

HYCAR 1

Das erste Wasserstoff-Fahrzeug auf Österreichs Straßen

HYCAR 1

The First Hydrogen Car on the Austrian Road Network

Manfred Klell, Markus Sartory



Manfred Klell ist seit 1984 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik, seit 2005 Geschäftsführer und technischer Leiter der HyCentA Research GmbH, des ersten österreichischen Forschungszentrums für Wasserstoff. Fachgebiete: Angewandte Thermodynamik, Verbrennungskraftmaschinen.

Manfred Klell has been on the scientific staff of the Institute for Internal Combustion Engines and Thermodynamics since 1984, and CEO and technical director of HyCentA Research GmbH – the first Austrian research centre for hydrogen – since 2005. His special areas are applied thermodynamics and internal combustion engines.

Abb.: HYCAR 1:
Betankt wird mit Wasserstoff.
Fig.: HYCAR 1:
Fuelled with hydrogen.

In einem gemeinsamen Forschungsprojekt der Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik und des Hydrogen Center Austria wurde an der TU Graz das erste wasserstoffbetriebene Fahrzeug mit Verbrennungsmotor in Österreich aufgebaut. Das multivalente Fahrzeug kann außer mit Benzin prinzipiell auch mit Wasserstoff, mit Erdgas oder mit jeder beliebigen Mischung aus Erdgas und Wasserstoff im selben Gastanksystem betrieben werden und verbindet so innovativ gewohnte Funktionalität mit den Vorteilen CO₂-freier Wasserstoffanwendung.

Basierend auf der langjährigen Erfahrung von Helmut Eichlseder (Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik an der TU Graz) mit alternativen Kraftstoffen wie Wasserstoff, wurde ein konventioneller 4-Zylinder Ottomotor für den Betrieb mit Wasserstoff und beliebigen Gemischen aus Wasserstoff und Erdgas umgerüstet. Dazu waren Änderungen am Motor erforderlich, wie andere Injektoren, ein Saugrohr aus Aluminium und insbesondere die Adaptierung der elektronischen Motorsteuerung. Die Bedatung der Motorsteuerung wurde am Motorprüfstand für den Betrieb mit Wasserstoff und verschiedenen Gemischen mit Wasserstoff und Erdgas optimiert. Aufgrund der weiten Zündgrenzen von Wasserstoff ist ein wirkungsgradgünstiger Betrieb des Motors mit Luftüberschuss im gesamten Motorbetriebsbereich möglich. Dies mindert auch die Neigung zu Verbrennungsanomalien, verursacht aber bei äußerer Gemischbildung eine Reduktion des Leistungspotenzials. Während im Benzinbetrieb eine maximale Leistung von rund 120 kW bei 6000 min⁻¹ erzielt wird, erreicht der Motor im Wasserstoffbetrieb eine maximale Leistung von etwa 70 kW bei 5000 min⁻¹. Der Motor läuft dafür umweltfreundlich und emissionsarm. Die Emission von Stickoxiden ist durch den Magerbetrieb sehr gering, kohlenstoffbasierte Emissionen wie CO, CH und CO₂ treten im Was-

During a joint research project for Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik mbH and HyCentA Research GmbH, a hydrogen powered car with an internal combustion engine was built. The vehicle was constructed for multivalent operation with gasoline, natural gas and variable hydrogen/natural gas blends. With its innovative design, the car combines daily use suitability with CO₂-free hydrogen technology.

Based on the experience of Helmut Eichlseder from the Institute for Internal Combustion Engines and Thermodynamics in the field of alternative fuels, especially with hydrogen, a conventional 4-cylinder Otto cycle engine was converted to hydrogen and variable hydrogen/natural gas blends. Following this, necessary structural changes were made to the engine, like the installation of injectors suitable for hydrogen and an aluminium intake manifold. The calibration of the engine control unit was done on a dynamometer to optimize operation with hydrogen and hydrogen/natural gas blends. Due to the wide ignition limits of hydrogen, lean operation with high efficiencies in a wide operating range of the engine was achieved. High air/fuel ratios decrease the tendency of backfiring but also lower the full load potential in case of external mixture preparation. Whilst gasoline operation achieves maximum power of 120 kW at 6000 rpm, during hydrogen operation the engine reaches ~70 kW at 5000 rpm. For this reason the engine runs in an environmentally friendly way and with low emissions. Due to the lean operation the emissions of nitrogen oxides are very low, and carbon-based emissions such as CO, CH and CO₂ are nearly nonexistent.

