

## **Auf der Suche nach dem nächsten Gramm. BMW EfficientDynamics geht weiter. Abwärme bietet das größte Potenzial für die Zukunft.**

**München.** Selbst ein sehr effizient arbeitender Verbrennungsmotor kann nur rund ein Drittel der Energie, die im Kraftstoff steckt, in mechanische Arbeit zur Fortbewegung umsetzen. BMW EfficientDynamics hat hier über die vergangenen Jahre einen großen Effizienzsprung bewirkt, beispielsweise durch Technologien wie der Direkteinspritzung, variabler Ventilsteuerung oder Abgasturboaufladung, Bremsenergierückgewinnung oder Auto-Start-Stopp Funktion. Rund 60 Prozent der generierten Energie gehen allerdings je zur Hälfte als Abwärme im Abgas und im Kühlwasser verloren. Diese Abwärme zu nutzen, ist einer der größten Stellhebel von BMW EfficientDynamics für die Zukunft. Deshalb arbeitet die BMW Group in mehreren Projekten, die unterschiedliche Ansatzpunkte verfolgen, in Forschung, Vor- und Serienentwicklung an der Nutzung dieser Abwärme. Dazu gehören beispielsweise die Themen Turbosteamer, Thermoelektrischer Generator, Motorkapselung oder auch ein Abgaswärmetauscher zur Ölheizung.

Die Projekte „Turbosteamer“ und „Thermoelektrischer Generator (TEG)“ verfolgen dabei, auf unterschiedlichem Weg und mit unterschiedlichem Zeithorizont, den Ansatz, aus der Abwärme elektrischen Strom zu generieren und so eine weitere Verbesserung des Antriebswirkungsgrades zu erreichen. Denn wenn die an Bord eines Fahrzeugs benötigte elektrische Energie nicht über den Generator erzeugt werden muss, sondern direkt aus der Abwärme gewonnen werden kann, bietet dies erhebliches Spritsparpotenzial. Ein weiterer Meilenstein in der Philosophie von BMW EfficientDynamics, weniger Emissionen und Verbrauch bei gleichzeitig mehr Dynamik und Leistungsfähigkeit zu erreichen.

### **BMW Turbosteamer – Vorbild Kraftwerk.**

In dem Projekt „Turbosteamer“ arbeiten die Spezialisten der BMW Group Forschung und Technik an einem Abwärmennutzungssystem, welches auf dem Prinzip eines Dampfprozesses basiert.

Der Ansatz, aus Verlustwärme Energie zurückzugewinnen, wurde im großen Maßstab bereits mit Erfolg in Kraftwerken umgesetzt: Moderne Gas- und Dampfkraftwerke kombinieren die Prinzipien einer Gasturbine sowie eines Dampfkreislaufs und erreichen mit dieser Kombination signifikant höhere Wirkungsgrade. Der Gasturbinenprozess als erste Energiewandlungsstufe dient dabei als Wärmequelle für den nachgeschalteten Dampfprozess, der als zweite Stufe fungiert.

## Presse-Information

Datum 24.08.2011

Thema Auf der Suche nach dem nächsten Gramm.

Seite 2

Mit dem Turbosteamer wird dieses Prinzip der zweistufigen Energiewandlung von der Stationäranwendung auf den automobilen Einsatz übertragen.

**Die erste Generation des Turbosteamers – ein Maximalansatz.**

In der ersten Generation, die der Öffentlichkeit im Dezember 2005 vorgestellt wurde, wiesen die Forscher die grundsätzliche Machbarkeit mit einem Maximalansatz nach: Dafür legten sie das System auf zwei Kreisläufe aus. Primärer Energielieferant war ein Hochtemperaturkreislauf, der über Wärmetauscher die Abgaswärme des Verbrennungsmotors als Energiequelle nutzte. Zusätzlich hierzu wurden die Kühlwasserwärme des Verbrennungsmotors sowie die Restwärme des Hochtemperaturkreislaufs in einen Niedertemperaturkreislauf eingekoppelt.

Mit diesem Maximalansatz konnte am Prüfstand auf Basis des damals aktuellen BMW Vierzylinder-Ottomotors eine Zusatzleistung von bis zu 15 Prozent für das kombinierte Antriebssystems nachgewiesen werden.

**Turbosteamer heute: kleiner und einfacher.**

Um das Konzept in Richtung Serientauglichkeit weiterzuentwickeln, konzentrieren sich die Aktivitäten seitdem auf die Verkleinerung der Komponenten und die Vereinfachung des Systems zur Verbesserung der Systemdynamik sowie auf ein optimiertes Kosten-Nutzen-Verhältnis. Dazu fokussieren die Forscher auf die Nutzung der Abgaswärme in einem einzigen Hochtemperaturkreislauf.

