

DER RESONANZ-STIRLING FÜR DIE BEHEIZUNG KLEINER GEBÄUDE: NEUES KONZEPT FÜR DIE Mikro-KRAFT-WÄRME-KOPPLUNG (μ - KWK)

R. Schmid, Rud. Schmid AG, CH-3174 Thörishaus, Schweiz
J.P. Budliger, Consultant, CH-1228 Plan-les-Ouates, Schweiz

Ein hoher Anteil unseres fossilen Energiebedarfs (Heizöl und Erdgas) dient zur Beheizung unserer Wohnungen und zur Bereitstellung von sanitärem Heisswasser. Bei der Verbrennung dieser Rohstoffe wird Wärme bei Temperaturen von 1200 – 1400°C erzeugt, womit Heizkörper auf knapp 40 – 50°C aufgewärmt werden. Die freigesetzte Energie wird dabei irreversibel abgewertet.

Die hohen verfügbaren Temperaturen erlauben, einen thermischen Motor mit elektrischem Generator anzutreiben. Neben dem erzeugten Strom steht bei der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) das Kühlwasser für Heizzwecke zur Verfügung. Die eingesetzte Verbrennungswärme wird doppelt genutzt, der Primärenergieverbrauch wird gegenüber einer getrennten Bereitstellung vermindert. Kleine, lokale Einheiten erlauben, Wohnungen mit Strom und Wärme zu versorgen, ohne ein aufwändiges Verteilnetz zu benötigen.

Im Folgenden wird ein **neuer Typ eines Freikolben-Stirlings** beschrieben, welcher als Prototyp gebaut und erfolgreich betrieben wurde. Die erzielten Resultate bestätigen die interessanten Eigenschaften und den hohen energetischen Nutzen dieses Konzeptes. Dieses genügt den vielfältigen, an ein modernes Heizsystem gestellten Ansprüche, wie z.B.:

- die Heizwärme wird unter kontinuierlicher Verbrennung (von Erdgas, Heizöl oder Biomasse) freigesetzt und dem System von aussen zugeführt. Diese Verbrennung ist vollständig und zeichnet sich durch saubere Abgase aus, welche den höchsten, für Wohnquartiere geforderten Standards entsprechen;
- die Einheiten können in einem weiten Leistungsbereich flexibel und effizient eingesetzt werden. Das Aggregat wird je nach Bedarf während wenigen täglichen Zeitabschnitten betrieben. Es startet rasch und mit geringem Energieaufwand;
- das gesamte mechanische Aggregat ist in einem hermetischen Gefäss angeordnet. Die Freikolben benötigen kein Getriebe und laufen auf Gaslagern; da keine Schmierung benötigt wird, beschränkt sich der Wartungsaufwand dieser Maschinen auf eine periodische Inspektion des Brenners.

