

Revolutionizing Power

Deutz-Keyou-waterstofmotor staat op de Bauma

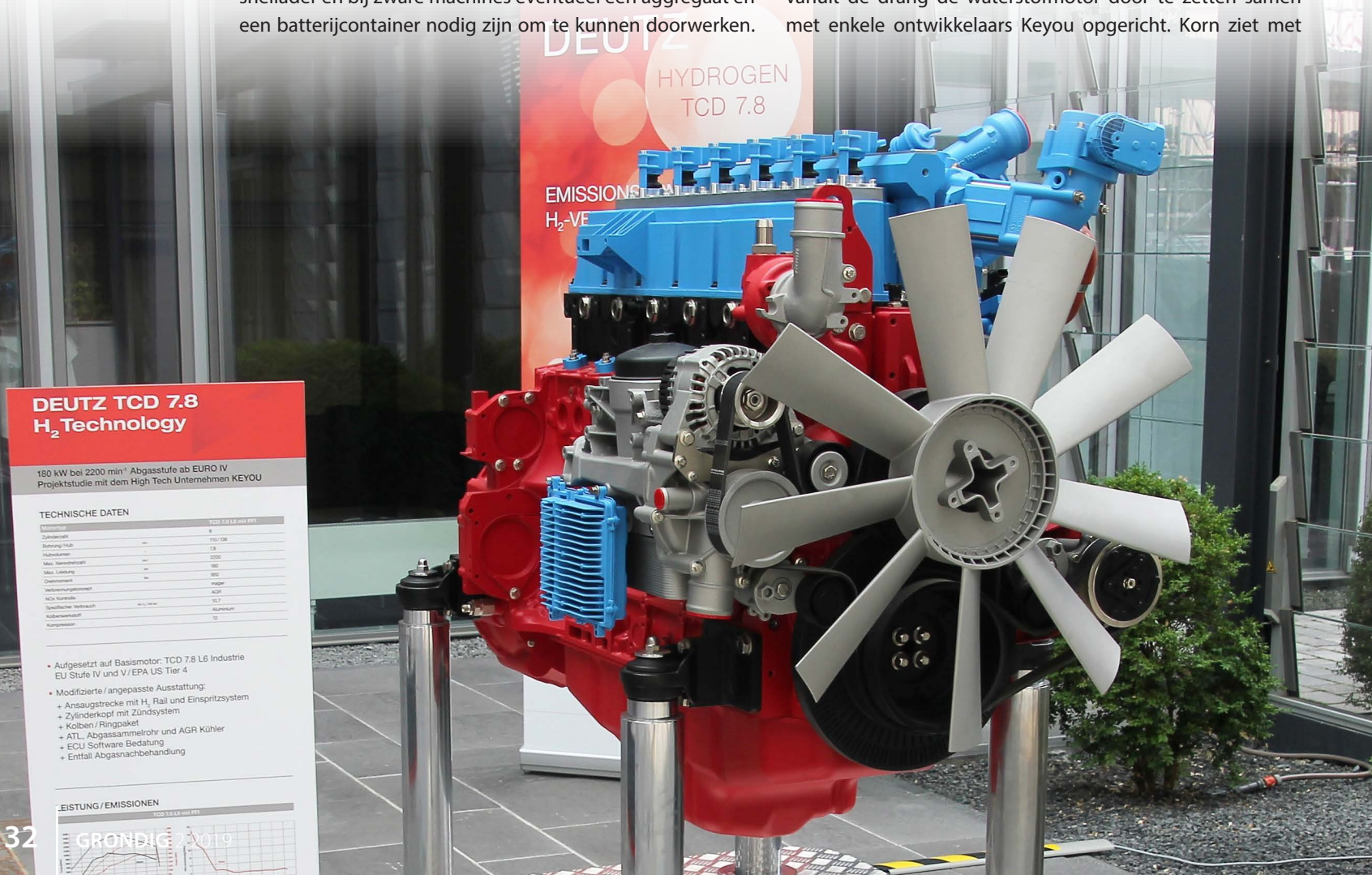
Eén van de aandachttrekkers op de Deutz-stand op de Bauma zal de Deutz-Keyou TCD 7,8-waterstofmotor zijn. Ontwikkelaar Keyou mikt vooral op zwaardere inzet, waar batterijen hun grenzen hebben. Onder de leus 'Revolutionizing Power' heeft Deutz onlangs gemeld hier serieus mee door te gaan en al verder te denken. Hoe zijn de kansen van deze motortechniek ten opzichte van diesel en elektrisch?

