

Elektrische Bordenergie aus nieder-temperierter Abgaswärme

G. Kaiser^a, M. Kuhn^a, G. Schröder^a, T. Schildbach^a, J. Klier^a, S. Ott^b

^a Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH, Bertolt-Brecht-Allee 20, 01309 Dresden

^b FOX Autotechnik GmbH, Eibenstocker Str. 39f, 08349 Johanngeorgenstadt

Erdöl wird rar, damit teurer und somit auch Benzin und Diesel. Letztere stellen zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Grundlage unserer Mobilität dar. Seit der Explosion der Ölbohrplattform Deepwater Horizon ¹ und ihren katastrophalen Folgen ist klar, dass Kosten und Risiko der Ölförderung weiter zunehmen und Folgeschäden an Mensch und Natur unvermeidbar sind. Doch ungeachtet der Knappheit der Ressource Erdöl werden selbst in modernen Kraftfahrzeugen zwei Drittel der eingesetzten Energie aus dem Kraftstoff als Abwärme nutzlos an die Umgebung abgegeben. Um Benzin und Diesel im Verkehr effizienter nutzen zu können, werden große Anstrengungen unternommen einen Teil der Energie aus der Abwärme zurückzugewinnen.

BMW nutzt einen so genannten thermoelektrischen Generator, der nach dem inversen Peltier-Effekt arbeitet. Allerdings kann auf diese Weise zurzeit nur ein bis zwei Prozent der Abwärme in Strom umgewandelt werden, so dass die Wissenschaftler gegenwärtig an neuen Legierungen für die Peltier-Technik forschen. Das Ziel liegt bei sechs Prozent ². Mit einem anderen Prinzip, das der Dampfmaschine ähnlich ist, arbeitet die Firma Amovis. Hier wird mit der Abgaswärme ein Arbeitsstoff verdampft. Dadurch steigt der Druck soweit, dass eine Kolbenmaschine damit angetrieben werden kann ³. Relativ neu ist die Nutzung von Shape Memory Alloys, zu Deutsch Formgedächtnislegierungen, auf diesem Gebiet. Forscher bei General Motors versuchen derzeit, den Effekt der Formänderung als Folge einer Temperaturdifferenz in einem Generator umzusetzen ⁴.

Auch die sächsische Firma FOX Autotechnik GmbH ⁵ entwickelt in Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut ILK Dresden ⁶ neuartige Wärmekraftmaschinen, die einen Teil der Abgaswärme zurück gewinnen und in elektrische Energie umsetzen. Dabei werden, je nach zur Verfügung stehender Abgastemperatur, zwei unterschiedliche Konzepte verfolgt. Den ersten Entwicklungsschritt stellte eine Stirling-ähnliche Anlage dar, die nach dem Prinzip eines völlig neuartigen Pulse-Tube-Kreisprozesses funktioniert ⁷. Der Vorteil solcher Wärmekraftmaschinen besteht darin, dass alle bewegten Maschinenelemente auf Umgebungstemperaturniveau (kalter Abtrieb) sind und der Hochtemperaturteil ein rein passives System darstellt, in dem ausschließlich Gasströme fließen.

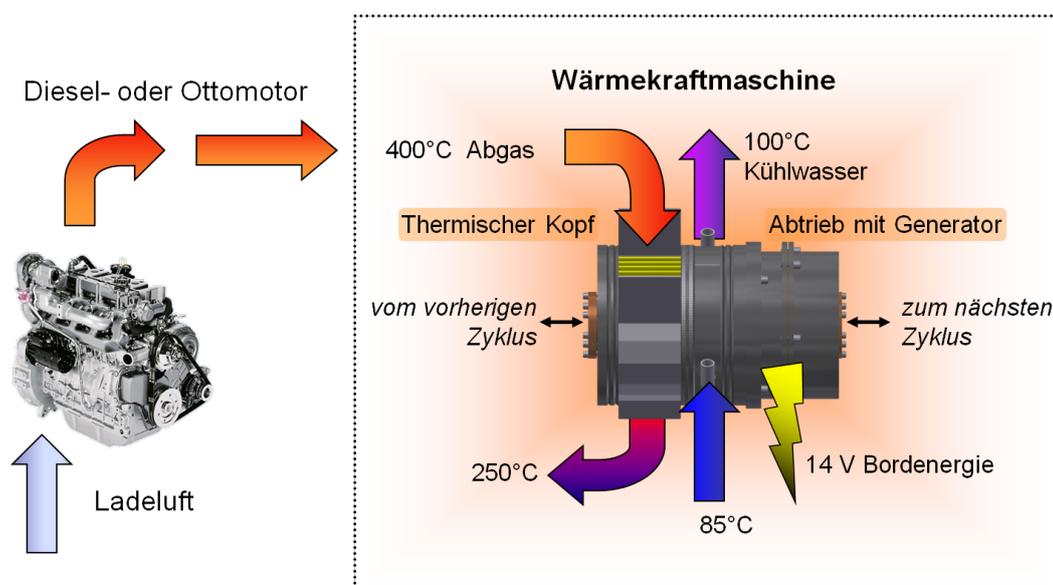


Abbildung 1: Konzept und Prinzip der Wärmekraftmaschine

¹ http://de.wikipedia.org/wiki/Ölkatastrophe_im_Golf_von_Mexiko_2010

² www.atzonline.de/Aktuell/Nachrichten/1/10688/BMW-Bis-zu-1000-Watt-per-Thermoelektrik-moeglich.html