Beschreibung des neuen Freikolben-Konzeptes

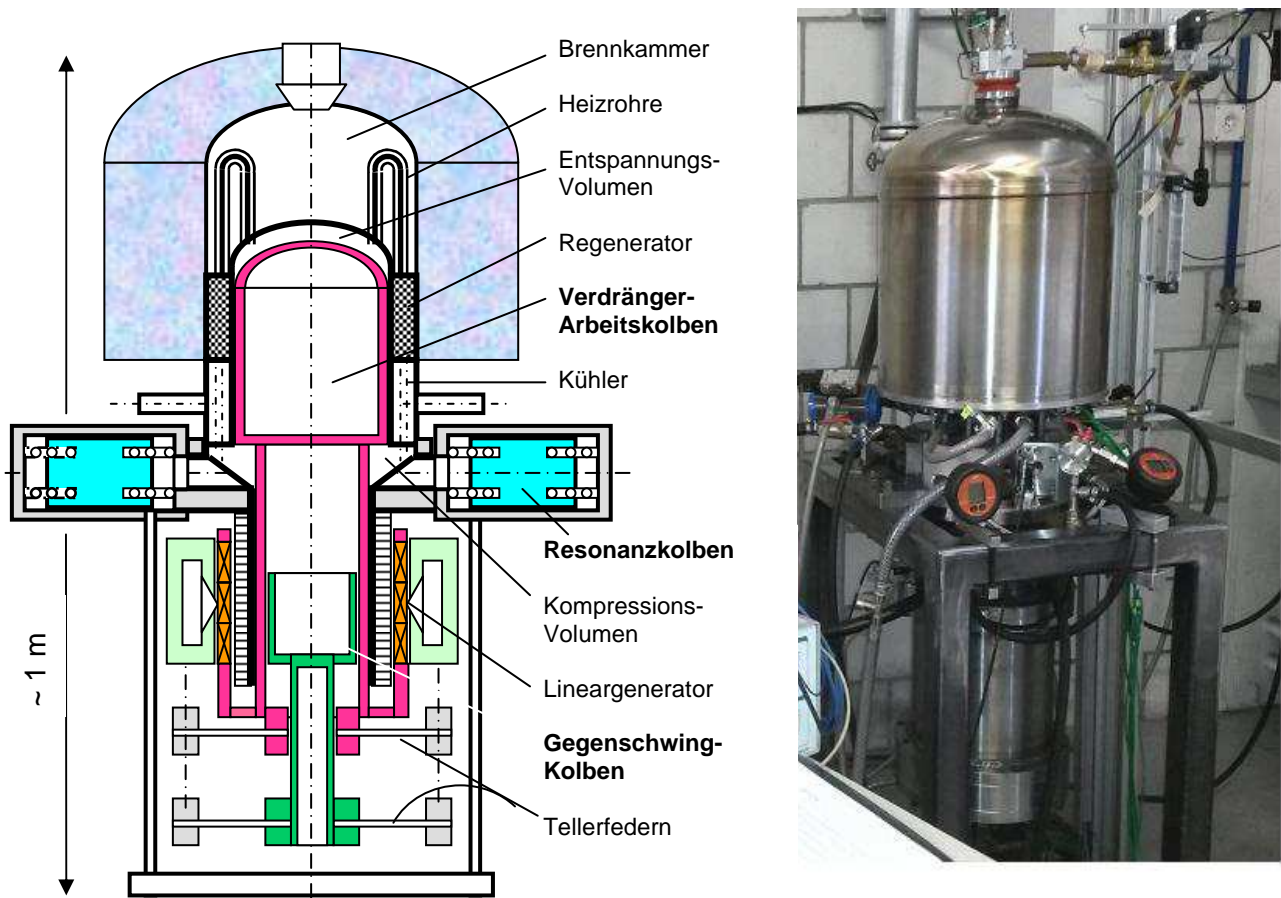
Die vorgeschlagene KWK-Einheit umfasst ein neuartiges Stirling-Freikolbensystem, welches in Figur 1 schematisch dargestellt ist. Im Brenner wird Wärme freigesetzt und über Erhitzerrohre an den Heizkopf abgegeben, in welchem das Arbeitsgas entspannt wird. Dieses wird durch einen Regenerator und einen Kühler ins Kompressionsvolumen geleitet, bei niedrigen Temperaturen komprimiert und durch den Regenerator ins Heizvolumen zurückgeführt.

Der Verdrängerkolben verschiebt das Arbeitsgas zyklisch zwischen diesen beiden variablen Volumen. Im vorgeschlagenen neuen Konzept ist **der Verdrängerkolben fest mit dem Arbeitskolben verbunden**; die Amplitude und Phasenlage der periodischen Bewegung dieses Hauptkolbens wird durch den elektrischen Lineargenerator genau kontrolliert.

Dieser Hauptkolben umfasst eine Kolbenstange grossen Durchmessers, über welche die Kolbenarbeit der Maschine entzogen wird. Durch seine Bewegung wird nur eine relativ geringe periodische Druckänderung im Arbeitsgas erzeugt.

Die **zyklische Druckänderung** des Arbeitsgases wird hauptsächlich durch die Schwingung zusätzlicher **Resonanzmassen** erzeugt; diese qualitativ guten Feder-Masse-Oszillatoren

schwingen in einem engen, vorgegebenen Frequenzband, ohne ein zusätzliches Kontrollorgan zu benötigen. Ihre Amplitude hängt von der Anregung durch den Hauptkolben ab, d.h. der Wärmemenge, welche im Brenner freigesetzt und der Maschine zugeführt wird.



Figur 2 : Schematische Darstellung des Resonanz-Stirlings, mit Foto des Prototypen

VERGLEICH ZU DEN BESTEHENDEN STIRLING-FREIKOLBENMOTOREN

Bei den bekannten Stirlingmotoren wird die Bewegung des Arbeitskolbens durch den verbundenen Lineargenerator kontrolliert. Die Schwingung des getrennten Freikolben-Verdrängers hängt vom zeitlich sich ändernden Gasdruck ab und kann nur indirekt durch den Hauptkolben gesteuert oder beeinflusst werden. Diese Kontrolle ist ungenau und relativ träge; die Kolbenbewegung wird instabil, sobald der zyklisch variierende Druck des Arbeitsgases eine kritische Amplitude übersteigt, wodurch der Motor abstellt.

