



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt

Entwicklung fahrzeuggerechter Thermoelektrischer Generatoren (TEG)

Durch thermoelektrische Energiewandlung lassen sich bisher ungenutzte thermische Energieströme in elektrische Energie wandeln, wodurch ein entscheidender Beitrag zur Reduktion des CO₂-Ausstoßes von Kraftfahrzeugen geleistet werden kann. Trotz zunehmender Elektrifizierung der Fahrzeugantriebe ist zu erwarten, dass verbrennungsmotorisch betriebene Fahrzeuge bzw. Hybride noch über Jahrzehnte die Hauptlast im Personen- und Güterverkehr tragen werden. Vor dem Hintergrund steigender Primärenergiekosten sowie der Forderung nach der Reduktion des CO₂-Ausstoßes gewinnt die Energieeffizienz der Fahrzeugantriebe zunehmend an Bedeutung. In herkömmlichen Verbrennungsmotoren werden jedoch ca. 2/3 der im Kraftstoff enthaltenen Energie in Form von Abwärme ungenutzt an die Umgebung abgeführt.

Thermoelektrische Abwärmenutzung

Eine Möglichkeit der Wandlung dieser thermischen Energie in elektrische Energie beruht auf dem Seebeck-Effekt, welcher besagt, dass an einem elektrischen Leiter eine elektrische Spannung entsteht, wenn dieser einer Temperaturdifferenz ausgesetzt wird. Technisch umgesetzt wird dieser Effekt in Thermoelektrischen Generatoren (TEG). In dem speziellen Fall der Fahrzeuganwendung dient das Abgas eines Verbrennungsmotors als Wärmequelle und das Motorkühlwasser als Wärmesenke.

Vision - Der hocheffiziente Thermoelektrische Generator

Aktuelle prototypische TEG sind meist schwere, kraftschlüssig gespannte Systeme, deren Wirkungsgrad nur an einem stationären Betriebspunkt

maximale Werte annimmt. Unter Einsatz neuer Aufbautechnologien und innovativer Betriebsstrategien des Generators werden zukünftige TEG ein Maximum an Wirtschaftlichkeit und somit ein Höchstmaß an Effizienz darstellen können.

Mission - Innovative Konzepte für den TEG der Zukunft

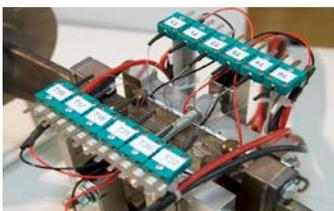
Am Institut für Fahrzeugkonzepte wird vor dem Hintergrund einer industrialisierbaren Fertigung eine hochintegrierte Aufbau- und Fertigungstechnologie entwickelt. Diese Bauweise, welche die inzwischen 3. Generation von fertigungsgerechten TEG darstellen wird, verspricht eine hohe Leistungsdichte, eine geringe Komplexität, sowie hohe Standzeiten infolge niedriger thermomechanischer Belastungen. Die gesamtsystemische Betrachtung der Integration eines TEGs in ein Kraftfahrzeug erlaubt zusätzlich eine Aussage über Wechselwirkungen mit anderen Fahrzeugteilsystemen. Hierdurch lassen sich Einflussgrößen definieren, welche bei der Auslegung Thermoelektrischer Generatoren entscheidende Kriterien darstellen. Dieses Know-How erlaubt auch für zukünftige Fahrzeugkonzepte, zum Beispiel Range Extender Fahrzeuge, die optimale Anpassung der TEG-Komponente an die zu erwartenden Randbedingungen. Durch die erfahrungsbasierte Reduktion der Iterationsschritte bei der Komponentenauslegung, können zeitnah Konzepte erstellt werden, von welchen sich Aussagen bezüglich der Systemrentabilität ableiten lassen.

In intensiver Zusammenarbeit mit anderen Instituten des DLRs wird zudem die Entwicklung hochtemperatur-tauglicher thermoelektrischer Module fokussiert. Zukünftig können hierdurch höhere Modulwirkungsgrade dargestellt werden.

Quelle:
DLR/FrankEppner



Aufbau eines fahrzeugechten thermo-
Elektrischen Moduls (TEM)



Prototypischer TEG mit integriertem
Phase Change Material (PCM)



Hybridfahrzeug als Versuchsträger
auf dem Allradrollenprüfstand

Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt

Institut für Fahrzeugkonzepte
Pfaffenwaldring 38-40
70569 Stuttgart

Dipl.-Ing. (FH) Martin Kober
Telefon: +49 711 6862-457
Telefax: +49 711 6862-570
martin.kober@dlr.de
www.DLR.de/fk



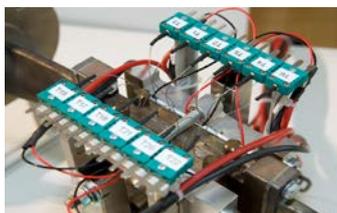
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt

Developing Thermoelectric Generators (TEG) for Vehicles

Thermoelectric energy conversion can transform previously unused thermal energy flows into electric energy, contributing significantly to reducing the CO₂ emissions produced by motor vehicles. Despite the increasing electrification of vehicle propulsion systems, vehicles powered by combustion engines and/or hybrids are expected to account for the majority of passenger and cargo transport for decades to come. Against a backdrop of rising primary energy costs and calls to reduce CO₂ emissions, the energy efficiency of vehicle propulsion systems is becoming more and more important. Traditional combustion engines however discharge approximately 2/3 of the energy contained in their fuel into the environment unused in the form of waste heat.



Construction of a thermoelectric module for vehicle application (TEM)



Prototypical thermoelectric generator with integrated phase change material (PCM)



Experimental hybrid vehicle on the institute's all-wheel roller test bench

operating point. Cutting-edge technologies in generator design and operation will enable future TEGs to achieve maximum cost effectiveness and thus maximum efficiency.

TEG of the future

The Institute of Vehicle Concepts is developing a highly integrated construction and manufacturing technology suitable for industrial-scale production. This design, which will represent the now third generation of production-oriented TEGs, promises high power density, low complexity, and a long service life due to low thermomechanical loads.

Comprehensive consideration of the integration of TEGs into motor vehicles additionally allows conclusions to be derived regarding interactions with other vehicle subsystems, permitting the definition of parameters that represent decisive criteria for designing thermoelectric generators.

This expertise will also allow TEG components to be optimally adapted to the projected boundary conditions in future vehicle concepts, such as range extenders. Reducing iterations in component design based on experience will facilitate rapid drafting of concepts from which statements regarding cost effectiveness can be derived.

An intensive cooperation with other DLR institutes is additionally focusing on developing high-temperature capable thermoelectric modules that will enable higher module efficiency in the future

Thermoelectrical utilisation of waste heat

One way of converting this thermal energy into electrical energy is based on the Seebeck effect, which states that an electric voltage will arise in a conductor if it is subjected to a temperature difference. This effect is technically implemented in Thermoelectric Generators (TEG). In the specific case of vehicle applications, the exhaust gasses of a combustion engine serve as the heat source and the motor coolant as a heat sink.

Vision – the highly efficient thermoelectric generator

Current prototypical TEGs are usually heavy, pressure-fit systems that only reach maximum efficiency at a stationary