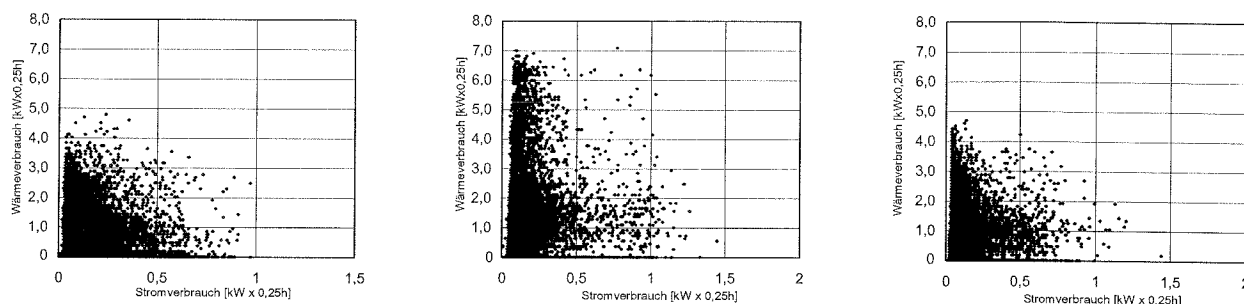
Im ersten Teil der Forschungsarbeit wurden die technischen und gebäudetypischen Voraussetzungen ermittelt sowie Fragen der Integration in bestehende Netze beleuchtet. Über Umfragen und Interviews mit verschiedenen Akteuren des sich entwickelnden Marktes wurde der Frage nachgegangen, welche Rahmenbedingungen und flankierenden Maßnahmen seitens der Akteure (Politik, Wirtschaft, Verbände, Versorger) notwendig sind, damit Strom erzeugende Heizungen in großen Stückzahlen zum Einsatz kommen können.

Eine umfangreiche Marktrecherche mit Herstellerbefragung liefert einen Überblick über die am Markt verfügbaren bzw. in marktnaher Entwicklung befindlichen Aggregate. Auf der Basis von Erhebungen und Messungen vorangegangener Forschungsprojekte im Gebäudebereich wurden die Rahmenbedingungen für den Einsatz von SEH-Systemen ermittelt. Aus der Simulation unterschiedlicher Gebäudetypen unter Berücksichtigung von Nutzerverhalten und Außenklima konnten die elektrischen und thermischen Lastanforderungen abgeleitet werden. Über eine umfassende Darstellung der technischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen werden die Einsatzbereiche von SEH-Systemen beschrieben.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Typische Lastprofile

Aus Messreihen hoher zeitlicher Auflösung wurden für verschiedene Gebäudetypen (Wohngebäude) die Zusammenhänge zwischen Wärme- und Stromverbrauch ermittelt. Die folgende Abbildung stellt die Korrelation zwischen Strom- und Wärmebedarf für 3 typische Gebäude dar:



**Bild 3.1:** Korrelation von Wärmeverbrauch und Stromverbrauch für drei charakteristische Haushalte (links Gebäude mit mittlerem Strom- und Wärmeverbrauch, in der Mitte Gebäude mit maximalem Strom- und Wärmeverbrauch, rechts Gebäude mit geringem Strom- und Wärmeverbrauch)  
¼-h Summenwerte Wärme (Ordinate) über den ¼-h Summenwerten Strom (Abszisse).

Die Punktwolken zeigen, dass in den Privathaushalten kaum Stromleistungen im 15-Minuten Mittelwert über 1,0 kW erreicht werden. Bei kürzerer Einschaltzeit, beispielsweise angenommenem fünf Minuten Dauerbetrieb für einen E-Herd, beträgt die nachgefragte elektrische Leistung kurzfristig etwa 3 kW. Absolut gesehen entspricht das Verhältnis Strom zu Wärme in Wohngebäuden einer theoretischen Stromkennzahl von etwa 0,15 bis 0,25. Die Untersuchung der Zeitreihen zeigt, dass auch bei Gebäuden mit hohem elektrischen Verbrauch, eine Grundlast von etwa 200W konstant vorhanden ist.