Um solche instabile Zustände zu vermeiden, werden die bestehenden Freikolbenmotoren nur mit relativ niedrigen Heiztemperaturen betrieben, wodurch das Arbeitsgas nur mässige, zyklische Druckänderungen durchläuft. Hohe spezifische Gasströme durchströmen den Regenerator periodisch, was hohe Druckabfall- und Wärmeübertragungsverluste verursacht und den Wirkungsgrad entsprechend beschränkt.

Im neuen Resonanzkonzept wird die Bewegung des gesamten Verdränger-Arbeitskolbens elektrisch kontrolliert, was diesen Einheiten eine deutlich bessere dynamische Stabilität verleiht; diese können bei hohen Heiztemperaturen betrieben werden, wobei die verhältnismässig geringen Gasströme hohen, periodischen Druckänderungen ausgesetzt werden.

Betriebscharakteristiken der Motoren

Figur 2 stellt die wesentlichen Betriebscharakteristiken der bekannten Freikolben-Stirlings jenen des neuen Resonanzprinzips gegenüber. Die gestrichelten Linien stellen die thermisch erwarteten Charakteristiken der beiden Maschinentypen dar, vorerst unter der Annahme eines mechanisch stabilen Verhaltens. Diese Darstellung zeigt, dass beide Einheiten bei einer nominalen Erhitzerkopftemperatur von rund 700°C ähnliche Charakteristiken aufweisen würden.

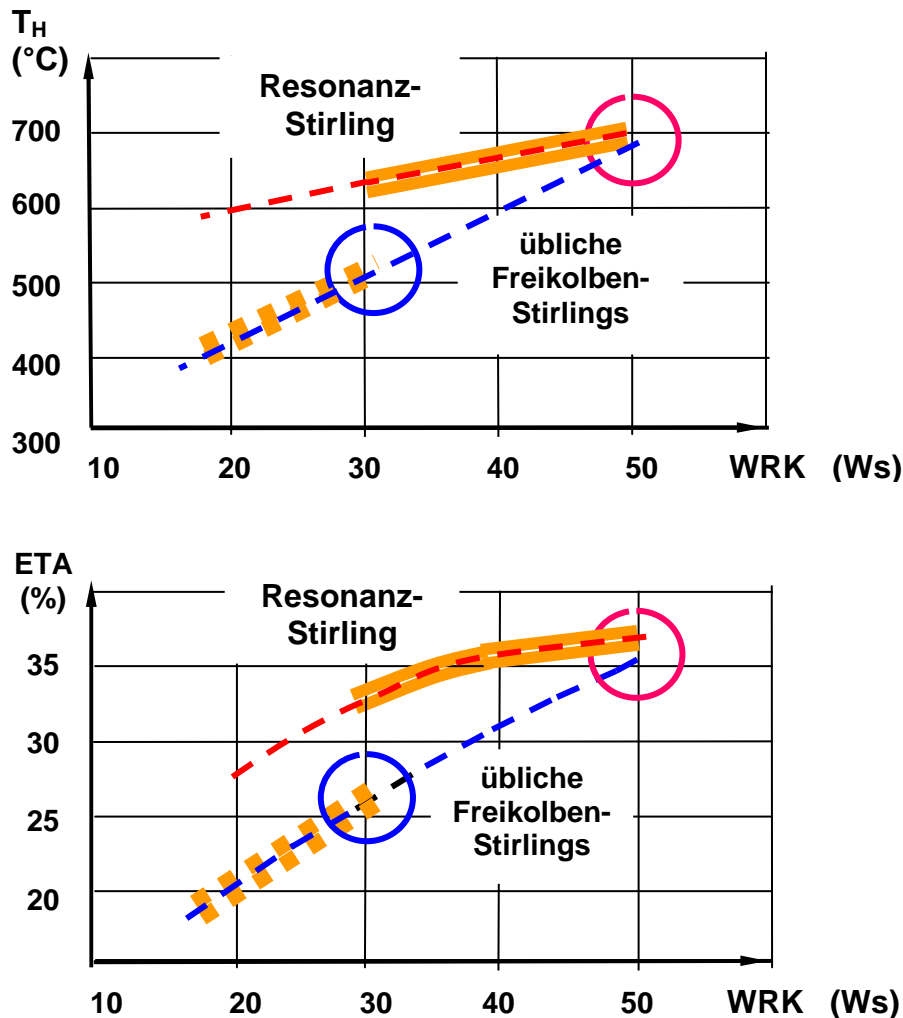


Fig. 2: Heizrohr-Temperatur T_H und thermischer Kreislauf-Wirkungsgrad η_{th} als Funktion der zyklisch geleisteten Arbeit WRK

Um ein instabiles Verhalten zu vermeiden, darf aber die Erhitzerkopftemperatur beim bestehenden Freikolben-Stirling eine kritische Grenze von rund 525°C nicht übersteigen. Bei diesem Motor können die oben dargestellten Charakteristiken nur in einem Teilbereich genutzt werden.

