

Thermoelektrischer Generator wandelt Abwärme in Strom um

Im Jahr 1823 entdeckte Thomas Seebeck den nach ihm benannten Effekt, der gestattet, Wärme direkt in elektrischen Strom umzuwandeln. Setzt man die Enden eines elektrischen Leiters einem Temperaturgefälle aus, entsteht eine elektrische Spannung. Ein Thermoelektrischer Generator (TEG) setzt dieses Phänomen zur Gewinnung von Nutzenergie technisch um. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) erforscht und erprobt den TEG in einem BMW 535i als Versuchsfahrzeug. Die Wärme stammt aus dem Abgasstrom, ein separater Kühlkreislauf dient als Wärmesenke. Eine Steigerung des Motorwirkungsgrades und eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauches sind nachweisbar.

Notwendige Optimierung der Verbrennung

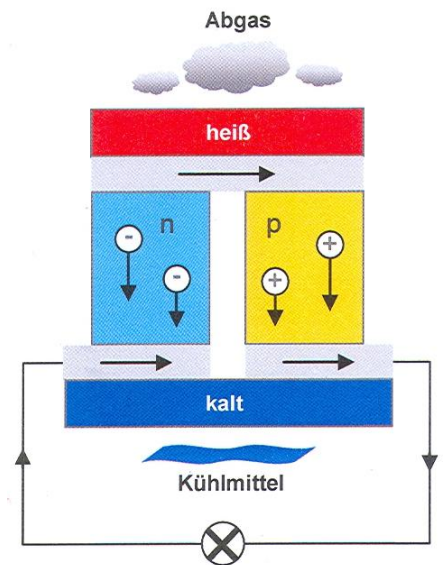
Die Verbesserung der Effizienz von verbrennungsmotorischen Fahrzeugantrieben ist ein Dauerthema der Automobilbranche. Gleichwohl wird noch immer lediglich etwa ein Drittel der im Kraftstoff enthaltenen

Energie für den Antrieb des Fahrzeugs und zur Versorgung von "Nebenanlagen" genutzt. Rund zwei Drittel der chemisch gebundenen Energie werden in Abwärme umgewandelt und in die Umgebung entlassen. Diese Wärmeströme zu nutzen erscheint zwar attraktiv, aber der Aufwand, jeden für sich anzuzapfen und seine Wärme geeigneten Verbrauchern zuzuführen, liess sich bisher nicht verwirklichen.

Anders hingegen verhält es sich beim konzentrierten Abgasstrom. Für den Ottomotor nehmen die Forscher eine maximale Temperatur von 850° C an, beim Diesel sind es 650° C. Als untere Temperatur setzt man 25° C an. Beim Betrieb eines Thermoelektrischen Generators TEG ist das Abgas die Wärmequelle und das Kühlmittel (nicht die Außenluft) die Wärmesenke.

Prinzip eines TEG

Ein thermoelektrisches Element zwischen dem heißen und dem kalten Fluid zeigt die nebenstehende Prinzipzeichnung. Ein Schenkel besteht aus einem p-dotierten, der andere aus einem n-dotierten Halb-



Funktionsprinzip eines thermodynamischen Elements.

leiter. Die Temperaturdifferenz führt zu unterschiedlichen Konzentrationen an Ladungsträgern und damit zu einer Potenzialdifferenz U . Der Seebeck-Koeffizient S ist die Spannung, die bei der anliegenden Temperaturdifferenz entsteht: $S = U/\Delta T$

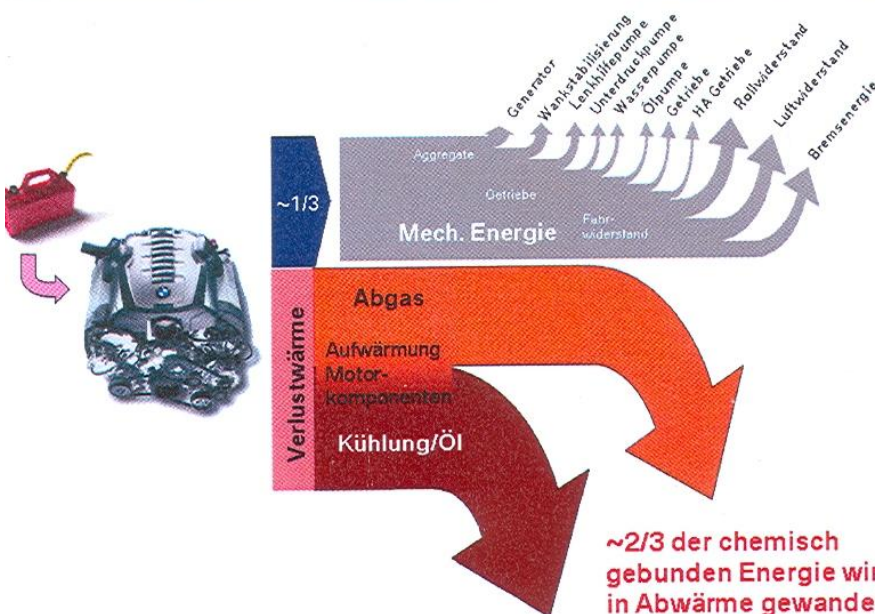
Der Wirkungsgrad eines thermoelektrischen Elements wird als Quotient der erzeugten elektrischen Leistung bezogen auf den zugeführten Wärmestrom angegeben:

$$\eta_{TE} = P_{el}/Q_{in}$$

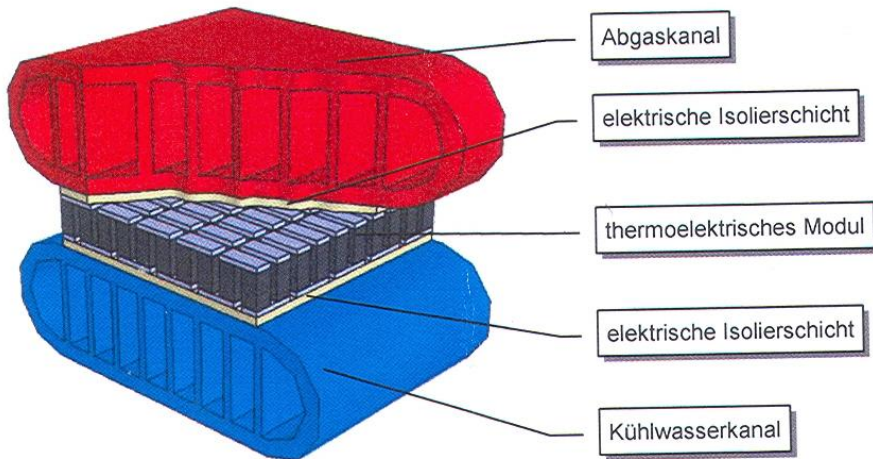
Leistungsfähige thermoelektrische Elemente

Die Entwicklung leistungsfähiger thermoelektrischer Materialien zielt darauf ab, die thermische Leitfähigkeit zu erniedrigen und gleichzeitig eine hohe elektrische Leitfähigkeit zu erreichen. Für den Temperaturbereich bis ca. 250° C sind Bi_2Te_3 -Legierungen, bis ca. 500° C $PbTe$ - und im hohen Temperaturbereich $SiGe$ -Legierungen besonders geeignet. Ergänzend dazu heißt es:

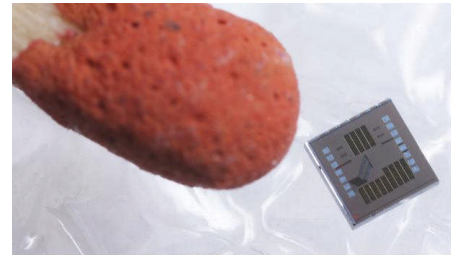
"Da die thermische Leitfähigkeit von Halbleitern vom Wärmetransport durch freie Ladungsträger (Löcher oder Elektronen) und von Photonen abhängt, wird versucht, durch geeignete Nanostrukturierung des Mate-



Energieflüsse nach der Verbrennung des Kraftstoffes.