#### 3.2 Marktanalyse

Die Marktanalyse verdeutlicht, dass in den nächsten Jahren Strom erzeugende Heizungssysteme in größeren Stückzahlen zur Verfügung stehen werden; allerdings befindet sich der Markt zur Zeit in einer Pionier- und Aufbruchphase mit allen dazugehörigen Auswirkungen und Konsequenzen (Insolvenzen innovativer Unternehmen, Konzentrationsprozesse, usw.). Generell lässt sich feststellen, dass die angekündigten Umsatzzahlen von Herstellern, die sich in der Markteinführung befinden, tendenziell immer zu hoch benannt wurden. Faktisch haben die bisherigen Markteinführungen bei allen Herstellern bisher nur mit kleinen Umsatzzahlen stattgefunden.

Hersteller	Jahresproduktion
	(Einheiten)
Enatec / Niederlande	1.000
Honda / Japan	5.000
OTAG / Deutschland	500
Senertec / Deutschland	3.000
PowerPlus/ecopower / Deutschland	1.000
Solo Stirling / Deutschland	500
Stirling Systems AG / Schweiz	1.000
SunMachine / Deutschland	2.000
WhisperGen / Neuseeland Fertigung in Spanien	30.000
<b>Verfügbare Einheiten in Europa im Jahr 2009</b>	<b>48.500</b>

Tabelle 3.1: Hersteller und geplante Stückzahlen SEH in EUROPA im Jahr 2008

### 3.3 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland (Stand Mai 2008) basierte sowohl auf einer direkten Förderung von Strom aus KWK-Anlagen als auch auf Steuervergünstigungen.

Folgende Gesetze und Verordnungen dienen der Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung:

- KWKG (Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung)
- StromStG (Stromsteuergesetz)
- Energiesteuergesetz (EnergieStG)
- Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energie (EEG)

Die Basisvergütung für KWK-Strom richtet sich nach dem durchschnittlichen Strompreis für Grundlaststrom an der Leipziger Strombörse, so dass die zu erzielenden Einnahmen den Schwankungen des Marktes unterworfen sind.

KWK-Anlagen, die auf regenerativen Energieträgern basieren, werden gesondert im Rahmen des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) gefördert, das eine langfristig kalkulierbare Vergütung vorsieht.

Für SEH-Systeme gibt es keine Sonderregelung, so dass der Aufwand, um eine Förderung zu erhalten und die steuerlichen Vorteile nutzen zu können, im Verhältnis zum erzielten Ertrag (einige hundert Euro pro Jahr) sehr hoch ist. Da keine drastische Vereinfachung der, insbesondere steuergesetzlichen, Regelungen zu erwarten ist, könnte die Komplexität der Handhabung ein Ansatzpunkt für Angebote entsprechender Energiedienstleister sein.

### 3.4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Die Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit von SEH-Systemen erfolgte nach der Annuitätenmethode und unter den in VDI 2067 beschriebenen Rahmenbedingungen. Die Variantenstudien weisen tolerierbare Investitionsmehrkosten für die Anlagentechnik der Strom erzeugenden Heizungen (SEH) aus, die durch den geldwerten Vorteils des erzeugten Stroms kompensiert werden können. Die Berechnungen wurden ausschließlich für SEH auf Basis des Energieträgers Erdgas durchgeführt, folgende Parameter wurden in ihrem Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit untersucht:

- Laufzeit (Jahresstunden) / Energiebedarfsdeckung
- Stromkennzahl
- Wartungskosten
- Deckungsanteil Eigenstrom
- Energiekosten
- Einspeisevergütung / CO<sub>2</sub>-Bonusvergütung

Die folgende Grafik zeigt die tolerierbaren Mehrkosten in Abhängigkeit vom Jahresenergiebedarf des Gebäudes sowie bei unterschiedlichen Wartungskosten, Stromkennzahlen und Brennstoffpreisen. Bei einer so deutlichen Zunahme des Energiepreises ohne Änderung sonstiger Randbedingungen wie zum Beispiel Vergütung des eingespeisten Stroms besteht für SEH-Anlagen mit hohen Stromkennzahlen und stromproportionalen Wartungskosten die Gefahr, dass – wie die Abbildung zeigt – kein wirtschaftlicher Betrieb mehr möglich ist.

