



DIE CLEVERE ALTERNATIVE?

H₂-Verbrenner: Fast alle Lkw-Hersteller setzen auf energiereichen Wasserstoff, zumeist für Brennstoffzellen. Trotz technischer Herausforderungen lässt sich das Gas jedoch auch direkt im Motor verbrennen.

TEXT: MATHIAS HEERWAGEN
FOTOS: KEYOU

Warum sich der Wasserstoffverbrennungsmotor bislang nicht durchgesetzt hat, erklärt Keyou-CEO Thomas Korn im Interview auf Seite 18 dieser Ausgabe. Neben wirtschaftlichen und politischen waren jahrelang auch die technischen Voraussetzungen nicht gegeben – das ändert sich nun.

Dass die direkte Verbrennung von Gas grundsätzlich kein Problem ist, beweisen die Gasmotoren, die bereits seit vielen Jahren stationär oder in Nutzfahrzeugen eingesetzt werden. Wasserstoff hat jedoch bestimmte Eigenschaften, die einen größeren Entwicklungsaufwand erfordern. Da Wasserstoff etwa sechs-

mal schneller verbrennt als Benzin, entstehen hohe Druck- und Temperaturspitzen, zudem brennen die Flammen heißer und gelangen näher an die Zylinderwand. Daraus ergeben sich besondere Werkstoff- und Kühlanforderungen. Das ist allerdings nur der Fall bei Brennvorfahren, die ursprünglich für Ottomotoren entwickelt worden sind.

„Das ist aber nicht der richtige Weg“, sagt Keyou-CEO Thomas Korn und ergänzt: „Wir haben ein Magerbrennverfahren entwickelt, mit dem es keine höheren Drücke und Temperaturen gibt. Daher muss der Basismotor auch nur leicht geändert werden.“ Dank bereits vorhandener Zündkerzenöffnungen wäre ein Ottomotor als Basis einfacher weiterzuentwickeln. Für den Einsatz in Nutzfahrzeugen setzt Keyou jedoch auf einen

Dieselmotor von Deutz, für den die Münchner spezielle Komponenten entwickelt haben. Unter anderem kommen ein neuer Turbolader sowie andere Bauteile für die Gaszuführung, Gemischbildung und Zündung zum Einsatz.

Neben der hohen Flammgeschwindigkeit weist Wasserstoff eine weitere Besonderheit auf. Im Dieselmotor werden unter anderem die Ein- und Auslassventile zum Teil durch die Kohlenwasserstoffe im Dieselmotorkraftstoff geschmiert. Wasserstoff hingegen besitzt weder schmierende noch dämpfende Eigenschaften, daher müssen Motorenentwickler andere Materialien oder keramische Beschichtungen einsetzen, um eine lange Lebensdauer zu erreichen. Keyou-Chef Korn betont jedoch, dass solche Legierungen heutzutage keine

größeren Herausforderungen mehr darstellen.

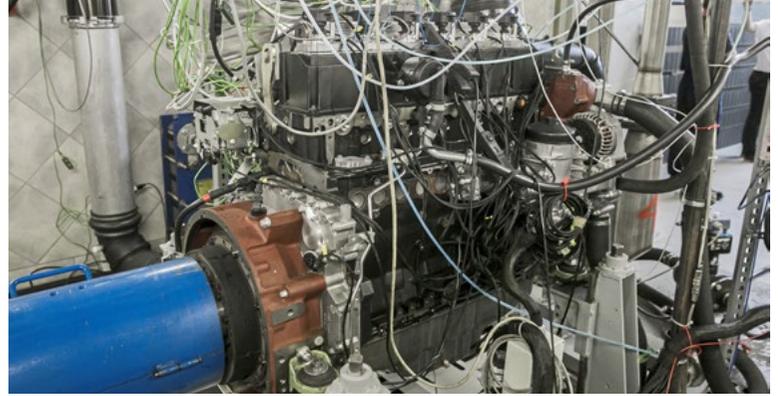
Ähnlich wie bei Otto- oder Dieselmotoren gibt es auch bei Wasserstoffverbrennern zwei Arten der Gemischaufbereitung. Motoren mit einer Saugrohreinblasung, also einer äußeren Gemischbildung, sind vergleichsweise einfach und kostengünstig zu entwickeln. Ihr Nachteil ist eine gegenüber einem Dieselmotor zwischen 20 und 30 Prozent geringere Leistung. Aber: „In Verbindung mit einem elektrischen Antriebsstrang braucht man die Leistung gar nicht, sondern zieht sie bei Bedarf aus dem E-Antrieb“, erklärt Korn. Der kostengünstige Motor könnte die Kosten des E-Antriebs kompensieren. Dennoch arbeitet auch Keyou an der Direkteinblasung. Sie bietet ein höheres Potenzial hinsichtlich

Leistungsdichte und Wirkungsgrad und eignet sich daher vor allem für Anwendungen mit hohem Leistungsbedarf. Der Einblasdruck richtet sich nach verschiedenen Kriterien. Grundsätzlich ließe sich durch einen höheren Druck mehr Wasserstoff einblasen, was zu einer höheren Leistungsausbeute führt. Einblasdrücke zwischen 20 und 50 bar hätten einen leicht geringeren Wirkungsgrad zur Folge, dafür wären die Systemkosten geringer.

Im Pkw-Bereich scheinen die 700 bar bei Druckgasspeichern gesetzt, in Nutzfahrzeugen tendieren Hersteller oft in Richtung 350-bar-Speicher. Das thermodynamische Optimum sieht Keyou bei etwa 500 bar. Denn doppelter Druck bedeutet nicht automatisch doppelter Energiegehalt – hier spielen physikalische Gegebenheiten eine Rolle. Auch Flüssigspeicher haben eine Chance, da ihre volumetrische Energiespeicherdichte etwa 40 Pro-

zent über der eines 700-bar-Speichers liegt. Zudem sind die Tanks deutlich leichter und kleiner als Druckgastanks. Die Herausforderung besteht aber darin, den Wasserstoff zu verflüssigen und ihn kalt zu halten – bei minus 253 Grad. Das ist aufwendig beim Tanken und erfordert eine komplexe Isolierung. Daimler Trucks setzt dennoch auf flüssigen Wasserstoff und wird diese Technik in der Serienversion des GenH2 Truck verwenden, der ab 2023 in die Kundenerprobung geht. Bis zu 1.000 Kilometer Reichweite sollen damit möglich sein.

Beim Verbrauch kommt es auf die verwendete Antriebsart an. Für einen Stadtbus mit H₂-Verbrenner ohne Hybridantrieb geht Keyou von 10 bis 11 kg pro 100 Kilometer aus. Mit einem zusätzlichen E-Antriebsstrang lassen sich etwa 25 Prozent Kraftstoff einsparen – als Hybrid wäre man durchaus in der Nähe von Brennstoffzellenver-



Auf dem Prüfstand laufen die H₂-Motoren von Keyou bereits erfolgreich. Künftige Versionen können einen Wirkungsgrad von 50 Prozent erreichen.

bräuchen. Eine Hybridisierung ergibt jedoch nicht immer Sinn. Für eine Zugmaschine wäre das nicht zielführend, da durch die Batterien hohe Zusatzkosten und ein Mehrgewicht entstehen. Hier läuft es auf einen reinen Verbrennungsmotor hinaus, der mit einer Direkteinblase die nötige Leistung bietet und mit einem Wirkungsgrad von etwa 47 Prozent auf einem Level mit aktuellen Dieselmotoren liegt. Keyou rechnet damit, dass die nächsten Generationen von H₂-Motoren einen effektiven Wirkungsgrad von 50 Prozent erreichen können.

Viele Hersteller haben das Potenzial der Wasserstoffverbrennung mittlerweile erkannt, mit schnellen Serieneinführungen ist dennoch nicht zu rechnen. Strategische Entscheidungen brauchen in Großunternehmen viel Zeit, zudem sind die Entwicklungszyklen von bis zu fünf Jahren sehr lang. Keyou geht davon aus, dass das Unternehmen deutlich früher als ein OEM mit einem H₂-Verbrenner auf den Markt kommen wird. Daimler rechnet mit einem Serienstart seines GenH2 Trucks in der zweiten Hälfte des aktuellen Jahrzehnts. ■