„Über einen Wärmetauscher wird dem Abgas Wärme entzogen, wodurch ein zuvor auf Druck gebrachtes flüssiges Arbeitsmedium verdampft. Dieser Dampf treibt eine Expansionsmaschine an, die aus der zurückgewonnenen thermischen Energie elektrische Energie erzeugt.“, erklärt Jürgen Ringler, Gruppenleiter Thermische Energiewandler bei der BMW Group Forschung und Technik. Für die neueste Generation des Turbosteamers entwickelten die Ingenieure eine innovative Expansionsmaschine, basierend auf dem Prinzip der Gleichdruckturbine, welche bezüglich Kosten, Gewicht und Bauraum für eine Industrialisierung deutliche Vorteile im Vergleich zu den bisherigen Konzepten bringt.

„Damit sind wir dem damals formulierten Ziel, innerhalb von ungefähr zehn Jahren ein serientaugliches System zu entwickeln, einen großen Schritt näher gekommen. Dieses System wird dann nur noch zehn bis 15 kg auf die Waage bringen und in der Lage sein, die Bordstromversorgung des Fahrzeugs während Fahrten auf Landstraßen und Autobahnen komplett abzudecken.“ so Ringler weiter. Unter diesen Rahmenbedingungen sehen die Entwickler im Kundenbetrieb auf der Langstrecke ein Potential zur Verbrauchsreduzierung von bis zu zehn Prozent.

## Presse-Information

Datum 24.08.2011

Thema Auf der Suche nach dem nächsten Gramm.

Seite 3

**Erstmalige Integration des Systems als Mock-up in einer BMW 5er Limousine.**

Die auf dem Prüfstand entwickelten Systemkomponenten sind bereits heute geometrisch ins Fahrzeug integrierbar. Beweis dafür ist die erstmalige Darstellung des Kreislaufs als Mock-up in einer BMW 5er Limousine.

**Thermoelektrischer Generator.**

Auch das Projekt Thermoelektrischer Generator hat schon mehrere Entwicklungsstufen hinter sich, die den Weg zur Serieneinführung ebnen. Zunächst unterschieden sich die beiden bereits vorentwickelten Systeme im Einbauort – Abgasanlage bzw. Abgasrückführung. Die neueste Entwicklungsstufe für den Einbau in die Abgasanlage erreicht einen nächsten Sprung im Wirkungsgrad durch weitere Verbesserungen, vor allem hinsichtlich Gewicht und Bauraum.

**Strom aus Abwärme – eine Lösung aus der Raumfahrt.**

Der thermoelektrische Generator wandelt Wärme direkt in elektrischen Strom um. Dabei orientieren sich die Ingenieure der BMW Group an einer Technologie, die von der US-amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA schon seit etwa vier Jahrzehnten zur Stromerzeugung in Raumsonden genutzt wird. Bei dieser thermoelektrischen Stromgewinnung macht man sich den Effekt zu Nutze, dass in thermoelektrischen Halbleiterelementen bei einem Temperaturgefälle eine elektrische Spannung entsteht (Seebeck-Effekt). Weil der Wirkungsgrad dieser thermoelektrischen Generatoren (TEG) noch bis vor einigen Jahren nur wenige Prozent betrug, waren diese für den Einsatz im Automobilbereich ungeeignet. In den letzten Jahren hat die Material- und Werkstoffforschung jedoch große Fortschritte erzielt, wodurch die Leistungsfähigkeit solcher Module erheblich gestiegen ist.

**Ein Prinzip – drei Generationen.**

Zunächst integrierten die Ingenieure einen thermoelektrischen Generator für die Stromgewinnung in den Abgasstrang. Im ersten System, das 2008 der Öffentlichkeit gezeigt wurde, war die mit dem System erzeugbare elektrische Leistung mit maximal 200 Watt noch gering. Die Materialforschung und die Weiterentwicklung hinsichtlich des Gewichts und der Optimierung des Einbaus führen aber zu rasanten Fortschritten, so ist die neueste Generation TEG in der Abgasanlage mittlerweile nachgewiesen in der Lage 600 Watt zu erzeugen und das ursprünglich hoch gesteckte Ziel, bis zu 1.000 Watt zu erzeugen, rückt in greifbare Nähe. Der aktuelle Prototyp – ein BMW X6 – entstand im Rahmen eines vom amerikanischen Department of Energy geförderten Entwicklungsprojekts.

Daneben zeigte die BMW Group 2009 eine alternative Entwicklungsstufe dieses Projekts. Im Gegensatz zur alleinstehenden Unterbodenlösung, wird der TEG

## Presse-Information

Datum 24.08.2011

Thema Auf der Suche nach dem nächsten Gramm.

Seite 4

hier als Bauteil im Kühler der Abgasrückführung integriert. In dieser Entwicklungsstufe sorgt der TEG im Kundenbetrieb für eine Energiegewinnung von bis zu 250 Watt und ermöglicht damit bereits einen CO2- bzw. Verbrauchsvorteil von bis zu zwei Prozent.

