



FINAL REPORT

1291 | 2022 – Frankfurt am Main

Beeinflussung Wandwärme Ottomotor Influencing Wall Heat Losses in SI Engines

Beeinflussung der Wandwärmeverluste des Ottomotors mittels Beschichtung
in Kombination mit Miller-Brennverfahren

Influencing the wall heat losses of the SI engine by coatings
in combination with Miller combustion process



Beeinflussung Wandwärme Ottomotor

Influencing Wall Heat Losses in SI Engines

Beeinflussung der Wandwärmeverluste des Ottomotors mittels Beschichtung
in Kombination mit Miller-Brennverfahren

Influencing the wall heat losses of the SI engine by coatings
in combination with Miller combustion process

Beeinflussung Wandwärme Ottomotor

Vorhaben Nr. 1349

Beeinflussung der Wandwärmeverluste des Ottomotors mittels Beschichtung in Kombination mit Miller-Brennverfahren

Abschlussbericht

Kurzfassung:

Die Steigerung des Wirkungsgrads moderner Ottomotoren ist ein Hauptschwerpunkt der heutigen Motorenentwicklung. Zu den Prozessverlusten des Motors tragen in erster Linie die Wandwärmeverluste bei. Sogenannte "Temperature Swing"-Beschichtungen an den Brennraumwänden sollen dafür sorgen, dass sich die Oberflächentemperaturen dem Verlauf der Gastemperaturen annähern. Diese Art der Beschichtung zeichnet sich durch eine geringe Wärmeleitfähigkeit und eine niedrige Wärmekapazität aus. Durch die Angleichung der Oberflächentemperaturen soll der Wandwärmeübergang zu jedem Zeitpunkt des Motorzyklus reduziert werden.

Im vorliegenden FVV Forschungsprojekt wurde das Wirkungsgradpotenzial einer Yttrium-stabilisierten Zirkoniumoxid (YSZ)-Beschichtung auf der Kolbenoberfläche in Ottomotoren untersucht. Durch Optimierung des Beschichtungsprozesses und Erhöhung der Porosität konnte die mittlere Wärmeleitfähigkeit auf 0,7 W/(mK) reduziert werden. Der Einfluss der thermischen Kolbenbeschichtung auf den Verbrennungsprozess zeigte sich in 3D-CFD-Simulationen des Motorenzyklus in einer Erhöhung der Klopfneigung, die ein Rückzug des Zündzeitpunkts um 0,75 °kW erforderlich macht. Darüber hinaus wurde anhand von 3D-CFD Simulationen ein thermisches Beschichtungsmodell für die Motorprozesssimulation entwickelt. Das thermische Beschichtungsmodell zeigte eine sehr gute Vorhersagekraft hinsichtlich der Reduzierung der Wandwärmeverluste und wurde für verschiedene Sensitivitätsstudien verwendet. Die Potenziale zur Steigerung des effektiven Wirkungsgrades lagen auf einem relativ niedrigen Niveau von 0,2...0,3 %. Experimentelle Untersuchungen mit einem Einzylindermotor bestätigten den geringen Einfluss der Beschichtung auf den Wirkungsgrad, der nur schwer zu identifizieren war. Insgesamt kam es jedoch zu einer leichten Erhöhung der Stickoxidemissionen sowie zu einer Erhöhung der Abgastemperatur um 4 K, so dass von einer erhöhten Prozesstemperatur im Brennraum ausgegangen werden kann. Zusammen mit einer Verringerung der HC-Emissionen ist eine Steigerung des Wirkungsgrades zu erwarten. Dies steht jedoch im Gegensatz zur dynamischen Messung der Kolbentemperaturen, die im beschichteten Fall eine Erhöhung der Strukturtemperaturen um 2 K ergab.

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist erreicht worden.

Laufzeit:	01.01.2019 – 31.12.2021
Fördergeber:	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz / Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen e. V. (BMWK/AiF) Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e. V. (FVV)
Fördernummer(n):	IGF 20347 BG FVV 601349
Forschungsstelle(n):	Lehrstuhl für Thermodynamik mobiler Energiewandlungssysteme (tme), RWTH Aachen University Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Pischinger Institut für Mobile Systeme (IMS), Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg Leiter: Prof. Dr.-Ing. Hermann Rottengruber Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK), Werkstoffstruktur und -eigenschaften (IEK-2), Forschungszentrum Jülich GmbH Leiter: Univ.-Prof. Dr. Ruth Schwaiger

Bearbeiter und Verfasser: Jens Achenbach, M.Sc. (tme)
Dr.-Ing. Marco Günther (tme)
Dipl.-Ing. Danny Weßling (IMS)
Dr. Torsten Fischer (FZ-Jülich, IEK-2)
Dr. Bernd Kuhn (FZ-Jülich, IEK-2)

Projektkoordination/projekt-
begleitender Ausschuss: Dr.-Ing. Thorsten Unger (Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG)

Vorsitzender wiss. Beirat: Dr.-Ing. Ekkehard Pott (Volkswagen AG)

Weitere Berichte zum
Forschungsvorhaben: R602 (2022)

Danksagung

Dieser Bericht ist das wissenschaftliche Ergebnis einer Forschungsaufgabe, die von der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen (FVV) e. V. gestellt und am Lehrstuhl für Thermodynamik mobiler Energiewandlungssysteme (tme) der RWTH Aachen University unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Pischinger und am Institut für Mobile Systeme (IMS) der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Hermann Rottengruber und am Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK), Werkstoffstruktur und -eigenschaften (IEK-2) des Forschungszentrums Jülichs GmbH unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. Ruth Schwaiger bearbeitet wurde.

Die FVV dankt den Professoren Pischinger, Rottengruber und Professorin Schwaiger und den wissenschaftlichen Bearbeitern Jens Achenbach, M.Sc. (tme) und Dipl.-Ing. Danny Weßling (IMS) und Dr.-Ing. Torsten Fischer (IEK-2) für die Durchführung des Vorhabens sowie der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) e. V. für die finanzielle Förderung. Das Vorhaben wurde von einem Arbeitskreis der FVV unter der Leitung von Dr.-Ing. Thorsten Unger (Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG) begleitet. Diesem projektbegleitenden Ausschuss gebührt unser Dank für die große Unterstützung.

Insbesondere danken wir den Firmen Tenneco GmbH für die Bereitstellung der Rohkolben und der BMW-Group für die Bereitstellung des Einzylinderforschungsmotors. Weiterer Dank geht an Professor Dr. Vaßen für die Beschichtungsentwicklung, sowie den Firmen Gamma Technologies GmbH und Convergent Science GmbH für die Bereitstellung akademischer Berechnungslizenzen. Die 3D-CFD Simulationen wurden durchgeführt mit Ressourcen bereitgestellt von der RWTH Aachen University unter dem Projekt rwth0586.

Das Forschungsvorhaben wurde im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF-Nr. 20347 BG) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) e. V. aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Des Weiteren wurde es von Eigenmitteln (Fördernummer 601349) der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen (FVV) e. V. finanziell gefördert.

Gefördert durch:

