

„Elektrifizierte“ Antriebe – Chancen und Herausforderungen in verschiedenen Fahrzeugkategorien

“Electrified Drives”: Opportunities and Challenges in the Various Vehicle Categories

Helmut Eichlseder



Helmut Eichlseder ist Leiter des
Instituts für Verbrennungskraftma-
schinen und Thermodynamik.

Seine Forschungsgebiete
umfassen motorische Brennver-
fahren, alternative Motorkonzepte
und Kraftstoffe, Energiemanage-
ment, Fahrzeugantriebssysteme
sowie umweltrelevante
Fragestellungen.

Helmut Eichlseder is head of the
Institute for Internal Combustion
Engines and Thermodynamics. His
research areas cover engine
combustion methods, alternative
engine concepts and fuels, energy
management, vehicle drive
systems and environmental issues.

Das Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik an der TU Graz forscht nicht nur an Verbrennungsmotoren unterschiedlichster Größe und Anwendung, sondern auch an der Elektrifizierung derartiger Antriebe: Diese Aktivitäten umfassen neben Pkw-Antrieben auch den Einsatz in Zweiradfahrzeugen sowie bei Nutzfahrzeugen und Off-Road-Maschinen und untersuchen deren Potenziale und Herausforderungen bei der Anwendung.

Die Hybridisierung von batterieelektrischen Fahrzeugen ist seit Beginn der Entwicklung von Elektrofahrzeugen vor mehr als 100 Jahren ein Thema. Bereits Ferdinand Porsche hat mit dem Lohner-Porsche Mixte 1902 einen seriellen Hybridantrieb entwickelt und in Serie gebracht, um die eingeschränkte Reichweite seines elektromotorisch angetriebenen Fahrzeuges zu vergrößern. Rein batterieelektrische Pkw (BEV Battery Electric Vehicles) spielen heute aus mehreren Gründen nur als Nischenlösung für innerstädtischen Verkehr eine (überschaubare) Rolle, der überwiegende Anteil von mehr als 99,9 % aller Pkw ist mit verbrennungsmotorischen Antrieben ausgestattet. Eine Kombination von Verbrennungs- und Elektromotoren zur Vermeidung der jeweiligen Schwächen wird mit Hybridantrieben angestrebt. Diese sind seit einigen Jahren und in unterschiedlichen Konfigurationen auf dem Markt und wurden mittlerweile weltweit etwa über sechs Millionen Mal verkauft.

Während der erforderliche Aufwand und die Potenziale der verschiedenen Konzepte hinsichtlich Verbrauch und Emissionen bei Pkw-Anwendungen ganz gut bekannt sind, sind geeignete Konfigurationen und Möglichkeiten bei Anwendung in anderen Segmenten noch nicht ausreichend untersucht.

Ausgehend von am Institut durchgeführten Forschungsprojekten, die sich im Rahmen von Diplom-

The Institute for Internal Combustion Engines and Thermodynamics at Graz University of Technology is not only engaged in the research of the working process of internal combustion engines (ICE) but also in the electrification of such drivetrains. These activities not only cover passenger car drivetrains, but also the implementation in two-wheeler vehicles, as well as commercial and off-road vehicles and their potentials and aspects regarding application.

The hybridization of battery-driven electric vehicles has been a research topic since the early days of the development of electric vehicles more than 100 years ago. In 1902 Ferdinand Porsche developed the Lohner-Porsche Mixte, a serial hybrid drive with hub-mounted electric motors, and began series production in order to enlarge the restricted range of its electrically driven vehicle. These days, purely battery-driven electric passenger vehicles (BEV) only play a minor role as niche solutions for inner-city traffic; 99.9 % of all passenger cars are equipped with ICE power trains.

Hybridization aims at a combination of combustion engines and electric motors to avoid their respective weaknesses. Such vehicles can be found in various configurations on the market with an actual share of 6 to 7 million of the worldwide vehicle fleet of about 1 billion. The necessary efforts and the potentials of different concepts regarding consumption and emissions are well known for passenger car applications, whereas for other segments appropriate concepts and possible implementations have not been thoroughly investigated yet.

