



OMNIBUS

SPIEGEL

Omnibusbau und Omnibusverkehr



- **BUSMESSEN:** Vorschau auf die Highlights der Busworld Kortrijk
- **TEST:** Volvo 9900 ■ Scania Touring ■ **ÜBERSICHT:** Reisehochdecker
- **TECHNIK:** Wasserstoff-Verbrennungsmotor ■ **STRATEGIE:** RVK Köln
- **OLDTIMER:** Setra S 315 HDH Heiniger ■ **TYPENGESCHICHTE:** Emmelmann

Editorial



Die bedeutendste Busmesse des Jahres steht vor der Tür, die Busworld in Kortrijk. Auf den Seiten 4 bis 13 beschreiben wir schon einmal die aktuellen Trends und stellen die wichtigsten Neuheiten vor.



Wasserstoff galt einmal als ein Treibstoff der Zukunft, doch mittlerweile hat sich diese Euphorie etwas gelegt. Jetzt will das Start-Up Keyou den Einsatz des Wasserstoff-Verbrennungsmotors in Nutzfahrzeugen vorantreiben (Seiten 34 bis 37).



Im Segment der Reisehochdecker hat es in jüngster Zeit viel Bewegung in Form neuer Modelle gegeben. Das nehmen wir zum Anlass, das Gesamtangebot in einer Übersicht auf den Seiten 14 bis 23 zu beleuchten.



In die Kategorie Reisehochdecker fällt auch der Scania Touring. Wir hatten die Gelegenheit, die 12,1 m lange Version einem ausgiebigen Test zu unterziehen; unser Resümee lesen Sie auf den Seiten 28 bis 31.



Ebenfalls zum Segment Hochdecker gehörte der Setra S 315 HDH. Einen Vertreter dieses Typs aus dem Setra-Oldtimerbestand haben wir zusammen mit dem früheren Eigentümer René Heiniger Probe gefahren, mehr dazu auf den Seiten 38 bis 41.



Hochdecker sind auch ein Element in der zehnten Folge der Emmelmann-Geschichte. Zuvor behandeln wir auf den Seiten 42 bis 45 allerdings noch die letzten Modifikationen an den normalen Reisebussen, hier Wagen 147 der KVG Braunschweig.

Fahrplan

OS 17-9

Preview Busworld Kortrijk.....	4
Übersicht Reisehochdecker.....	14
Test Volvo 9900.....	24
Test Scania Touring.....	28
Null Emission RVK, Köln.....	32
Wasserstoffmotor Keyou.....	34
Fahrbericht Setra S 315 HDH.....	38
Literaturtipp.....	41
Emmelmann - 10. Teil.....	42
Modellbus Setra S 215 HD.....	46

Titelbild



Ein Schwerpunktthema in dieser Ausgabe neben der Busworld-Preview sind Hochdecker für die Bustouristik. Dass Volvo nicht nur Hybrid kann, zeigen die Schweden mit seinem Reisebus des Typs 9900, den wir als Dreiachser in der 13-Meter-Version fahren durften. Wie uns das edle Teil gefallen hat, lesen Sie auf den Seiten 24 bis 27.

