

H₂ in der Brennkammer



VERBRENNUNGSTECHNIK: Ob Automobil, Flugzeug oder Kraftwerk, Wasserstoff könnte direkt verbrannt werden. Die Technologie würde CO₂-Emissionen einsparen, bringt aber ihre Tücken mit sich.

Foto: ADP2

Wasserstoffmotor ist kein Hexenwerk

Die Technik: Derzeit ist die Entwicklung von Verbrennungsmotoren für Wasserstoff beim Entwicklungsdienstleister FEV Europe GmbH in Aachen durchaus ein Thema, bestätigt Vice President Markus Umierski. Allerdings für größere Motoren, zum Beispiel aus dem Bergbaubereich. Die Automobilhersteller fokussierten ihre Entwicklungsbudgets nach seinen Beobachtungen derzeit auf Hybride, was weltweit der Megatrend neben den rein elektrischen Fahrzeugen sei.

Für Umierski, Vorsitzender des VDI-Ausschusses „Verbrennungskraftmaschinen“, ist es wichtig, in der Debatte um den Wasserstoff die Emotionen von der technischen Fragestellung zu trennen und einen Motor zu bauen, der direkt Wasserstoff verbrennen kann. „Das ist keine Sache mit ungewissem Ausgang“, betont er. „Es mag zwischendurch ein paar Entwicklungsschwierigkeiten geben, aber machbar ist das.“ Die Anforderungen der Motoren, auch Erfahrungen damit – beides sei langjährig vorhanden. „Gesetzmäßigkeiten, Materialverträglichkeiten – das ist alles bekannt. Wir wissen, was getan werden muss, damit am Ende ein robustes Produkt herauskommt. Das ist eine Aufgabe, die man den Ingenieuren getrost überlassen kann und die sie routiniert erledigen werden, so, wie sie auch andere Entwicklungsaufgaben erledigen.“ Umierski ist sich sicher: „Wenn der Markt da ist, dann wird es eine große Palette verschiedener Hersteller für Wasserstoffmotoren geben – schlicht und einfach, weil sie nachgefragt werden.“

Beispiel Direktverbrennung von Wasserstoff in Gasmotoren für Blockheizkraftwerke (BHKW):

Beim herkömmlichen BHKW-Erdgasmotor wird ein Erdgas-Luft-Gemisch gebildet. Dieses wird im Turbolader verdichtet, heruntergekühlt und über die Drosselklappe dem Motor zugeführt. „Beim Wasserstoff ist es so, dass wir dieses sehr zündfreudige Gas erst dann mit Luft in Verbindung bringen möchten, wenn es kurz vor der Brennkammer ist und auch nicht mehr an der Brennkammer vorbeiströmen kann“, erklärt Frank Grewe, CTO beim BHKW-Hersteller 2G Energy und stellvertretender Vorsitzender des VDI-Ausschusses „Verbrennungskraftmaschinen“. „Wir verdichten dann also die reine Luft und geben über die Drosselklappe den Luftanteil für den Motor frei. Erst kurz vor dem Einlassventil – und auch erst dann, wenn das Einlassventil des Zylinders geöffnet ist – geben wir den Wasserstoff zur Luft dazu.“

Die Herausforderung bestehe darin, so Grewe, auf diesem kurzen Stück im Ansaugtrakt eine sehr gute Homogenisierung des Luft-Wasserstoff-Gemisches zu erzeugen und dies so, dass auch nur in der Brennkammer ein explosionsfähiges Gemisch ansteht. Nur dadurch seien niedrige Abgasemissionen bei maximaler Motorleistung möglich. Gelingt dies aber, so ließen sich auch ohne aufwendige Abgasnachbehandlung schon innermotorisch die Stickoxidemissionen auf geringste Werte nahe der Nachweisgrenze reduzieren.

2G Energy hat schon Erfahrungen mit solchen Wasserstoff-BHKW am BER in Berlin. „Das ist aber bisher nur wenig gelaufen“, so Grewe. Die zweite Maschine, die schon kommerzieller genutzt wird, steht in Haßfurt bei den Stadtwerken.

„Ziel ist: Wenn ein Kunde heute einen Erdgasmotor bei uns kauft, dann muss er ihn in Zukunft im Rahmen einer Zwischenrevision auf einen Betrieb mit Wasserstoff umrüsten können. Wir rechnen da mit einem Invest von rund 15 % des Neuanschaffungswertes. Grewe sieht sich auf einem guten Weg, Motoren für Wasserstoff herzurichten, da sich aufgrund vergleichbarer Explosionsdrücke von Wasserstoff und Erdgas ein auf Erdgas ausgelegter Verbrennungsmotor umrüsten lässt. „Die Kunst besteht darin, eine möglichst hohe Leistungsausbeute aus diesen Motoren zu generieren.“

