



< Ausgerüstet mit einem thermoelektrischen Generator liefern Kaminöfen in Zukunft neben Wärme auch Strom, der für Regelungstechnik oder Smarthome-Anwendungen genutzt werden kann.

GRUPPE KALORIK UND THERMOELEKTRIK

# Nano-BHKW: Strom aus dem Kachelofen

Mithilfe thermoelektrischer Elemente lässt sich die Abwärme von Kamin- und Kachelöfen künftig in Strom wandeln. Damit wird es möglich, diese mit elektrischer Regelungstechnik auszustatten und in ein Smarthome einzubinden. Auch ließen sich durch eine geregelte Verbrennung die Emissionen der Kleinfeuerungsanlagen deutlich reduzieren.

Kamin- oder Kachelöfen könnten künftig mehr liefern als wohlige Wärme: elektrischen Strom. Möglich ist dies dank thermoelektrischer Generatoren (TEG), die Wärme in elektrischen Strom wandeln. TEG sind bisher in einigen Nischenanwendungen am Markt etabliert, aber höchstens für Betriebstemperaturen zwischen 250 und 300 °C geeignet. Mit den am Fraunhofer IPM entwickelten TEG sind Temperaturen von mehr als 500 °C und die direkte Integration im Bereich der Brennkammer möglich. So können Kleinfeuerungsanlagen künftig zu einem kleinen Kraftwerk erweitert werden, das neben Wärme auch Strom erzeugt – ein Nano-BHKW.

Die Hochtemperatur-TEG bestehen aus Halb-Heusler-Legierungen. Die einzelnen thermoelektrischen Module werden zu größeren Baugruppen verknüpft. Diese erreichen eine Flächenleistungsdichte von bis zu 1,5 Watt pro Quadratzentimeter. Der Wirkungsgrad liegt bei fünf Prozent. Dadurch wird es möglich, diese TEG in Öfen schon bei einer geringen Leistung von nur vier Kilowatt einzusetzen; also auch dann, wenn nur die Glut glimmt. Besonders groß ist die Stromausbeute in Kachelöfen, die als Heizungsunterstützung an den Heizkreislauf angeschlossen sind. Hier kann der TEG zwischen dem heißen Brennraum und der

kühlen Wasserleitung in der Außenhaut des Kamins installiert werden. Dadurch ergibt sich eine große Temperaturdifferenz, die den Wirkungsgrad erhöht.

**Energieautark, smart vernetzt und emissionsarm**

Der so erzeugte Strom kann vielfältig genutzt werden: zur Versorgung von elektrischen Kleingeräten, von Mess- und Regeltechnik für die Betriebssteuerung und Verbrennungsoptimierung, aber auch zur Einbindung der Öfen in das Smarthome. Schon geringe Temperaturgefälle reichen hierbei aus, um den dafür notwendigen Energiebedarf von etwa 10 bis 50 Watt zu decken. Ist die Stromproduktion größer, können beispielsweise auch ein Smartphone oder eine LED-Beleuchtung versorgt werden. Überschüssiger Strom kann in einer Batterie zwischengespeichert werden, sodass eine kontinuierliche Stromversorgung gewährleistet ist.

In Gebieten, die keine flächendeckende Stromversorgung haben, wohl aber über Holz verfügen, z. B. in Teilen Kanadas oder Skandinaviens, können so künftig Kleinfeuerungsanlagen mit einer elektrischen Steuerung versehen werden. Auch Pelletheizungen könnten stromunabhängig selbstständig den Pelletnachschub regeln oder ihre Heiz-

**HEUSLERSCHE LEGIERUNGEN** sind nach dem deutschen Chemiker und Ingenieur Friedrich Heusler benannt, der im Jahr 1903 zum ersten Mal den Effekt beschrieb, dass eine Mischung aus den drei nichtmagnetischen Metallen Kupfer, Mangan und Aluminium eine Legierung ergibt, die ferromagnetische Eigenschaften besitzt. Halb-Heusler-Verbindungen sind davon abgeleitete Legierungen, die zwar nicht ferromagnetisch sind, aber halbleitende Eigenschaften haben. Dass solche Halb-Heusler-Legierungen robust genug für Hochtemperaturanwendungen sind, haben die Arbeiten am Fraunhofer IPM gezeigt.

leistung über Raumthermostate steuern. Im intelligent vernetzten Smarthome lassen sich zukünftig neben Licht-, Heizungs- und Lüftungstechnik auch Kachelöfen einbinden, die bisher völlig unregelt Wärme erzeugen. Ausgestattet mit einem TEG und einem kleinen Regelmodul könnte die Feuerungsstätte künftig bei sinkender Raumtemperatur den optimalen Zeitpunkt zum Holznachlegen signalisieren oder die Heizungsanlage herunterfahren, sobald die Temperatur einen definierten Wert überschreitet.

Die Ausstattung von Kleinfeuerungsanlagen mit TEG-Technik kann künftig auch dazu beitragen, Emissionen zu reduzieren. Der erzeugte Strom kann dazu genutzt werden, den Verbrennungsprozess mithilfe von Mess- und Steuerungstechnik zu optimieren. Das Regelmodul umfasst die notwendige Sensorik (u. a. Temperaturfühler, Lambda-Sonde) und Aktoren. Es ist über eine einfache Sensorik in der Lage, verschiedene Betriebszustände zu erkennen und basierend darauf über ein Gebläse oder einen automatisierten Schieber die Luftführung der Anlage an den Bedarf anzupassen.

**Vielversprechende Tests: TEG im Mikro-BHKW**

Zuletzt wurde der Betrieb eines TEGs in einem kleinen Blockheizkraftwerk in Braunschweig getestet. Der Pilotversuch mit kommerziellen TEG auf Basis von Wismut-Tellurid verlief vielversprechend. Die Module erwiesen sich als stabil



Ein thermoelektrischer Hochtemperatur-Generator, eingebaut in eine Kleinfeuerungsanlage, kann den notwendigen Strom bereitstellen, um kleine Regelmodule zu betreiben, die z. B. den optimalen Zeitpunkt zum Holznachlegen signalisieren oder die Luftzufuhr optimieren.

und lieferten bis zu 500 Watt elektrische Energie – genug, um ein ganzes Gebäude mit Strom zu versorgen. Ein weiterer Versuch mit Halb-Heusler-Modulen in einem BHKW in der Region ist geplant; hier sollen die Module Abwärme bei Temperaturen bis um die 500 °C in Strom wandeln. Entsprechend könnten die Module künftig in Feuerungsanlagen für Einfamilienhäuser zum Einsatz kommen und dort aus Wärme Strom erzeugen.