Starting with research projects carried out at the Institute in the course of diploma and doctoral theses, which exemplarily cover the topics of the measurement and simulation of hybrid vehicles in actual city traffic¹, the investigation of hybrid strategies for pas-

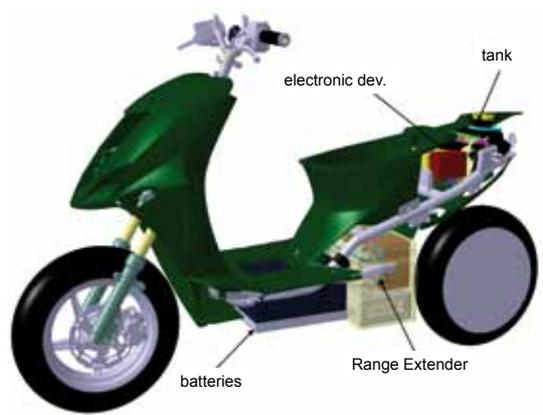


© fotolia.com

arbeiten und Dissertationen beispielsweise mit der Messung und Simulation von Hybridfahrzeugen im realen Stadtverkehr¹, der Untersuchung von Hybridstrategien für Pkw-Dieselmotoren^{2, 5} sowie der Methodik für den Vorentwicklungsprozess von teil-elektrifizierten dieselmotorischen Pkw-Antrieben³ beschäftigen, wird aktuell die Auslegung von Hybridkonzepten für Anwendungen im Zweiradbereich und bei Off-Road-Fahrzeugen in mehrjährigen Forschungsprojekten untersucht. Diese sollen im Folgenden kurz vorgestellt werden:

„Range Extender“-Konzept für Stadtscooter

Heute werden Stadtscooter überwiegend von kostengünstigen Zweitaktvergasermotoren angetrieben, die für die Erfüllung zukünftiger Abgasgrenzwerte in der derzeitigen Form nicht geeignet sind. Diese emissionsseitigen Anforderungen können entweder durch signifikante technologische Ertüchtigung an Zweitaktmotoren, deren Ersatz durch Viertaktmotoren oder batterieelektrische Antriebe erfüllt werden, die allesamt kostenintensiv sind.



senger car diesel engines^{2, 5}, and the methodology for the pre-development process of partly electric diesel passenger engine powertrains³, the layout of hybrid concepts for application in the two-wheeler and off-road sectors is being investigated in long-term research projects and will be presented here.

Range extender concept for inner city scooters

Nowadays the scooter market is dominated by low-cost two-stroke carbureted engines, which will not be able to fulfill the future exhaust emission

Abb. 1: Einbaustudie für einen Hybrid Scooter mit Range Extender⁴.

Fig. 1: Packaging study of the concept for a hybrid scooter with REX⁴.



© fotolia.com

ECO **powerdrive**

Im Rahmen des im COMET-Programm der FFG geförderten Projektes EcoPowerDrive wurde am Institut eine Bewertung unterschiedlicher Konzeptansätze durchgeführt, aus der eine Hybridvariante in serieller Konfiguration als vielversprechend hervorgeht.

Das in Abb. 1 dargestellte Konzept besteht aus einer Kombination eines Elektro-Scooters mit einer gegenüber einem Serienfahrzeug halbierten Batteriekapazität und einem „Range-Extender“, welcher im Bedarfsfall die Reichweite auf das Niveau einer konventionellen Verbrennungsmotorausführung erweitert. Diese Alternative ist in der Lage, Elektromobilität und damit lokale Emissionsfreiheit zu ermöglichen, ohne die bis dato immanente Reichweitenangst rein elektrischer Fahrzeuge zu verursachen. Die daraus resultierenden Anforderungen an den Verbrennungsmotor sind Kosten-, Gewichts- und Bauraumziele, die direkt aus dem zu 50 % entfallenden Batteriepaket resultieren.