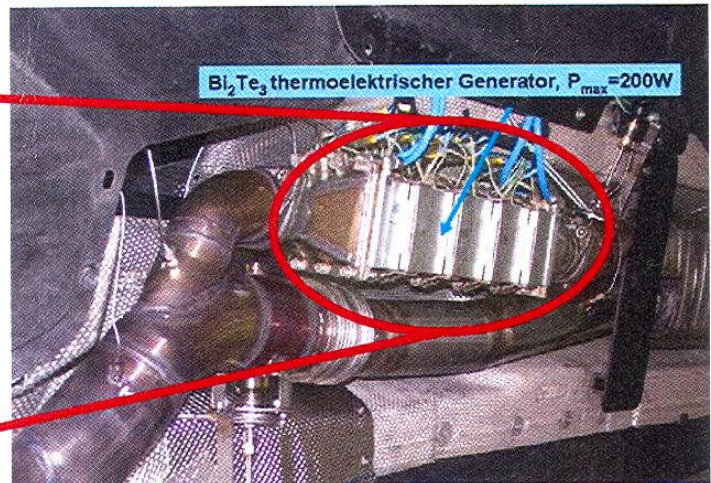
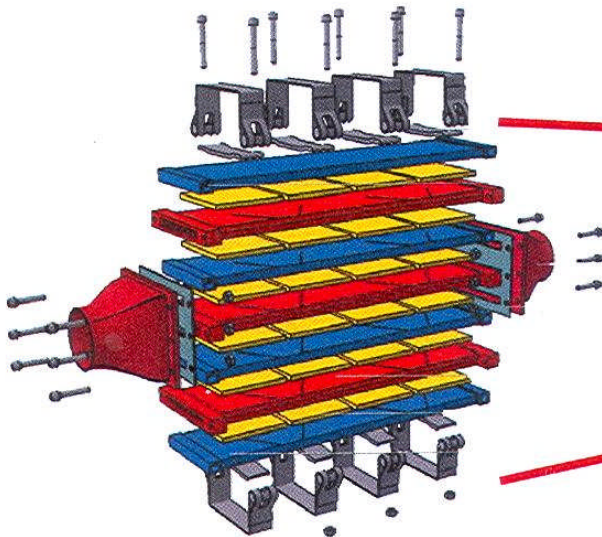


Mehrschichtiger Aufbau eines Thermoelektrischen Generators.



Miniatur-Thermochip setzt Körperwärme in Elektrizität um.

Ein 2 x 2 cm großer Thermogenerator liefert bei 2 Grad Temperaturunterschied zwischen Körperoberfläche und Umgebungsluft zusammen mit einem Spannungswandler-IC bis zu 4 Milliwatt. Ausreichende Energiequellen seien etwa auch Solarzellen



Aufbau und Einbau des thermoelektrischen Generators als Prototyp in einem BMW 535i.

rials sogenannte Streuzentren zu bilden, die die thermische Leitfähigkeit erniedrigen, ohne die elektrische zu beeinflussen."

Der TEG wird mehrschichtig aufgebaut. Der Prototyp, der in den BMW 535i eingebaut wurde, besteht aus drei Heißgas-Wärmetauschern sowie 24 Thermoelektronik-Modulen (Bi_2Te_3) und vier Kühlmittel-Wärmeübertragern.

Die Thermoelektrik-Module sind auf Dauer nur bis etwa 250° C belastbar. Mit gewissen Zusatzeinrichtungen wie gegen Überhitzung der Module und einen zu hohen Abgas-Gegendruck wurde bei einer Fahrgeschwindigkeit von 130 km/h eine TEG-Leistung von rund 200 W erreicht.

Durch Erhöhung einer "Materialkennzahl" (hier nicht erläutert) könn-

te ein künftiger TEG bei einer Geschwindigkeit von 100 bis 130 km/h den kompletten Bedarf des Bordnetzes von 600 bis 700 W decken, schreibt das Forschungsinstitut.

Gottfried Hilscher

Zusatzmeldung

"Körperwärme ersetzt Batterie", ist eine Mitteilung des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen ISS, Erlangen, überschrieben (www.iis.fraunhofer.de). Man habe einen weltweit einzigartigen Spannungswandler entwickelt, der mit minimalen Eingangsspannungen ab 20 mV arbeiten könne.

Kleinste aus der Umwelt gewonnene Energien genühten, um elektrische Kleinstverbraucher zu betreiben. Zum Beispiel mit Körperwärme.

bei geringer Beleuchtung oder Brennstoffzellen. Speise man gewonnene Energie über längere Zeit in eine Batterie ein, ließen sich auch größere Verbraucher wie MP3-Player oder PDA versorgen.

Der IC misst lediglich 1,5x1,5 mm und speist kommerzielle Elektronik wie Sensoren, drahtlose Funk-Sendeempfänger und Displays mit Spannungen bis beispielsweise 3,3 V. Je nach Last und Eingangsspannung liegt der Wirkungsgrad zwischen 30 und 80 %.

Kontaktadresse:

DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte,
Dr. Michael Schier,
Pfaffenwaldring 38-40
70569 Stuttgart
e-mail: MichaelSchier@dlr.de