Der neue Resonanz-Stirling funktioniert bei deutlich höheren Erhitzertemperaturen und entsprechenden Wirkungsgraden einwandfrei stabil. In Figur 2 sind die **effektiv nutzbaren Bereiche** der beiden Maschinentypen durch breite Bänder hervorgehoben.

Der neue Resonanz-Stirling zeichnet sich durch ein vorteilhaftes Teillastverhalten aus. Die Motorleistung hängt von der am Brenner freigesetzten Wärmemenge ab, die je nach Wärmebedarf der zu beheizenden Wohnung geregelt werden kann. Die Zahl der täglich durchzuführenden Heizzyklen kann auf ein Minimum beschränkt werden. Die Einheiten

können meist unter (leicht) reduzierter Last effizient betrieben werden und sind einer entsprechend geringen mechanisch-thermischen Beanspruchung ausgesetzt.

Kompensation von Vibrationen

Die Resonanzkolben sind paarweise angeordnet; durch ihre entgegengerichtete Bewegung werden keine Kräfte auf die restliche Maschine übertragen.

Der Verdränger-Arbeitskolben wird mit einer zusätzlichen Gegenschwingmasse zu einem Doppelpendel zusammengefasst. Durch die gegenläufige Schwingung dieser beiden Massen werden nur geringe Vibrationen an das Gehäuse übertragen. Figur 1 zeigt eine Lösung, bei welcher diese Gegenschwingmasse in der Kolbenstange des Hauptkolbens untergebracht ist; dies erlaubt, die gesamte Motoreinheit kompakt zu gestalten.

Brenner

Die Verbrennungsluft wird in einem Wärmetauscher durch die Abgase auf hohe Temperaturen vorgeheizt. Im Brenner wird diese Verbrennungsluft durch rezirkulierende Abgase in einem Venturi stark verdünnt und anschliessend mit den brennbaren Gasen homogen vermischt. Bei diesem sog. FLOX-Prozess findet die Verbrennung flammenlos, bei hohen Temperaturen statt. Bei bloss geringem Luftüberschuss ist die Verbrennung komplett und zeichnet sich durch eine niedrige Schadstoffbelastung (CO, NO_x) der Abgase aus. Ein zusätzlicher kondensierender Wärmetauscher erlaubt, die in den Abgasen enthaltene Feuchtigkeit zu kondensieren und so die Abwärme vollständig zu nutzen.

HAUPTCHARAKTERISTIKEN DER EINHEITEN

Die neue Maschine kann sehr flexibel dem Bedarf entsprechend angepasst werden. Bei vorgegebenen Kolbendimensionen kann der Motor für verschiedene Leistungsstufen ausgelegt werden, indem die Federkonstanten, die Kolbenmassen und der nominale Betriebsdruck des Arbeitsgases, oder eine Kombination dieser Parameter, angepasst werden:

Resonanz-Stirling	Leistungsbereiche	Niedrig	Mittel	Hoch
Nominale Verbrennungswärme	kW _{TH}	8	10	15
Verfügbare Heizleistung	kW _{TH}	5.5	7	10.5
Elektrische Abgabeleistung nominal	kW _{EL}	1.5	2	3
Totaler Wirkungsgrad (elektr. + Wärme)	%	88	90	90
Elektrischer Wirkungsgrad	%	19	20	20
Teillastbereich	%	60 – 100	60 - 100	60 - 100

Die Einheiten sind für einen Betrieb mit einer Frequenz von 50 Hz ausgelegt. Der erzeugte Strom kann ohne Wechselrichter direkt ins lokale Netz eingespeist werden, wodurch auch die Umwandlungsverluste entfallen. Damit vereinfacht sich auch das Regelsystem der Einheiten.

BETRIEB EINES PROTOTYPEN

Verschiedene Prototypen von zunehmender Komplexität wurden gebaut und betrieben. Die gemessenen Leistungsdaten der Einheiten werden mit den analytisch ermittelten Betriebsdaten verglichen, womit die stattfindenden thermischen und dynamischen Prozesse im Detail erfasst werden können.