Auf Basis einer Vielzahl ausgeführter Motorenkonzepte und Erfahrungen wurde wegen der einfachen und kompakten Konstruktion ein Zweitaktmotor mit Niederdruck-Direkteinspritzung gewählt und konzipiert. Dafür konnte konstruktiv eine Lösung in einem Standard-Scooter-Fahrgestell – unter Beibehaltung der äußeren Erscheinung eines konventionellen Scooters und unter Erhalt des Stauraumes (Helmfach) – gefunden werden.

Als Antriebsmotor wurde ein Radnabenmotor mit 2 kW effektiver Leistung definiert, der kurzzeitig 3 kW Antriebsleistung und damit recht ansprechende Fahrleistungen bereitstellen kann. Das simulatorisch ermittelte Verbrauchspotenzial von etwa 40 % im Normverbrauch ist sehr ermutigend und soll im Prototyp, der derzeit kurz vor der Fertigstellung steht, ermittelt bzw. verifiziert werden.⁴

regulations due to the lack of the requested durability of exhaust-gas after-treatment systems. These emission-related requirements can only be fulfilled using cost intensive methods, be they via significant technological improvement of two-stroke engines, their replacement by four-stroke engines, or their exchange with battery-driven electric powertrains.

The assessment of different conceptual approaches has resulted in a serial hybrid powertrain as one of the most promising solution.

The concept consists of a combination of an electric scooter with a halved battery size (in comparison to the series vehicle) and a range extender with the possibility, if necessary, to extend the range to the standard one of conventional ICE vehicles. This alternative is able to offer electro-mobility and thus local zero emissions without the immanent “range anxiety” usually caused by purely electric vehicles. The requirements on the ICE concerning cost, weight and packaging are directly derived from the battery size reduction of 50%.

On the basis of numerous engine concepts and experience, a two-stroke engine with low-pressure direct injection was chosen due to its simple and compact design. This concept along with the entire system layout represents an essential part of the sub-project HyScooter, embedded in the funded K-project “EcoPowerdrive”.

For this configuration, all system components could be integrated in a standard scooter chassis while maintaining the appearance of a conventional scooter and conserving the storage space (helmet case). The motor type was defined as hub motor with 2 kW of mechanical power output. For a short time a “boost function” up to 3k W is possible, thus increasing performance and driving fun. The simulated fuel reduction potential of about 40% in average consumption is promising, but naturally depends on the driving profile, which has to be verified in the nearly completed prototype.⁴



Hybridantriebssystem für Non-Road-Anwendungen

Mit den Emissionsstufen „Euro Stage IV“ bzw. „Tier 4“ tritt 2013/2014 eine Gesetzgebung in Kraft, welche eine effiziente Abgasnachbehandlung auch im Non-Road-Bereich, also bei fahrenden Arbeitsmaschinen wie Baumaschinen etc., unabdingbar macht. Die Hybridisierung kann ein geeignetes Mittel darstellen, um die bestehenden Zielkonflikte bzgl. Emissions- sowie Verbrauchsreduktion bei leistungsstarken Antrieben zu vermindern. Um bezüglich der Gesamtsystemkosten wettbewerbsfähig zu bleiben, ist jedoch eine Reduktion oder aber zumindest eine Vereinfachung des Motors oder der Abgasnachbehandlung erforderlich.

Wesentliches Ziel dieses mit dem Institut für Mechanik und Mechatronik der TU Wien und einem Baumaschinenhersteller durchgeführten und von der FFG geförderten Projektes „GPA Non Road – Hybridantriebsstrang für Off-Road Anwendungen“ ist eine Gesamtsystemoptimierung hinsichtlich Effizienz, Emissionen und Kosten. Damit die im Hybridantrieb vorhandenen Freiheitsgrade optimal genutzt werden können, ist ein Energiemanagement zu entwickeln. Ein wesentlicher Bestandteil ist dabei eine modellprädiktive zyklusbasierte Folgeregelung.

