



Serienfertigung Stirling-Motoren

## Renaissance einer alten Klamotte

**E**s war im Jahre 1816, als der schottische Pfarrer Robert Stirling einen Motor patentieren ließ, der seine Energie aus jedem beliebigen heißen Medium beziehen kann. In den folgenden 185 Jahren werkten unzählige Tüftler immer mal wieder an dem Stirling-Motor herum, und auch manche große Firma nahm sich im 20. Jahrhundert der Maschine an. Doch wirklich durchschlagenden Erfolg in der Praxis hatte niemand. Jetzt will die Firma Solo Kleinmotoren GmbH im württembergischen Sindelfingen dem Stirling zum Durchbruch verhelfen.

### Hoffnungsträger für die Umwelt

Das Familienunternehmen hat ihn in den vergangenen Jahren zur Marktreife entwickelt, und will in diesen Wochen die ersten Exemplare ausliefern. Nach eigenen Angaben ist Solo damit der erste Hersteller weltweit, der mit dem Stirling-Motor in Serie geht. 40 Exemplare will das Unternehmen noch in diesem Jahr verkaufen, einige Tausend pro Jahr sollen es in nicht allzu ferner Zukunft werden. Produktmanager Schmieder sieht sich durch Marktstudien bestätigt: „In Deutschland gibt es ein Potenzial von 50 000 Stirling-Maschinen pro Jahr.“

Schon lange gilt der Stirling-Motor als ein Hoffnungsträger beim ökologischen Umbau der Stromwirtschaft. Denn er arbeitet effizient und sauber, und ist zudem vielseitig einsetzbar. Dem Motor wird die Antriebsenergie in Form von Wärme zugeführt. Er kann daher durch die verschiedensten Brennstoffe, oder auch durch andere Quellen wie fokussierte Solarenergie betrieben werden. Im Stirling ist in zwei miteinander verbundenen Zylindern ein Arbeitsgas eingeschlossen – bei der Firma Solo ist es Helium. Einer der Zylinder wird erhitzt, der andere gekühlt. Der Druckanstieg auf der erwärmten Seite bewegt einen Arbeitskolben. An diesen gekoppelt ist ein Verdrängerkolben, der das gerade erhitzte Gas in den Kühlzylinder drückt, wo es sein Volumen wieder reduziert. Damit wird der Arbeitskolben wieder in die Gegenrichtung bewegt, und der Ver-

drängerkolben drückt das Gas nun wieder vom Kühlzylinder zum Heizzylinder. Dieser Gasfluss findet fortlaufend statt, so lange durch Energiezufuhr die Temperaturdifferenz zwischen den Zylindern aufrecht erhalten wird. Ein Generator kann nun die Bewegungsenergie der Arbeitskolbens in elektrischen Strom umwandeln. Entscheidend für die Leistung des Motors sind Temperaturdifferenz und Gasdruck. Da der Stirling wie jede Wärme-Kraft-Maschine den Grenzen des Carnot-Prozesses unterliegt, steigt der Wirkungsgrad mit der Temperaturdifferenz. Schon wenige Grad reichen theoretisch aus, um den Motor zum Laufen zu bringen, doch erst oberhalb von 100 Grad Temperaturdifferenz (100 Kelvin) liefert er nutzbare Leistung. Der Wirkungsgrad steigt außerdem mit dem Druck des Arbeitsgases. Solo erwärmt den Erhitzer auf etwa 740 Grad und komprimiert das Helium auf 150 bar.