Stel je even voor dat je een groot werk hebt aangenomen waarin CO₂-reductie wordt geëist en de wens is emissievrij te werken. Je komt dan 'gewoon' met een bouwtruck of zelfs een zware rupsgraafmachine met een Deutz-Keyou-waterstofmotor. De dieselolietank heeft plaatsgemaakt voor hogedruk-waterstoftanks (350 bar). Je kunt deze waterstoftanks op het eigen bedrijf vullen en het is denkbaar dat er op het werk waterstof-vulunits komen. Daarna ga je aan het werk alsof je met een gewone diesel draait. Als de tank leeg is, is het tanken, vergelijkbaar met het tanken van lng/cng-gas, en weer gaan. Dat is even anders dan de dieselmotor vervangen door batterijpakket dat een vermogen kost, waar dan een snellader en bij zware machines eventueel een aggregaat en een batterijcontainer nodig zijn om te kunnen doorwerken.

Dit is wat de ontwikkelaars van Keyou voor ogen hebben met hun nieuwe waterstofmotor. Die is volledig gebaseerd op de bestaande diesel- en benzinemotortechniek en heeft geen schaarse grondstoffen nodig zoals bij brandstofceltechniek en geen dure batterijen met alle beperkingen.

Ervaring opgedaan

Tom Korn, oprichter en CEO van Keyou in München, weet waar hij het over heeft. Hij heeft als ingenieur tien jaar in de ontwikkelingsafdeling van BMW gewerkt aan alternatieve aandrijfsystemen en brandstofsysteemen, met onder andere waterstofprojecten voor Noord-Amerika. In 2015 heeft Korn vanuit de drang de waterstofmotor door te zetten samen met enkele ontwikkelaars Keyou opgericht. Korn ziet met



DEUTZ TCD 7.8 H₂ Technology

180 kW bei 2200 min⁻¹ Abgasstufe ab EURO IV
Projektstudie mit dem High Tech Unternehmen KEYOU

TECHNISCHE DATEN

TCD 7.8 L6 mit 911	
Leistung	180 kW
Zylinderanzahl	6
Bohrung x Hub	110 x 136
Hubraum	12,1
Max. Drehmoment	2300
Max. Leistung	900
Wasserpumpe	900
Drehmoment	niedrig
Wasserpumpe	AGR
AGR	AGR
Spezifischer Verbrauch	16,7
Abgasleistung	Aluminium
Kolbenring	12

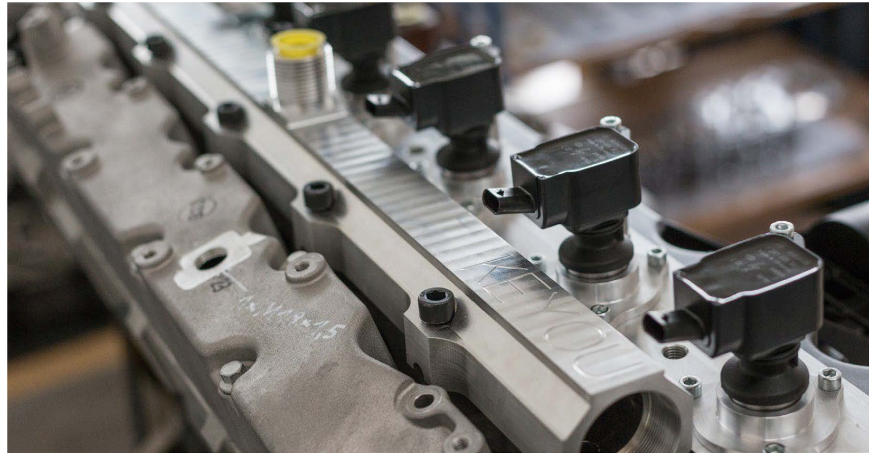
- Aufgesetzt auf Basismotor: TCD 7.8 L6 Industrie EU Stufe IV und V / EPA US Tier 4
- Modifizierte / angepasste Ausstattung:
 - Ansaugstrecke mit H₂ Rail und Einspritzsystem
 - Zylinderkopf mit Zündsystem
 - Kolben / Ringpaket
 - ATL, Abgasamleitrohr und AGR Kühler
 - ECU Software Bedatung
 - Entfall Abgasnachbehandlung

LEISTUNG / EMISSIONEN





Thomas Korn, oprichter en CEO van Keyou, tijdens de introductie op de IAA. Korn bespeurde onder eindgebruikers serieuze interesse.



De nieuwe kop zoals Keyou die ontwikkelde voor de Deutz-motor, met duidelijk zichtbaar de centraal geplaatste ontsteking.