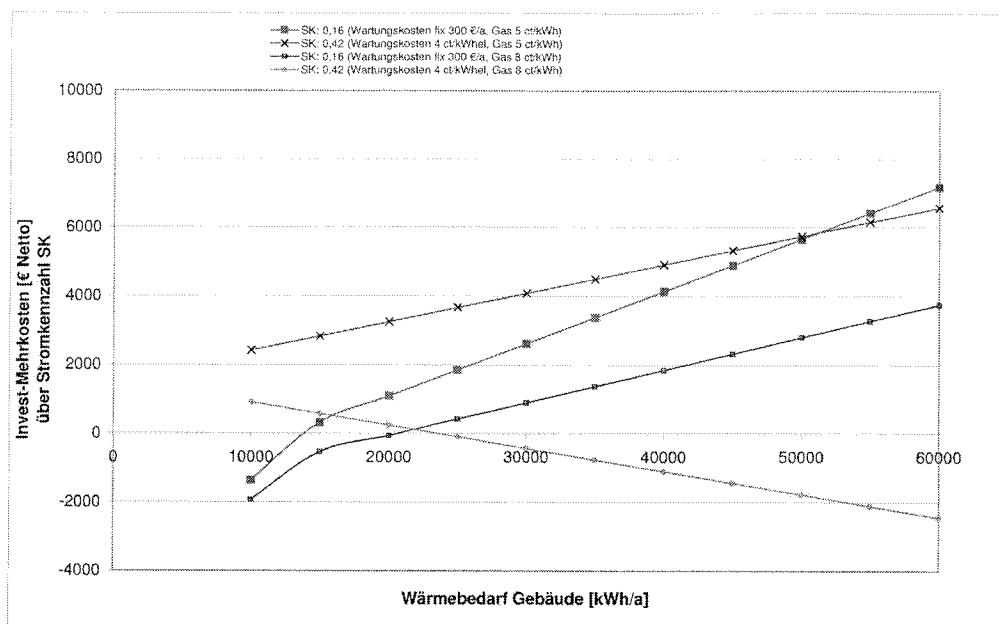


Bild 3.2: Energiekostenerhöhung und Wartung übersteigt Stromerlöse.

Ob eine Strom erzeugende Heizung (SEH) wirtschaftlich vorteilhaft betrieben werden kann, hängt - wie bei größeren KWK-Anlagen - wesentlich von den Jahresbetriebsstunden und damit von dem abzudeckendem Wärmebedarf des Gebäudes ab. Je geringer der Jahreswärmebedarf, umso stärker reagiert die Wirtschaftlichkeit auf Nebenkosten, wie zum Beispiel Wartung, durch die ein knappes Erlösbudget möglicherweise über die Maßen belastet wird. Das Fenster tolerierbarer Investitions-Mehrkosten ist umso kleiner, je geringer der Jahreswärmebedarf des Gebäudes ist.

SEH in der Bauweise mit niedrigen Stromkennzahlen erlauben für besonders energiesparende Gebäude (geringer Jahreswärmebedarf) nur geringe Mehrkosten.

### 3.5 Befragung der Akteure

Bisher haben sich in den Bereichen Handwerk, Hersteller und Endkunden nur wenige Akteure mit dem Thema SEH befasst. Der Zentralverband des Handwerks hat die Voraussetzungen geschaffen, dass sowohl der Heizungsbauer, als auch der Elektriker gewerkeübergreifend tätig werden kann. Einige etablierte Heizungshersteller haben eine gemeinsame Unternehmung gegründet, um ein System auf Stirling-Basis in großen Stückzahlen herzustellen, dass dann in die jeweiligen Heizgeräte integriert werden soll. Damit wird eine gänzlich andere Strategie als bei der Entwicklung der Brennstoffzelle eingeschlagen, wo jeder Hersteller mit hohem Aufwand ein eigenes System entwickeln und zur Serienreife bringen wollte.

Letzendlich muss nach Auffassung aller Akteure eine Strom erzeugende Heizung Geld verdienen können, dann wird die Nachfrage angeregt und der Markt kann sehr schnell explorieren. Die politischen Rahmenbedingungen müssen dafür aber erst noch geschaffen werden.

### 3.6 Anforderungen an stromerzeugende Heizungen

Bei der Installation einer Strom erzeugenden Heizung sind sowohl die elektrischen als auch die hydraulischen Gegebenheiten zu beachten. Hersteller, Planer und Handwerker sind in der Pflicht, die

Einbindung von SEH-Anlagen in eine Heizungsanlage entsprechend dem anerkannten Stand der Technik und den obigen Ausführungen – insbesondere was die Hydraulik betrifft – so zu gestalten, dass ein wartungsarmer Betrieb möglich ist.