Foto: Kirsten Krämer

IMPRESSUM

Redakteure:
Kirsten Krämer (KK), Eberhard Schaa (ES), Sarah Walsdorf (sjw)
Modellredaktion: Robert Kubath, Waldriedhofstr. 93, 81377 München, Telefon 089-719 11 74
Erscheinungsweise: zwölfmal jährlich (10 normale Ausgaben + 1 Doppelheft) • **Layout:** Kirsten Krämer, Dr. Dagmar Siebelt
Lithos: Helena Walloschek • **Druck:** D+L Printpartner, Bocholt
Bezugspreise:
Einzelheft EUR 8,90 + Versand (Inland EUR 1,50/-Ausland EUR 3,-)
Jahresabonnement EUR 89,- (Ausland + EUR 9,- Versandkostenanteil)
Bankverbindungen:
Volksbank Bonn-Rhein-Sieg: IBAN: DE71 3806 0186 5201 0520 19, BIC: GENODED 1BRS
Sparkasse Köln-Bonn: IBAN: DE03 3705 0198 0010 6551 32, BIC: COLSDE33
Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht bis zum 30.11. des laufenden Jahres (Datum des Poststempels) schriftlich gekündigt ist; die Beendigung ist frühestens nach einem vollen Jahr Laufzeit möglich.
Alle Rechte vorbehalten. Der OMNIBUSSPIEGEL ist urheberrechtlich geschützt; Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit ausdrücklicher schriftlicher Genehmigung. Alle Angaben ohne Gewähr. Mit Namen oder Initialen der Verfasser gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder. Für unverlangt eingesandte Beiträge wird keine Haftung übernommen. Der Einsender erklärt sich mit der Veröffentlichung seines Beitrags, auch in abgeänderter Form, einverstanden, und es wird vorausgesetzt, dass er im Besitz der Veröffentlichungsrechte für seine Einsendungen ist; die Abgeltung eventueller urheberrechtlicher Ansprüche Dritter an seiner Einsendung obliegt dem Einsender. Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 30 vom 01.01.2013.
Verlag und Redaktionsleitung: Dieter Hanke (DH), Am Weltgarten 37, 53227 Bonn, Telefon 0228-944 28 53, Fax 0228-44 52 80
e-mail: info@omnibusspiegel.de, Internet: www.omnibusspiegel.de.



TREIBSTOFF DER TRÄUME

WASSERSTOFFMOTOR VON KEYOU

Wasserstoff galt einmal als ein Treibstoff der Zukunft, weil es eine absolut nachhaltige Ressource ist und zudem weder beim Einsatz in Verbrennungsmotoren noch in Brennstoffzellen in nennenswertem Umfang Schadstoffe entstehen. Mittlerweile hat sich diese Euphorie etwas gelegt, weil die Entwicklung vor allem der Brennstoffzelle bei Weitem nicht so schnell vorankam wie erhofft und prognostiziert. Jetzt will das Start-Up Keyou den Einsatz des Wasserstoff-Verbrennungsmotors in Nutzfahrzeugen wieder vorantreiben.

Die handelnden Personen bei Keyou sind Überzeugungstäter - das merkt man gleich, wenn man mit ihnen spricht. Viele kommen von MAN oder BMW und sind enttäuscht darüber, dass ihre früheren Arbeitgeber die Marktreife des Wasserstoffmotors nicht mit der erforderlichen Intensität vorangetrieben haben. Das wollen sie jetzt besser machen und haben die Keyou-Inside-Technologie entwickelt.

Immerhin waren es seinerzeit keine grundsätzlichen technischen Probleme, die MAN zum Rückzug vom Thema Wasserstoff veranlasst haben, sondern eine strategische Entscheidung des damaligen Technik-Vorstands Dr. Karl-Viktor Schaller. Er war generell kein Freund gasförmiger Kraftstoffe. Vor diesem Hintergrund wurden die Probleme, die es bei den Turbomotoren mit den Einspritzdüsen gab, dann nicht mehr behoben, obwohl dies mit überschaubarem Aufwand technisch durchaus möglich gewesen wäre. Des Weiteren verwies Dr. Schaller zur

Begründung seiner Entscheidung auf die fehlende Betankungs-Infrastruktur. Zumindest bei Nahverkehrsbusen greift dieses Argument aber nicht wirklich, da sie ja in der Regel auf den Betriebshöfen über eigene Tankstellen versorgt werden.

Es gibt also keine grundsätzlichen Hindernisse, gerade für den Flotteneinsatz den Wasserstoffmotor wieder auferstehen zu lassen. Die Zeiten sind momentan auch gar nicht so ungünstig dafür: Die Europäische Union fördert gezielt Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb und den Aufbau einer entsprechenden Infrastruktur. Das ist eines von mehreren Instrumenten, die man parallel nutzt, um die Decarbonisierung des Verkehrs (Abschaffung fossiler Kraftstoffe) zu beschleunigen. Dabei hat die EU insbesondere Nutzfahrzeuge und Flottenbetreiber im Fokus; über die Programme haben wir im Beitrag über die Regionalverkehr Köln GmbH auf den Seiten 32 und 33 berichtet.