Die untenstehende Tabelle fasst die wichtigsten gemessenen Betriebsdaten des letzten, gebauten Feldtestmaschinen zusammen. Elektrische Gesamtwirkungsgrade von 21% konnten bei Heizrohrtemperaturen von rund 800°C gemessen werden. Das Druckverhältnis der Arbeitsgase steigt bis auf Werte von $\pi_C = p_{MAX}/p_{MIN} \sim 1.30 - 1.33$, welche deutlich höher sind als bei den bisher bekannten Freikolbenmaschinen.

Versuchsergebnisse (März 2016)		Bei Volllast	Bei Teillast
Max. verfügbare Heizleistung	W_{TH}	9'000	6'500
Elektrische Abgabeleistung	W_{EL}	1800	1235
Elektrischer Wirkungsgrad	%	20 - 21	19 - 20
Totaler Wirkungsgrad	%	(90)	(90)
Druckverhältnis Arbeitsgas	-	1.30 – 1.33	1.26 – 1.30
Arbeitsfrequenz	Hz	50	50

Experimentelle Ergebnisse beim Betrieb eines Resonanz-Stirling-Prototypen

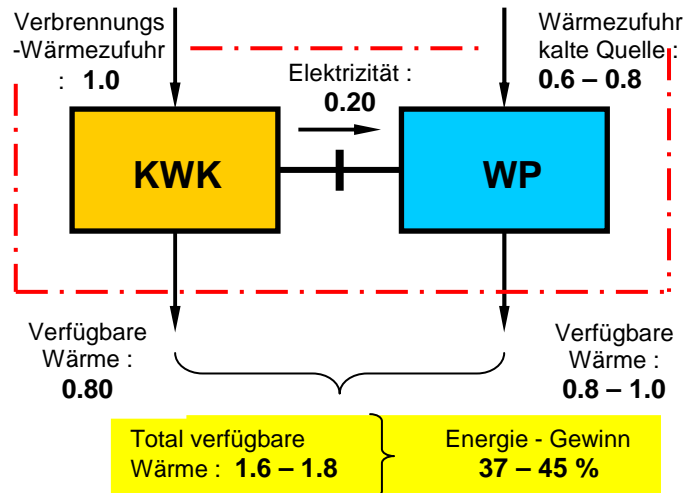
Die günstigsten experimentellen Resultate wurden bei einem Brennerbetrieb im FLOX-Modus erreicht. Weitere Verbesserungen dieses Brenners, des Erhitzerkopfes und der gesamten Mechanik werden vorgenommen, um einen unbeaufsichtigten, langzeitigen Betrieb zu ermöglichen. Der gegenwärtig vorhandene Prototyp verfügt über keinen Abgaskondensator, weshalb der Gesamtwirkungsgrad (verfügbare Heizleistung + abgegebene Elektrizität) der Maschine bisher nicht ermittelt werden konnte. Weitere Verbesserungen und Verfeinerungen des Konzeptes werden laufend vorgenommen, so dass elektrische Wirkungsgrade im Bereich von 23 bis 25% in Kürze erreicht werden sollten.

OEKONOMIE

Der Betrieb kleiner KWK-Systeme muss dem zeitlich sich ändernden Wärmebedarf des Wohngebäudes entsprechend angepasst werden. Mit genügend gross dimensionierten Heisswasserspeichern kann der Betrieb so gesteuert werden, dass Elektrizität hauptsächlich während Spitzenbedarfszeiten erzeugt wird. Dank lokaler Produktion sind Transportverluste für die Wärme oder Elektrizität vernachlässigbar. Überschüssig produzierte elektrische Energie kann ins lokale Netz eingespeist und in der Nachbarschaft genutzt werden.

Der energetische Gewinn einer KWK hängt davon ab, wie die erzeugte elektrische Energie gegenüber der eingesetzten thermischen Energie bewertet wird. Eine endlose Diskussion kann dieser Frage gewidmet werden. Eine pragmatische Abschätzung beruht auf der Annahme, dass die gesamte, mit der KWK erzeugte elektrische Energie eines Gebäudes zum Antrieb einer Wärmepumpe (WP) in einem benachbarten Gebäude dient. Diese kombinierte Anlage ist in Figur 3 schematisch dargestellt und kann mit einer einfachen thermischen Bilanz erfasst werden. Da beide Gebäude gleichzeitig beheizt werden müssen, sind Produktion und Konsum abgestimmt, ohne dass bedeutende Energiemengen zwischengespeichert werden müssen. Die in diesem Schema dargestellten Wärmeströme zeigen, dass gegenüber einer getrennten, klassischen Beheizung dieser beiden Gebäude zwischen 37 und 45% Energie eingespart werden können.

Dieser energetische Gewinn von rund 40% ist sowohl der KWK wie der WP zuzuschreiben. Die KWK bietet den zusätzlichen Vorteil, dass Elektrizität während Spitzenbedarfszeiten, im Winter, produziert wird, wenn hydraulisch oder solar betriebene Werke weniger Strom liefern.



Figur 3: Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) als Antrieb einer Wärmepumpe (WP)

Die erzielten Energieeinsparungen sind auch ökonomisch interessant: die zusätzlich benötigten Investitionen der KWK gegenüber einer fossilen Heizanlage können in wenigen Jahren durch die geringeren Energiekosten rückbezahlt werden. Diese Wirtschaftlichkeit ist nur gegeben, wenn die benötigten Ausrüstungen in grossen Serien, zu vertretbaren Kosten hergestellt werden. Die Investitionen für die Fertigung solcher Aggregate sind vertretbar, wenn diese, wie beim vorgestellten Resonanzkonzept, beträchtliche Energieeinsparungen erwarten lassen.

Treibhausgase

Unser Klima erwärmt sich zunehmend unter der ständig steigenden Treibhausbelastung der Atmosphäre. Konsequente Massnahmen müssen getroffen werden, um den Verbrauch von Kohlenwasserstoffen zu begrenzen.

Der hohe energetische Nutzen von KWK-Anlagen erlaubt, den Ausstoss von CO_2 zu vermindern. Ihr Einsatz lohnt sich besonders, wenn der erzeugte Strom jenen aus Kohlekraftwerken ersetzt. Die verbreitete Anwendung von KWK zählt zu den wirksamsten Massnahmen, um unseren ökologischen Fussabdruck zu mindern.

Der Brennstoffbedarf eines Gebäudes hängt sowohl vom eingesetzten Heizprozess, wie von der Qualität seiner isolierenden Schutzhülle ab. Im Idealfall, wenn KWK eingesetzt und die thermische Isolation verbessert wird, kann der Heizwärmebedarf eines bestehenden Gebäudes um 50 – 60% reduziert werden. Da kleine Gebäude grosse Aussenflächen aufweisen und deren Isolation hohe Kosten verursachen, lohnt sich die teilweise Sanierung durch den Einsatz angepasster KWK-Anlagen.

Vergleich mit konkurrierenden Konzepten

Das vorgeschlagene Stirling-Resonanzkonzept wird mit alternativen KWK-Lösungen verglichen, welche für die Beheizung von Wohngebäuden vorgesehen sind. In der nachstehenden Tabelle werden die wichtigsten Charakteristiken verschiedener Systeme qualitativ beurteilt, wobei vorteilhafte Eigenschaften durch helle Felder, fragliche Eigenschaften durch dunklere wiedergegeben sind.

Diese Beurteilung kann wie folgt zusammengefasst werden:

- kleine interne Verbrennungsmotoren weisen einen leicht höheren Wirkungsgrad auf als das hier vorgeschlagene System. Hingegen enthalten deren Abgase wesentlich höhere Schadstoffmengen als bei einer kontinuierlichen Verbrennung in Stirling-

Erhitzern. Bei kleinen Verbrennungsmotoren dürfte eine volle Abgasbehandlung aus Kostengründen nur selten angebracht sein. Deren Einsatz eignet sich besser in Gewerbe- und Industriegebieten als in Wohnquartieren, insbesondere wenn dort Motoren höherer Leistung verwendet werden können.