Der Betreiber einer SEH ist aufgefordert, durch eigene Kontrolle der Anlage – insbesondere in den verschiedenen Betriebszuständen (Winter, Sommer, etc.) – für eine gute Rückkopplung zum Wartungsbetrieb zu sorgen und diesen rechtzeitig in den Wartungsrhythmus einzubinden.

### 3.7 CO<sub>2</sub>-Einsparung durch Strom erzeugende Heizungen

SEH-Anlagen haben bei fachgerechter Installation und Betrieb ein hohes CO<sub>2</sub>-Minderungspotenzial. Dies ist für eine ausgewählte Anlagenkombination (Energieträger Erdgas mit Variation des Wärmebedarfs und in Abhängigkeit der Stromkennzahl) in der folgenden Abbildung dargestellt.

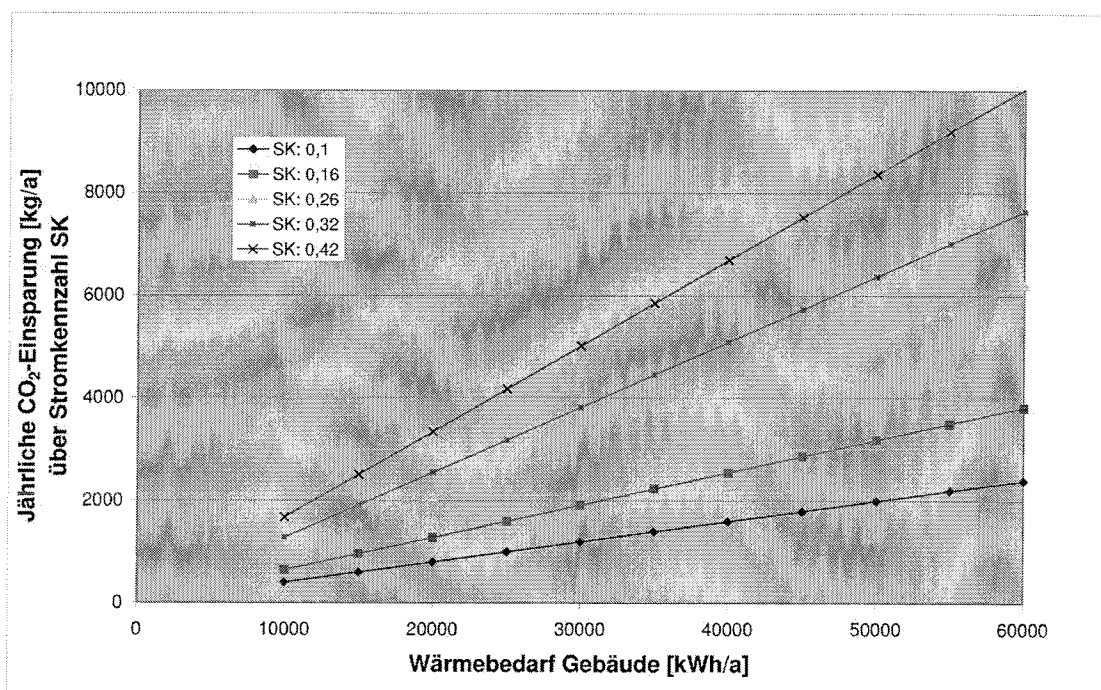


Bild 3.3: CO<sub>2</sub>-Potenzial Strom erzeugender Heizungen

Die Abbildung zeigt, dass die jährliche Einsparung an CO<sub>2</sub> je nach Stromkennzahl durchaus Werte von 10 t/a und darüber hinaus erreichen kann. Für ein konventionelles Einfamilienhaus ohne besondere Dämmung mit etwa 35000 kWh/a Wärmeverbrauch erreicht die erzielbare CO<sub>2</sub> Einsparung abhängig von der Stromkennzahl der SEH Werte von ca. 1,5 bis ca. 6,0 t/a.

### 3.8 Ausblick

Eine Abschätzung des zukünftigen Marktpotentials ergab, dass sich bei einem SEH-Anteil von 15 % an den jährlich installierten Heizsystemen in Europa ein jährlicher Bedarf an SEH-Systemen von ca. 500.000 Stück einstellen könnte.