Zwar ist die EU-Förderung nicht speziell auf Verbrennungsmotoren ausgerichtet, doch punkten sie mit einem eindeutigen Preisvorteil gegenüber Brennstoffzellenbussen: Selbst wenn für diese die angestrebten 650.000 Euro tatsächlich erreicht werden, dürfte es für Keyou nicht allzu schwierig sein, diesen Wert zu unterbieten.

Wasserstoff oder Strom?

Es weht aber auch Gegenwind: Wer einen schadstofffreien Omnibus sucht, der orientiert sich in der Regel Richtung Elektromobilität. Diese Antriebstechnik ist bekannt und beherrschbar, außerdem verursacht sie keinen Lärm. Gerade dieser letzte Punkt ist nicht unwichtig, hat doch die EU-Kommission gerade erst von deutschen Städten mehr Engagement bei der Lärminderung gefordert. „Lärm ist der Feinstaub der Zukunft“, heißt es daher schon manchmal.

Zudem beeindruckt der Elektromo-



Thomas Korn ist Mitgründer und CEO von Keyou.

Keyou in Kürze

Die Keyou GmbH mit Sitz in Unterschleißheim bei München wurde im Herbst 2015 von dem Ingenieur Thomas Korn zusammen mit seinem Ex-BMW-Kollegen Alvaro Sousa sowie dem portugiesischen Energieexperten Ivo Pimentel gegründet. Zum mittlerweile 14-köpfigen Team gehören weitere ehemalige Mitarbeiter von BMW und MAN, die dort vorzugsweise im Bereich Wasserstoffmotoren tätig waren. Somit verfügt Keyou also über eine enorme Expertise auf diesem Gebiet.

Kerngeschäft des Newcomers ist die Entwicklung von Wasserstofftechnologien sowie speziellen Komponenten und Brennverfahren, mit deren Hilfe herkömmliche Otto- und Dieselmotoren auf Wasserstoff umgerüstet werden können. Die Technologie soll motoren- und herstellerunabhängig sein, auch Nachrüstlösungen sind geplant. Dabei liegt der Fokus auf Nutzfahrzeugen und Bussen.

Geschäftsführungsvorsitzender (CEO) von Keyou ist Thomas Korn, Alvaro Sousa leitet als CTO den Bereich Technik. Als strategischen Investor konnte man die Nagel Maschinen- und Werkzeugfabrik in Nürtingen gewinnen. Sie übernimmt die komplette erste Finanzierungsrunde von Keyou. Etwa zwei Drittel der Mittel fließen in die Prototypen-, ein Drittel in die Unternehmensentwicklung.

tor mit einem äußerst hohen Wirkungsgrad, was ihn auch unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit interessant macht. Nichtsdestotrotz kann Keyou-CEO Thomas Korn einige Argumente dagegensetzen: Man dürfe nicht nur die Effizienz des Antriebsstrangs betrachten, sondern müsse das Gesamtsystem im Blick haben. Hier zielt er insbesondere auf die Batterien ab, bei denen hohe Verluste beim Speichern zu verzeichnen sind. „Der Energiespeicher bestimmt die Produkteffizienz der Zukunft“, lautet sein Credo, und da sieht er den Wasserstoff eindeutig vorn. Zudem verzeichnet man bei Ebusen schon zwischen Steckdose und Batterie erhebliche Ladeverluste.

Auch der Kaufpreis könnte gegen einen Elektrobuss sprechen: Ein billiger Depotlader chinesischer Provenienz und ebensolcher Qualität ist zwar gelegentlich schon unter 450.000 Euro zu haben, für das hochwertige europäische Pendant mit entsprechender Ausstattung muss man jedoch zwischen 550.000 Euro und 600.000 Euro zahlen. Die MAN Lion's City mit Wasserstoff-Verbrennungsmotor der Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) kosteten 2006 etwa 380.000 Euro pro Stück, wären also auch unter Berücksichtigung der branchenüblichen Inflation noch längst nicht so teuer wie ein Ebus made in Europe.

Durch den momentanen Hype werden bei Elektrobussen allerdings Ska-

leneffekte erreicht, die zu sinkenden Preisen führen könnten. Diese Tendenz wird der harte Wettbewerb zwischen den zahlreichen Anbietern noch verstärken.