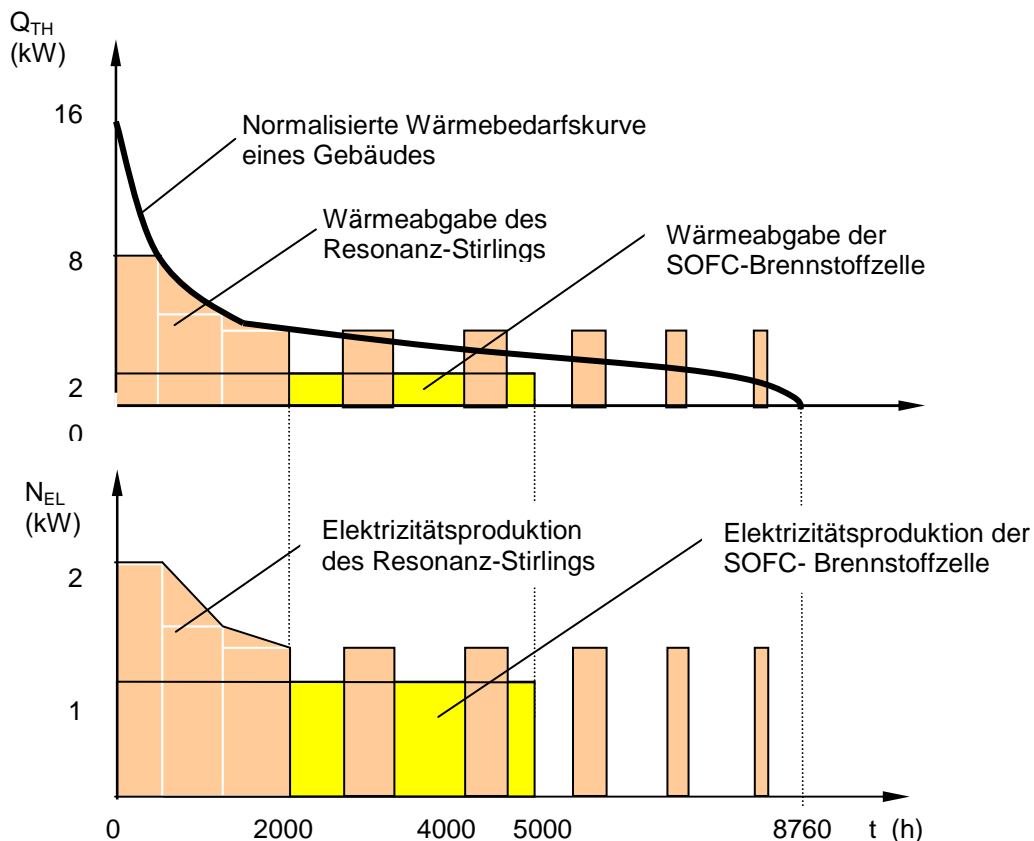
- die bisher bestehenden Stirling-Systeme, wie auch die organischen Rankine-Kreisläufe (ORC) sind weniger effizient als das hier vorgeschlagene Konzept. Die Anlagen sind mindestens ebenso komplex und teuer in der Herstellung.

KWK-System	η elektr. Wirkungsgrad	Lebensdauer	Unterhaltsbedarf	Investitionskosten	Abgase	Flexibler Betrieb	Brennstoff	Schwefel - empfindlich
Diesel-Engine	Medium	Medium	Medium	Low	High	Medium	Medium	Low
Otto-Engine	Medium	Medium	Medium	Low	High	Medium	Medium	Low
Microgen-Stirling	High	Low	Medium	Medium	Low	Medium	Medium	Low
Resonanz-Stirling	Medium	Low	Medium	Medium	Low	Medium	Medium	Low
Rankine cycle	High	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Low
PEMFC-Fuel-cell	Medium	Medium	Medium	Low	Medium	Medium	High	High
SOFC-Fuel-cell	Low	Low	Medium	Medium	Medium	High	Medium	High

Kriterien zur Beurteilung verschiedener μ - KWK - Optionen

- weltweit werden kleine Brennstoffzellen mit grossem Aufwand entwickelt und sind unter anderem für die hier diskutierten Anwendungen vorgesehen. Die heute verfügbaren PEMFC-Brennstoffzellen müssen mit reinem Wasserstoff betrieben werden. Der Einsatz in Wohngebäuden wird von der zukünftigen, (fraglichen) Entwicklung dieser Energiequelle und dessen Vertrieb abhängen. Als Alternative muss jede einzelne Brennstoffzelle mit einem eigenen Reformier ausgerüstet werden, was neben den zusätzlichen Kosten auch den flexiblen, effizienten Einsatz dieser Aggregate deutlich einschränkt. Die Entschwefelung des zugeführten Brennstoffs stellt weitere Anforderungen, insbesondere wenn dem Erdgas auch Biogas aus Landwirtschaft und Kläranlagen beigemischt wird. Weitere Schadstoffe, welche Cl, F oder Siloxane enthalten, können künftig vermehrt im Erdgasnetz enthalten sein und Begrenzungen für den Betrieb dieser Brennstoffzellen ergeben.
- für die Beheizung kleiner Wohngebäude werden auch Hochtemperatur-SOFC-Brennstoffzellen entwickelt und propagiert, meist mit Hinweis auf die hohen,

erreichbaren Wirkungsgrade von 30 bis 60% dieser Zellen. Um Hochtemperaturzellen keinen hohen thermischen Spannungen auszusetzen, müssen diese langfristig bei möglichst konstanten Temperaturen und Leistungen betrieben werden, was aber den zu leistenden Heizbedürfnissen kaum entspricht. In jedem Gebäude muss eine Zusatzheizung den täglich variierenden Wärmebedarf bereitstellen können. Wie aus Figur 4 schematisch hervorgeht, muss dieses Zusatzsystem einen grossen Teil des gesamten Wärmebedarfs abdecken, mehr als die Brennstoffzelle selbst. Auch unter günstigen Annahmen ergibt dieses System keinen höheren Energiegewinn als bei einer Beheizung mit dem vorgeschlagenen, neuen Resonanz-Stirling.