Auf der elektrischen Seite können SEH eine Möglichkeit eröffnen, dezentral in die Netzversorgung einzugreifen. Hierzu wurden bereits einige Feldversuche durchgeführt.

Für das politische Ziel, den KWK-Anteil in Deutschland deutlich zu erhöhen, bieten SEH-Systeme die Chance, dieses ohne einen weiteren Ausbau der Fernwärme-Leitungen zu ermöglichen.

Bezüglich der Einspeisung der Leistungen in das elektrische Netz bestehen bei der momentanen Netzstruktur auch bei einem hohen Anteil von SEH-Systemen keine wesentlichen Beschränkungen. Dies rührt daher, dass die elektrischen Leistungen gering sind ( $< 5 \text{ kW}_{\text{el}}$ ) und der produzierte Strom zum großen Teil zur Deckung des eigenen Strombedarf herangezogen wird. Dies führt bei verstärktem Einsatz von Strom erzeugenden Heizungen eher zu einer Entlastung des Netzes.

Die Hemmnisse für Strom erzeugende Heizungen werden daher nicht in der Technologie gesehen, sondern nahezu vollständig in der Preisgestaltung und den administrativen Belastungen.

Von großer Bedeutung für eine verbesserte Marktpräsenz ist es, die bürokratischen Hindernisse vor folgendem Hintergrund langfristig zu beseitigen:

- Der Betrieb einer SEH-Anlage erfordert derzeit unnötig viel Aufwand, Anträge bei verschiedenen Behörden / Institutionen sind zu stellen, die eine erhebliche Einarbeitung in die Thematik oder unnötig hohe Nebenkosten verursachen.
- Förderprogramme werden derzeit in zu kurzen Abständen gestartet, das ist für die Investitionssicherheit bei Anwendern und Herstellern äußerst kritisch, da die Investitionsbedingungen nicht überschaubar sind.
- Es ist den bereits existierenden SEH-Systemen aber auch der noch zu entwickelnden Anlagentechnik zu wünschen, dass diese ein ähnliches langfristiges Marktanreizprogramm erfährt wie seinerzeit die Fotovoltaik.

Sobald sich der Markt belebt,

- werden langfristig weitere Anwendungsfelder – wie zum Beispiel die Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung – mit hohem Marktpotenzial insbesondere für die südliche Hemisphäre in die Entwicklung gehen können.
- wird die Werbewirtschaft den zurzeit stagnierenden Heizkesselmarkt als neues Umsatzgebiet für SEH-Systeme orten.
- werden die Hersteller auf Fachmessen und die Handwerksverbände in Schulungen die Technik der SEH-Systeme propagieren.

SEH-Technologien stehen an der Schwelle zur Markteinführung. Nach unserer Auffassung bedarf es nun eines Impulsprogramms, ähnlich wie bei der Nutzung erneuerbarer Energien, um dieser Technologie einen Marktzutritt mit stabilen Randbedingungen zu ermöglichen.

Bei der Belebung des Marktes zur Nutzung erneuerbarer Energien haben langfristig kalkulierbare Einspeisetarife Wirkung gezeigt. Ein solches Instrument hat das Potenzial, technologiespezifische Innovationen im Bereich der SEH zu beschleunigen und einen Massenmarkt für Strom erzeugende Heizungen zu entwickeln.

Daher ist neben umfassender Information über die Chancen und Grenzen dieser Technologie nach Auffassung der Autoren ein Impulsprogramm (möglicher Titel: 100.000 Keller-Programm) notwendig, dass zum einen auf Verbraucherseite imagebildend wirkt, auf der anderen Seite aber Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten seitens der Industrie initiiert. Als Vorbild könnte das aktuelle Programm in den Niederlanden dienen, wo die ersten installierten 10.000 SEH-Systeme bezuschusst werden.

Längerfristig sollte der Betrieb von SEH-Anlagen und die damit verbundene Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen über eine gesicherte Vergütung honoriert werden.

Betrachtet man die Produktlebenszyklen von Niedertemperaturkesseln und Brennwertgeräten, so hat die SEH mittels dieser Impulsförderung die Chance, in zwanzig Jahren die vorherrschende Wärmequelle der Gebäudenergieversorgung der privaten Haushalte zu werden.

Eine CO<sub>2</sub>-Minderung ergibt sich dabei auf zweierlei Weise: Effizienzgewinn plus die Verdrängung von kohlebasiertem Mittellaststrom (Fuel Shift).