Ungeachtet dessen sind Thomas Korn und sein Team optimistisch. Neben den bereits erwähnten Vorzügen in Sachen Preise und Speicher verweisen sie auf die Möglichkeit der Nachrüstung herkömmlicher Dieselbusse, womit man vorhandene Flotten kurzfristig und kostengünstig auf Null Emission umstellen könnte. Dabei muss man jedoch bedenken, dass außer dem Umbau des Motors auch die Erneuerung der Kraftstoffleitungen und der Tanks anfällt - kein ganz einfaches Unterfangen.



Zu Forschungszwecken hat Keyou zwei Wasserstoffbusse von den Berliner Verkehrsbetrieben (BVG) gekauft. Ihre liegenden Reihensechszylinder H 2876 UH leisten 150 kW (204 PS). Es werden 45 kg Wasserstoff mitgeführt, verteilt auf zehn Flaschen; das reicht für etwa 200 km im Berliner Stadtverkehr. Der ehemalige BVG-Bus 1486 wurde bei Keyou wieder zugelassen, 1488 dient als Reserve und Ersatzteilsender.



Folgende Teile wurden am Deutz TCD geändert (von oben links nach unten rechts farblich hervorgehoben): Wasserstoffleitung, Einspritzdüsen, Einlasskrümmeradapter, Zündmodul, Hülse für Zündkerze, Zündmodulverlängerung und Zündkerze.

Startschuss

Wie dem auch sei, jedenfalls hat Keyou erste Schritte unternommen und einen Prototypmotor umgebaut. Ausgangspunkt war ein Deutz TCD mit 7,8 l Hubraum. Die Veränderungen an dem Diesel waren dabei relativ überschaubar: Die Motorsteuerungs-Software von Bosch musste angepasst werden, außerdem wurden ein neues Kraftstoffsystem und eine Zündanlage integriert, da die Wasserstoffmaschine ebenso wie Gasmotoren nach dem Otto-Prinzip arbeitet.

Das so modifizierte Aggregat ließ man dann bei Adapt in Nordhausen auf einem Motorenprüfstand laufen, um in der Praxis zu überprüfen, ob sich die theoretischen Berechnungen bewahrheiten würden. Festgestellt wurden eine Leistung von 180 kW (245 PS), ein Drehmoment von 900 Nm und ein Wirkungsgrad von 35 %. Alle diese Werte liegen höher als bei den Lion's City der BVG, womit das erste Ziel mehr als erreicht ist.

Das gilt auch beim Blick auf die Emissionen: Bei der Verbrennung im Wasserstoffmotor können zwar auch Stickoxide entstehen, doch diese lassen sich aufgrund der Brenneigenschaften von Wasserstoff mit vergleichbar wenig technischem Aufwand in der Abgasnachbehandlung vollends eliminieren. KEYOU hat dafür bereits eine Lösung parat und zum Patent angemeldet. Zudem bildet sich Stickoxid laut Prof. Rottengruber erst bei Verbrennungstemperaturen von mehr als 1.800 °C; wenn man die Temperatur niedriger hält, entsteht dieser Schadstoff überhaupt nicht.

Natürlich arbeitet man bei Keyou aber auch schon an einer Verbesserung der Motorparameter. Dazu könnten eine innere Gemischbildung und eine Direkteinspritzung sowie die Abgasrückführung mit einer Rückführrate von bis zu 20 % beitragen. Damit ließe sich theoretisch ein Wirkungsgrad von gut 45 % erreichen, meint Prof. Dr.-Ing. Hermann Rottengru-

ber von der Uni Magdeburg. Er sieht sogar noch darüber hinaus Potenziale für weitere Effizienzverbesserungen, nämlich durch Downsizing und Hybridisierung.

Nicht unwichtig ist in diesem Zusammenhang auch eine Betrachtung der Kosten: Teuerster Faktor bei der Umrüstung dürften im Moment die Gasflaschen sein, ein Paket für 25 kg Wasserstoff liegt derzeit bei rund 45.000 Euro. nach Ansicht der Keyou-Experten könnte sich dieser Betrag durch Veränderung bei den Materialien und durch Stückzahleffekte auf etwa 10.000 Euro reduzieren. Da man jedoch mindestens zwei bis drei Flaschenpakete pro Bus benötigt, lässt sich leicht ausrechnen, wie teuer der Speicher wird.