Figur 4: Schematischer Vergleich der Wärme- und Stromproduktion einer kontinuierlich betriebenen Brennstoffzelle (1 kW_{EL}) mit einer flexibel betriebenen Resonanz-Stirling-KWK (2 kW_{EL}), bei einem Heizbedarf des Gebäudes von $30' - 35'000 \text{ kWh}_{TH}/\text{Jahr}$

HERSTELLUNG UND VERMARKTUNG

Der Einsatz von KWK-Systemen erlaubt, kleine Gebäude effizient und mit deutlich vermindertem Energiekonsum zu versorgen. Für diesen attraktiven Markt werden verschiedene Konzepte vorgeschlagen, aber bisher ist noch keines als voll ausgereiftes, serienreifes Produkt verfügbar. Eine ideale Situation besteht somit, um verheissungsvolle Konzepte fertig zu entwickeln und auf dem Markt einzuführen.

Zum konkreten Einsatz des Resonanz-Systems wird eine technische und kommerzielle Zusammenarbeit mit Heizungsfirmen angestrebt. Die Entwicklung ist genügend weit fortgeschritten, um diese neue KWK-Technologie interessierten Industriellen vorstellen zu können. Die Aufteilung der durchzuführenden Aufgaben, die Rechte für die Herstellung und kommerzielle Umsetzung können diskutiert werden.

ZUSAMMENFASSUNG

- Ein neues Stirling-Freikolbenkonzept wird für die Mikro-KWK vorgeschlagen, welches sich durch höhere Wirkungsgrade und Leistungsdichten auszeichnet als die gegenwärtig vorhandenen Produkte. Dieses Aggregat umfasst einen kombinierten Verdränger-Arbeitskolben, welcher einfach und genau gesteuert werden kann. Dies erlaubt, das System bei hohen Heiztemperaturen zu betreiben, wobei das Arbeitsgas hohe Druckzyklen durchläuft, was gute Wirkungsgrade zu erzielen erlaubt.
- Gegenüber konventionellen Heizsystemen können namhafte Energieeinsparungen erzielt werden. Bei einem gegebenen, zu deckenden Wärmebedarf eines Gebäudes kann wesentlich mehr Elektrizität erzeugt werden als mit den bisher existierenden Freikolbensystemen. Die Mehrkosten für die KWK-Anlagen können in wenigen Jahren durch die erzielten Energieeinsparungen rückbezahlt werden.
- Die günstigen ökonomischen Verhältnisse verheissen dieser neuen Technologie eine rasche Ausbreitung. Der wichtigste Markt betrifft den Ersatz kleiner gas- oder ölbefuerter Heizkessel in sanierungsbedürftigen 1- oder 2-Familienhäusern. Trotz steigenden Anforderungen nach energetisch effizienten Lösungen stehen heute kaum geeignete Produkte für dieses Marktsegment zur Verfügung.
- Interessenten, insbesondere Industriellen der Heizungsbranche, wird vorgeschlagen, diese neue KWK-Technologie in einer genau angepassten Zusammenarbeit zu einem serienreifen Produkt fertig zu entwickeln. Den interessierten Industriellen stehen die in jahrelanger Entwicklungsarbeit gesammelten Kenntnisse und Erfahrungen zur Verfügung.
- Das vorliegende Konzept ist durch ein international angemeldetes Patent geschützt; bisher wurden gegen dieses Patent keinerlei Einwände erhoben.
- Weitere Informationen zum Stirling-Resonanzkonzeptes sind per e-mail unter der Adresse www.stirling.ch erhältlich. Kontakte mit den Entwicklern und Patentinhabern können unter dieser Adresse hergestellt werden.

REFERENZEN:

- [1] **US 2013/0031899 A1 : STIRLING MACHINE** (Feb. 7, 2013)
US Patent Application Publication
- [2] **EP 11'718'884.7 : Piston résonant** (29. März 2011)