Damit das Gesamtkonzept allgemein auf Baumaschinen wie beispielsweise in Abb. 2 dargestellt anwendbar ist, müssen zunächst die an den Non-Road-Hybridantrieb gestellten Anforderungen vollständig bekannt sein. Daher werden zunächst Lastzyklen von verschiedenen Zielgeräten erhoben. Die Modellierung des Batteriemoduls sowie ein adaptives Energiemanagementsystem sollen die Gesamtsystemoptimierung erweitern. Zur Realisierung reproduzierbarer Prüfstandtests wird ein echtzeitfähiger Batteriesimulator eingesetzt. Durch den Aufbau des Hybridantriebs an einem Prüfstand mit Integration obiger Komponenten und eines Startergenerators (65 kW elektrisch) soll abschließend eine Konzeptabsicherung erfolgen. ■

Hybrid drivetrain for non-road applications

In the form of Euro Stage IV or Tier 4, an emission legislation comes into effect in 2013/2014 which enforces an efficient exhaust after-treatment in the non-road sector. The hybridization can be a convenient tool to advance the two tasks of emission and fuel consumption reduction and to enable an optimization between these two targets. To remain competitive with respect to the overall system costs, it is also necessary to reduce parts of the engine or the exhaust after-treatment or to at least simplify them.

The focal point of this project funded by Austrian Research Promotion Agency (FFG) and carried out with the Institute for Mechanics and Mechatronics/TU Wien and a non-road vehicle manufacturer is the exposition of a hybrid-propulsion-system for non-road application, including enhanced and alternative combustion concepts as well as the requirements of the market. The main goal will be an optimization with regard to efficiency, emissions and cost. To be able to generally apply the overall concept to construction vehicles, the demands on the non-road hybrid drive have to be fully known. Therefore, cycles of different target devices are being collected. An essential component of energy management is a model predictive cycle-based control sequence.

The development and the online-calibration of battery models are necessary to carry out reproducible tests at the engine test bed. A real-time battery simulator will be fundamental for the validation of the complete concept. The overall concept, developed and optimized within the project, should be the modeling of a battery-unit and of an adaptive energy-management-system and will enhance the optimization of the complete system. Finally, the hybrid drive will be built up on a test bed by integrating the above components and a starter-generator (65 kW) to ensure this concept. ■

Abb. 2: Antriebsstrang Non Road Fahrzeug.

Fig. 2: Drivetrain non-road vehicle.

Literatur/References

- ¹ Glauning Franz: Messung und Simulation von Hybridfahrzeugen im realen Stadtverkehr, Diplomarbeit, TU Graz/Institut f. Verbrennungskraftmaschinen & Thermodynamik, 2011.
- ² Wagner Andreas: Untersuchung von Hybridstrategien für Pkw-Dieselmotoren, Diplomarbeit, TU Graz/Institut f. Verbrennungskraftmaschinen & Thermodynamik, 2011.
- ³ Klima Bernd: Vorentwicklungsprozess „Teilelektrifizierung dieselmotorischer Kraftfahrzeug-Antriebsstränge“, Dissertation, TU Graz/Institut f. Verbrennungskraftmaschinen & Thermodynamik, 2012.
- ⁴ Kirchberger R., Schacht H-J., Eichlseder H.: Potenzial eines REX Konzeptes für Stadtscooter – eine Alternative zur rein elektrischen Mobilität? 33. Wiener Motorensymposium, 26 bis 27.04.2012 ISBN 978-3-18-374912-6.
- ⁵ Luz R., Hausberger S., et. al.: HERO: Optimisation tool for Hybrid Electric Recuperation and Operation Strategies; Projekt im Rahmen des Forschungs- und Technologieprogramms iv2splus; Endbericht 26.07.2011.