Doch das ist einstweilen noch Zukunftsmusik, erst einmal muss der Prototypmotor seine Praxistauglichkeit unter Beweis stellen. Der Einbau in einen ersten Bus ist laut Thomas Korn nur noch eine Frage von Monaten, im Laufe des nächsten Jahres könnte es soweit sein.

Auch an die Verwendung weiterer, von Hause aus stärkerer Grundmotoren denkt das Keyou-Team schon, etwa für Gelenkbusse. Triebwerke anderer Hersteller stehen ebenfalls auf der Agenda. Es liegen also vielfältige Aufgaben vor den Entwicklern, langweilig wird es ihnen bestimmt nicht. Jetzt kommt es nur noch darauf an, möglichst viele Betreiber von den Vorzügen des Wasserstoff-Verbrennungsmotors zu überzeugen - an Argumenten dafür mangelt es nicht.

DH/sjw



Der Prototyp-Motor von Keyou basiert auf dem Deutz TCD, einem stehenden Reihensechszylinder mit 7,8 l Hubraum. Fotos, soweit nicht anders gekennzeichnet: Keyou, Sarah Walsdorf



Hochdynamisches Bremsdynamometer (Vordergrund links) und Keyou Wasserstoffmotor (rechts) auf dem Motorenprüfstand bei Adapt in Nordhausen.

Ahnengalerie

Die Ursprünge von Bussen mit Wasserstoff-Verbrennungsmotoren reichen weiter zurück, als man vielleicht denkt: Schon auf der Internationalen Verkehrsausstellung 1979 (IVA 79) in Hamburg stand ein Mercedes-Benz/Vetter Citybus mit dieser Technologie. In Serie ging sie damals aber nicht.

Rund 15 Jahre später wandte sich dann MAN dem vielversprechenden Kraftstoff zu und leitete aus seinen Erdgasmotoren Wasserstofftriebwerke ab. Die Saugversionen H 2866 UH (Hubraum 12 l) und H 2876 UH (12,8 l) bewiesen ihre Serientauglichkeit. Das aufgeladene Aggregat H 2876 LUH mit 200 kW (272 PS) Leistung und 1.000 Nm Drehmoment hatte anfangs allerdings Probleme mit den Einspritzdüsen. Daraufhin wurden

die für die BVG gebauten Niederflrbusse mit dieser Maschine bei Viseon auf Erdgasantrieb umgebaut, MAN zog sich vom Wasserstoff zurück. Damit wurde es ruhig um diese Antriebstechnik.

Daimler hat sich ohnehin längst der Brennstoffzelle verschrieben: Vor 20 Jahren schickte man den Nebus an den Start, zurzeit arbeitet man an der vierten Generation.



Als völlige Neuentwicklung stellte Mercedes-Benz auf der IVA 79 einen von Vetter aufgebauten Citybus vor, dessen Verbrennungsmotor mit Wasserstoff betrieben wurde. Die Abwärme aus dem dabei erzeugten Wasserdampf wollte man zu 80 % wiederverwenden. Foto: Manfred Schwanke



In den 1990er Jahren begann MAN die Entwicklung von Bussen mit Wasserstoff-Verbrennungsmotoren, Ausgangsbasis bildeten die Erdgastriebwerke. 1996 ging in München und Erlangen ein SL 202 LH2 in den Probetrieb, der flüssigen Wasserstoff mitführte. Foto: MAN



Von 2006 bis 2014 betrieb die BVG vier MAN NL 200 H2, die Wagen mit dem Saugmotor H 2876 UH haben sich bewährt. Die Verfügbarkeit lag bei 92 %, der Verbrauch zwischen 20 kg und 24 kg Wasserstoff auf 100 km; im selben Einsatzprofil benötigte ein Dieselbus etwa 42 l. Foto: Frank Interthal



Mit dem liegenden Wasserstoffmotor H 2866 UH mit 140 kW (190 PS) stattete MAN 1998 eine kleine Vorserie aus: Am Münchener Flughafen wurden zwei MAN NG 193 H2 und ein Neoplan N 4421 in Dienst gestellt, die mit gasförmigem Wasserstoff betankt wurden. Das Volumen von 2.580 l Wasserstoff reichte für etwa 150 km. Fotos: Kirsten Krämer, Neoplan