Außerdem bietet dieses Energierückgewinnungssystem zusätzliche Effekte: beispielsweise die Versorgung des Motors oder der Heizung mit zusätzlicher Wärme beim Kaltstart. Der thermoelektrische Generator ist eine ideale Ergänzung zur BMW EfficientDynamics Bremsenergie-Rückgewinnung. Denn während diese im Schubbetrieb und beim Bremsen für Energierückgewinnung sorgt, spielt der TEG seine Vorteile dann aus, wenn es am meisten Spaß macht – nämlich beim Gas geben. Zukünftig lassen sich so mit thermoelektrischen Generatoren im realen Kundenbetrieb insgesamt Verbrauchsvorteile von bis zu 5 % erzielen.

**Die ideale Kombination: Wärmemanagement und BMW EfficientDynamics.**

Während einige Maßnahmen von BMW EfficientDynamics, wie die Bremsenergierückgewinnung oder die Auto-Start-Stop-Funktion, für Verbrauchsvorteile beim Bremsen oder während längerer Standphasen sorgen, ist durch intelligentes Wärmemanagement eine Verbrauchssenkung nun auch während der Fahrt möglich. So hat in Zukunft bereits vor Fahrtbeginn die Isolierung des Motorraums die Temperatur des Antriebsstrangs größtenteils aufrecht erhalten, so dass die Kaltstartphase deutlich kürzer ausfällt. Ein Abgaswärmetauscher trägt durch die Erwärmung des Getriebeöls zusätzlich zur Reibungsminimierung und damit zu weniger Kraftstoffverbrauch bei. Ein TEG oder Turbosteamer stellt die vom Bordnetz benötigte elektrische Energie zur Verfügung und spielt seine Vorteile dann aus, wenn es am meisten Spaß macht – beim Fahren.

Je nach Kontext und Fahrprofi bietet das Wärmemanagement unterschiedliche Lösungsansätze. Sowohl auf Kurzstrecken wie auf Langstrecken sorgen unterschiedliche Maßnahmen für eine Verbrauchssenkung. So kommen die Isolierung des Motorraums, die Erwärmung des Getriebeöls durch einen Abgaswärmetauscher bei Ottomotoren oder die Heizfunktion des Abgaswärmetauschers bei Dieselmotoren vorwiegend bei Kurzstrecken zum Zug. Auf längeren Fahrten bringen Thermoelektrischer Generator oder Turbosteamer ihren Beitrag. Synergieeffekte nutzend, wird Wärmemanagement auch in Zukunft bedeutend zur CO2-Reduzierung beitragen.

## Presse-Information

Datum 24.08.2011

Thema Auf der Suche nach dem nächsten Gramm.

Seite 5

Bitte wenden Sie sich bei Rückfragen an:

**Technologiekommunikation**

Katharina Singer, Pressesprecherin für Forschung und Entwicklung

[Katharina.Singer@bmw.de](mailto:Katharina.Singer@bmw.de)

Telephone: +49 89-382-11491, Fax: +49 89-382-28567

Ralph Huber, Leiter Technologiekommunikation

[Ralph.Huber@bmw.de](mailto:Ralph.Huber@bmw.de)

Telephone: +49 89-382-68778, Fax: +49 89-382-28567

Internet: [www.press.bmwgroup.com](http://www.press.bmwgroup.com)

E-mail: [presse@bmw.de](mailto:presse@bmw.de)

**Die BMW Group**

Die BMW Group ist mit ihren drei Marken BMW, MINI und Rolls-Royce einer der weltweit erfolgreichsten Premium-Hersteller von Automobilen und Motorrädern. Als internationaler Konzern betreibt das Unternehmen 24 Produktionsstätten in 13 Ländern sowie ein globales Vertriebsnetzwerk mit Vertretungen in über 140 Ländern.

Im Geschäftsjahr 2010 erzielte die BMW Group einen weltweiten Absatz von 1,46 Millionen Automobilen und über 110.000 Motorrädern. Das Ergebnis vor Steuern belief sich auf rund 4,8 Mrd. Euro, der Umsatz auf 60,5 Milliarden Euro. Zum 31. Dezember 2010 beschäftigte das Unternehmen weltweit rund 95.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Seit jeher sind langfristiges Denken und verantwortungsvolles Handeln die Grundlage des wirtschaftlichen Erfolges der BMW Group. Das Unternehmen hat ökologische und soziale Nachhaltigkeit entlang der gesamten Wertschöpfungskette, umfassende Produktverantwortung sowie ein klares Bekenntnis zur Schonung von Ressourcen fest in seiner Strategie verankert. Entsprechend ist die BMW Group seit sechs Jahren Branchenführer in den Dow Jones Sustainability Indizes.