Die stationären BHKW-Motoren arbeiten mit niedrigeren Wasserstoffvordrücken, das beeinflusst das Verfahren zur Brennstoffzufuhr. Der Brennstoff für ein BHKW kommt entweder aus der Pipeline (6 bar) oder aus Großspeichern (ca. 40 bar). „Wir legen unsere Motoren dahingehend aus, dass die Motoren noch bei 4 bar bis 5 bar optimal betrieben werden können, 3 bar ist dann der Mindestdruck“, so Grewe. Dabei wird der Wasserstoff im Multipointverfahren in den Ansaugtrakt eingedüst.

swe

Wasser im Schubstrahl

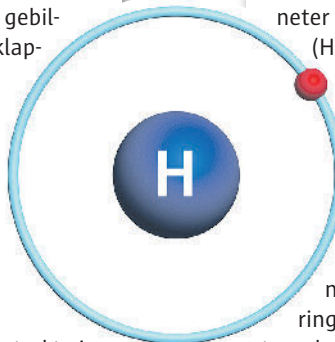
Die Technik: Flugzeugantriebe, die Wasserstoff direkt verbrennen, ähneln den klassischen Kerosinantrieben stark. „Es fehlt nicht viel, um heutige Triebwerke mit Wasserstoff zu betreiben“, sagt Barnaby Law, Cheffingenieur Brennstoffzelle beim Triebwerksspezialisten MTU. Das Design bleibe weitgehend erhalten.

Anfälligkeit gegenüber Wasserstoff: „Solange kein Notfall eintritt, verbrennt der Wasserstoff restlos in der Flamme und kommt mit den Triebwerkskomponenten nicht in Berührung“, sagt der MTU-Materialforscher Martin Schloffer. Ohnehin werden stromabwärts hinter der Brennkammer vorrangig Nickelwerkstoffe eingesetzt, die resistenter gegen Versprödung sind als Titan- und Stahlwerkstoffe. Zusätzlich stellt sich ein positiver Effekt ein. Stand heute ist eine typische Schädigung von Triebwerkskomponenten hinter der Brennkammer Korrosion durch Schwefel- und Rußpartikel im Abgasstrahl. „Schwefel und Ruß verschwinden aus dem Abgasstrahl“, sagt Schloffer. Schon heute enthält das Abgas Wasser. Allerdings würde sich der Partialdruck des Wasserdampfes bei der Verbrennung reinen Wasserstoffs um das Zweieinhalbfache erhöhen. Dadurch steigt die Korrosionsgefahr: Risse breiten sich schneller aus. Konkret drohen Korngrenzen- und Spannungsrissskorrosion, deren Auswirkungen in Detailstudien geklärt werden müssen. Ein untergeordneter negativer Effekt des Wassers im Abgas: Es kommt zu Radikalbildung (H⁺ und OH⁻). „Die Versprödung der Schaufel- und Gehäusewerkstoffe nimmt etwas zu“, sagt Schloffer. MTU sieht in der Versprödung in Summe kein generelles Risiko für die Wasserstofftechnologie. „Dafür ist das Phänomen zu gut verstanden. Und dafür gibt es auch zu viele qualifizierte Werkstoffe, die wir nutzen können“, sagt Law.

Das Konkurrenzsystem: Direktverbrennungsantriebe konkurrieren mit der Brennstoffzelle, die ebenfalls Wasserstoff als Energieträger nutzt, aber den elektrischen Antrieben zuzurechnen ist. Der Engineeringaufwand ist bei der Brennstoffzelle größer: Sie erfordert den Austausch des kompletten Antriebssystems. Laut MTU könnten Brennstoffzellenantriebe in frühestens acht Jahren verfügbar sein. Beim Direktverbrennungsantrieb geht es demnach etwas schneller: sechs Jahre. Für manche Flugzeughersteller könnte die Direktverbrennung deshalb ein nahe liegender nächster Schritt sein.

Aufgrund der grundlegend verschiedenen Flugzeugarchitekturen ist ein direkter Vergleich schwierig. Einige Aspekte lassen sich aber vergleichen. Die Brennstoffzelle hat mit 55 % bis 60 % gegenüber 50 % bei der Direktverbrennung den höheren Wirkungsgrad. In der Tendenz sind die Treibstoffkosten, Emissions- und Lärmbelastungen bei der Direktverbrennung höher. Demgegenüber ist das Antriebssystem der Brennstoffzelle – wie auch immer es aussehen mag – insgesamt etwas schwerer. Hinzu kommt: Noch sind die Leitungsgewichte der Brennstoffzelle nicht auf dem Niveau heutiger Flugzeugantriebe. „Ich glaube, beide Technologien haben ihre Berechtigung. Für die Flugzeugbauer wird das eine knackige Abwägung“, sagt Law.

Wasserstoff als Energieträger: Unabhängig vom konkreten Antrieb bringt der Energieträger H₂ Besonderheiten mit. Durch die geringe Dichte des Wasserstoffs werden die Tanks mit zunehmender Reichweite und Passagierzahl sehr groß und bremsen das Flugzeug. Deshalb gibt es eine – verglichen mit Kerosin geringe – Obergrenze für die Reichweite bei rund 6500 km. Auf Langstrecken könnten Kohlenwasserstoffe weiter eine große Rolle spielen. har



PantherMedia / bobramone