### Beste Abgaswerte

Der Solo-Stirling wird nach Firmenangaben einen Gesamtwirkungsgrad von 90 Prozent erreichen, bei einer elektrischen Leistung von 2 bis 9 kW, und einer thermischen Leistung zwischen 8 und 24 kW. Besonders in unteren Leistungsklassen sei der Stirling dem Blockheizkraftwerk (BHKW) auf Basis eines Otto- oder Dieselmotors überlegen, sagt Andreas Baumüller, Manager in der Entwicklungsabteilung bei Solo: „Selbst Anlagen mit nur einem Kilowatt elektrischer Leistung sind mit dem Stirling realisierbar.“ Denn anders als die BHKW mit Verbrennungsmotor erziele der Stirling auch im Kleinstmaßstab beste Abgaswerte. Im Stirling-Motor findet nämlich keine periodische Zündung eines Brennstoff-Luft-Gemisches statt, sondern – sofern man Wärme über einen Brenner zuführt – der Brennstoff kontinuierlich umgesetzt wird. Dieser Prozess kann sogar in Form einer flammenlosen Oxidation ablaufen. Einen weiteren Vorteil des Stirling-Motors sieht Baumüller in der Wartungsfreundlichkeit. Denn der Motor brauche kein Öl zur Schmierung, und erreiche eine Laufzeit von 5 000 bis 8 000 Stunden pro Wartungsintervall. Das hängt damit zusammen, dass die Maschine geschlossen ist, und ihr Inneres damit, anders als bei klassischen Verbrennungsmotoren, frei bleibt

von aggressiven Verbrennungsrückständen. Schon kündigt Baumüller die nächsten Schritte an: Im Jahre 2003 werde Solo den innovativen Motor auch für die Biomassefeuerung anbieten – anfangs nur für Holzpellets, später auch für Holzhackschnitzel. Als nächstes stehe dann die Entwicklung eines biogasbetriebenen Stirlings an.

### Mit dem EEG zur Wirtschaftlichkeit

Die Kosten eines Stirling-Motors werden auch bei künftiger Serienfertigung noch „etwas höher“ ausfallen als bei derzeit marktüblichen BHKW, sagt Baumüller. Doch würden diese Mehrkosten sich durch die höhere Betriebssicherheit amortisieren. Unter den derzeitigen Rahmenbedingungen ist der Stirling aber ebensowenig wirtschaftlich zu betreiben wie die meisten Klein-BHKW. Daher setzt Solo auch aus ökonomischen Gründen auf die Biomasse-Variante: Diese wird unter das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) fallen, und somit bei der Einspeisevergütung nicht mehr vom Gutdünken der örtlichen Netzbetreiber abhängig sein. „Mit dem EEG wird der Stirling wirtschaftlich“, heißt es im Hause Solo. Gemeinsam mit der Brennstoffzelle werde der Stirling-Motor dann die Umstrukturierung der Energiewirtschaft vollziehen, prophezeit Schmieder. Viele Kleinkraftwerke werde künftig zu „virtuellen Kraftwerken“ verschaltet, die je nach Strombedarf gesteuert werden können. – Stirling-Motor und Brennstoffzelle haben somit einige Gemeinsamkeiten. Die Zelle wurde bereits im Jahre 1839 entdeckt, um dann nach mehr als 150 Jahren zur großen Vision zu werden. Ein Unterschied besteht jedoch: Die Brennstoffzelle, sagt Schmieder, verursache zur Zeit durch die intensive Forschung „den größten Kapitalfluss, den in der Geschichte der Menschheit jemals eine einzelne Technologie erlebt hat“. Dem Stirling hingegen reichte offensichtlich die Entwicklungsabteilung einer mittelständischen Firma.

Bernward Janzing

Arbeitskreis Stirlingmotor c/o Evangelische Hochschulgemeinde an der FH München, Kuno Kübler, Loristr. 1/I, D-80335 München, Fon 089/68800-110, -111 (AB), -112, E-mail [stirling@rz.fh-muenchen.de](mailto:stirling@rz.fh-muenchen.de), Internet [www.fh-muenchen.de/ehg](http://www.fh-muenchen.de/ehg) • Solo Stirling-Engine Company, Postfach 60 01 52, D-71050 Sindelfingen, Fon 07031/301-0, Fax 07031/301-202, E-mail [info@stirling-engine.de](mailto:info@stirling-engine.de), Internet [www.stirling-engine.de](http://www.stirling-engine.de)