³ www.amovis.de/de/kompetenzen.htm

⁴ www.gm.com/experience/technology/news/2009/coolheat_102709.jsp

⁵ www.fox-sportauspuff.de

⁶ www.ilkdresden.de

⁷ www.ilkdresden.de/fileadmin/user_upload/img_projekte/00_Kryotechnik/Waermekraftmaschinen/Publikation_Fox_ILK_DE.pdf

In einem zweiten, hier beschriebenen Entwicklungsschritt entsteht eine Maschine, welche auch Abgasabwärme bei einem Temperaturniveau von nur noch 400°C (und darunter), bspw. von Dieselmotoren verwenden kann (siehe Abbildung 1). Dazu wird ein spezielles neuartiges und zum Patent angemeldetes Stirling-Prinzip angewendet, welches auf der Basis eines Phasenübergangs des Arbeitsstoffs funktioniert.

Die spezielle Maschine funktioniert nach einem 3-zyklischen Alpha-Stirling-Prinzip⁸ mit einem Arbeitsstoff, welcher im kalten Bereich als überkritisches Fluid, im heißen Teil als überhitzter Dampf vorliegt. Abbildung 2 zeigt die Wärmekraftmaschine im zusammengebauten Zustand, mit liegendem thermischen Kopf und Generator.

Parameter	Prototyp
Benötigte Antriebstemperatur (Abgas)	300 bis 500 °C
Kühlwassertemperatur	85 bis 110 °C
Benötigte Abgaswärmeleistung	15 kW (bei 400 °C)
Elektrische Leistung	2 kW (bei 400 °C)
Arbeitsfrequenz	260 Hz
Arbeitsmedium	Propan
Mitteldruck	30 bar

Tabelle 1: Technische Daten des zukünftigen Prototyps



Abbildung 2: Wärmekraftmaschine, montiert

Die Innovation zeichnet sich durch folgende vorteilhafte Eigenschaften aus:

1. Die Anwendung eines Membran- Generatorantriebs führt zu einem wartungsfreien System mit hoher Zuverlässigkeit. Die Energieabnahme geschieht rein elektrisch.
2. Durch die hohe volumetrische Leistungsdichte des neuartigen Kreisprozesses und des speziellen Arbeitsstoffs zeichnet sich die Maschine durch eine hohe Kompaktheit aus, welche die einfache Integration in ein bestehendes Abgassystem (Add-On) ermöglicht. Das Gewicht des Erprobungsmusters beträgt 36 kg und soll beim zukünftigen Prototypen reduziert werden.
3. Die prognostizierte Einsparung an Dieselmotorkraftstoff für den Vollastfall lässt sich mit 5 % beziffern. Im Teillastfall können durch die Entlastung der Lichtmaschine des Antriebsmotors bis zu 15 % Kraftstoff-Einsparung erwartet werden.
4. Durch die relativ geringe Erhitzertemperatur von 200 bis 500°C können aus dem Abgas bis zu 40 % der darin enthaltenen Wärme zurück gewonnen werden. Für die Anwendung im PKW liegt der Gesamtwirkungsgrad (Elektroenergie zu Abgaswärme) bei ca. 10 %. Im größeren Leistungsbereich, wie beispielsweise in der Anwendung bei LKW-Motoren, Schiffsdieseln oder in der Schienenfahrzeugtechnik sind Wirkungsgrade bis 30 % möglich.



Abbildung 3: Integration der Wärmekraftmaschine in den Abgasstrang

Tabelle 1 zeigt die technischen Daten des Funktionsmusters. Abbildung 3 zeigt die Integration in den Abgasstrang, zur besseren Sichtbarkeit ohne Isolation der Abgaszuführung. Das Kühlwasser wird über flexible Schläuche angeschlossen.

Mit Abschluss des Projektes steht die Basis für eine Wärmekraftmaschine zur Verfügung, mit der sich die knappere Ressource Erdöl im Kraftfahrzeug effektiver ausnutzen lässt. Der kompakte Aufbau und wartungsfreie Betrieb sind optimale Voraussetzung für ein zukünftiges Serienprodukt. Die zu erzielende elektrische Leistung beim Erprobungsmuster beträgt 500 W.

Die Autoren danken Thomas Jande, Steffen Richter und Ulrich Zerweck vom ILK Dresden für die tatkräftige Unterstützung beim Aufbau und bei den experimentellen Untersuchungen am Erprobungsmuster.

⁸ http://de.wikipedia.org/wiki/Stirlingmotor#Stirlingmotor.2C_Alpha-Konfiguration