At the HyCentA hydrogen is produced from electrolysis with water and electricity from hydropower plants. The HyCentA, Austria's first hydrogen research centre, under the direction of Manfred





Hycenta gas security system



System	Verbrauch	Tankdaten
o.k. Wasserstoff	Δm : 0.5 kg/h	p: 350 bar T: 20 °C
		m: 1.5 kg Δm : 0.5 kg/h

Abb.: Touchscreen und Hauptmenü, Fig.: Touchscreen with Main Menu



Markus Sartory ist seit 2007 wissenschaftlicher Projektmitarbeiter bei der HyCentA Research GmbH und beschäftigt sich im Rahmen seines Doktoratsstudiums mit Sicherheitssystemen und Regelwerken für Wasserstoffanwendungen.

Markus Sartory has been a research assistant at HyCentA Research GmbH since 2007 and is occupied with safety systems and regulations for hydrogen applications in the framework of his doctoral studies.

Literatur/References:

H. Eichlseder, M. Klell, K. Schaffer, D. Leitner, M. Sartory: *Potential of Synergies in a Vehicle for Variable Mixtures of CNG and Hydrogen*. SAE paper 2009-01-1420.

In: *Hydrogen IC Engines*, SP-2251, S. 19 – 28, SAE International (2009).

D. Leitner: *Einsatz von Wasserstoff-Erdgasgemischen im Ottomotor*. Diplomarbeit am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der Technischen Universität Graz (2008).

M. Klell, M. Sartory: *Standards und Sicherheitskonzepte für Fahrzeuge mit Gasbetrieb*. Beitrag zur vierten Tagung Gasfahrzeuge (Stuttgart, 2009).

serstoffbetrieb praktisch nicht auf. Am HyCentA wird der Wasserstoff regenerativ durch Elektrolyse von Wasser mit Strom aus Wasserkraft hergestellt. Auch die Adaption des Fahrzeugs wurde am HyCentA, der ersten österreichischen Forschungsstelle für Wasserstoff unter der Leitung von Manfred Klell, durchgeführt. Die wichtigste Änderung am Fahrzeug: Die originalen Druckgaszylinder wurden gegen Drucktanks, die bei Druckverhältnissen bis 350 bar für Wasserstoff, Erdgas sowie Gemische geeignet sind, ausgetauscht.

Ein am HyCentA entwickeltes elektronisches Gassicherheitsystem (ELGASS) überwacht während der Fahrt alle wesentlichen Betriebsparameter des Gassystems und zeigt diese über einen Bildschirm an (vgl. Abbildung oben). Außerdem regelt es die Aktivierung bzw. Desaktivierung des gesamten Gassystems. Folgende Funktionen sind implementiert:

- Messdatenerfassung und -verarbeitung in Echtzeit
- Füllstandsberechnung für die Gastanks
- Leckageüberwachung über Massenbilanz, Druckgradienten und Gasdetektoren
- Umschaltung zwischen Gas-/Benzinbetrieb
- Visualisierung des Systemstatus
- Elektronisches Fahrtenbuch
- Einleitung von Notmaßnahmen bei Alarm

Das Fahrzeug entspricht im Wesentlichen der europäischen Regelung EG 79/2009 für die Genehmigung von Wasserstoff-Fahrzeugen, wurde vom TÜV Austria begutachtet und erhielt einen Einzelgenehmigungsbescheid für die Zulassung zum allgemeinen Straßenverkehr. Dieses innovative und so erstmals umgesetzte Konzept eines multivalenten Fahrzeugs sehen wir als vielversprechende Brückentechnologie für den Übergang zu CO₂-freien Wasserstoffanwendungen. Unter der gewohnten Funktionalität des bewährten Verbrennungsmotors und unter Nutzung vorhandener Tankinfrastruktur ist eine praxisnahe CO₂-freie Mobilität umsetzbar. Das Konzept kann kurzfristig in eine Serienapplikation übergeführt werden.

Klell, carried out the adaptation of the vehicle. The production-standard gas system, installed in the trunk, was replaced by components for 350 bar, which are compatible with various hydrogen/natural gas blends.

Additionally a novel electronic gas safety system (ELGASS) was developed at the HyCentA to monitor and visualize the status of the entire gas supply system (see figure above). The following functions have been implemented:

- Data acquisition and real time calculations
- Control of switching between gasoline-/gas mode
- Calculation of fill level
- Leak monitoring via H₂ detectors, mass balance and pressure gradients
- visualisation of system status
- Electronic vehicle log book
- Emergency stop measures in case of system failures

The car was constructed with respect to Directive EG 79/2009 on the approval of hydrogen powered cars. The homologation process for road-worthiness was successfully accomplished by means of a technical expertise from TÜV Austria. We see the multivalent fuel concept in combination with ICE as a bridging technology for the implementation of hydrogen in the transportation sector. Actual existing infrastructure for production lines for internal combustion engines, the familiar functionality of internal combustion engines and existing filling station infrastructure for natural gas are an excellent basis to establish a widespread CO₂-free mobility with hydrogen. The concept of this car can easily be converted for serial production.