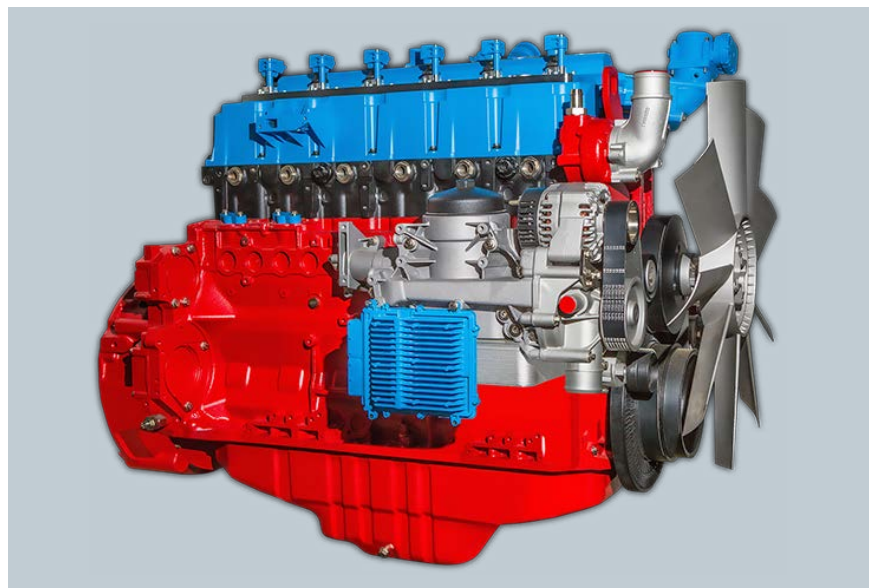
name kansen bij zwaardere motoren, vooral in vrachtwagens en bussen, waar voor langdurige inzet alternatieven als batterijtechniek en een eventuele brandstofcel serieuze beperkingen hebben. Motorenbouwer Deutz haakte aan als ontwikkelingspartner en stelde hiervoor de bekende 7,8-liter-TCD-motor beschikbaar. Deze is door Keyou succesvol aangepakt en ontwikkeld als pure 180 kW (245 pk) waterstofkrachtbron. Daarbij geeft Keyou aan de motor inmiddels op een rendementsniveau van 42 procent te hebben, waarmee hij in dit opzicht redelijk gelijkwaardig presteert als een moderne dieselmotor (circa 45 procent rendement). Daarbij liggen de emissiewaarden ver onder Euro 6-norm en is er geen CO₂- en fijn(roet)stofproductie.

De verbranding

Dat het even heeft geduurd voordat de motor was ontwikkeld, heeft er alles mee te maken dat het niet even aanpassen van een bestaande motor is. Waterstof is een zeer explosieve brandstof met een andere verbrandingskarakteristiek dan die van dieselolie of benzine. De ontstekingstemperatuur van waterstof ligt met 560 graden Celsius hoger dan bij benzine en diesel, maar ook is een mengsel van waterstofgas en lucht ontvlambaar bij een lucht-brandstofverhouding die tussen de 4 en 96 volume-percenten ligt. De verhouding tussen zuurstof en waterstof komt dus bij lange na niet zo nauw als bij een benzine- of dieselmotor. Door deze grote bandbreedte is echter de kans op pingelen en de invloed op vol- en deellastwaarden en op NO_x-waarden veel groter dan bij dieselolie. Dat stelt hoge eisen aan de brandstofregeling. Waterstof bevat per kilogram ongeveer drie maal zoveel energie als dieselolie, maar is (ook gecomprimeerd op 350 bar) vele malen lichter. En dus heb je in liters veel meer nodig per kilowatt dan bij dieselolie. Dat vergt dus ook een grotere aanvoer en grotere inspuithoeveelheden en dus ook ruimere inlaatsystemen. Bovendien heb je een ontsteking nodig. Op al die punten moest de motor worden doorontwikkeld.

Nieuwe delen

Keyou heeft de motor voorzien van een nieuwe eigen cilinderkop met injectiesysteem en ontsteking en het benodigde vergrote inlaat- en inspuitsysteem voor de waterstof. Het was



De Deutz-Keyou-motor, waarbij het rode gedeelte het standaard Deutz-motorblok is, met de zwarte Keyou-kop en in het blauw de Keyou-componenten.

even een ding om de grotere aanvoer in volume van brandstof te realiseren, waarbij de warmtehuishouding op orde moest blijven. De waterstof wordt namelijk in dampvorm (dus niet als vloeistof ingespooten, zoals bij een diesel via de verstuivers). Het inlaatsysteem mag niet te veel worden opgewarmd. Verder zit er een andere turbo op, is de compressieverhouding verlaagd om de verbranding goed te regelen en zijn er nieuwe zuigers met een aangepaste zuigervorm en nieuwe cilindervoeringen en ook zijn er andere toleranties toegepast om de verbranding en de NO_x-productie in de hand te houden. Keyou geeft aan dat de motor nu in vol- en deellast (koppelkromme, getest) nagenoeg gelijkwaardig aan een dieselmotor presteert en dat de NO_x-waarden met behulp van een speciale H₂-SCR-katalysator onder de Euro 6-normen liggen. Daarbij is geen AdBlue nodig. Keyou heeft het project zo aangepakt dat er gebruik kan worden gemaakt van het standaard Deutz-diesel-onderblok om zo de ombouw puur via componenten mogelijk te maken, ook bij bestaande motoren. Keyou stelt dat in principe gelijkwaardige smeerolie toereikend is. Samen met Shell wordt onderzocht of er eventueel aanvullende smeerolie-eisen nodig zijn. Hier verwacht Keyou geen knelpunten of beperkingen.



Vergelijking achttientons trucks

Om de verschillen zichtbaar te maken een vergelijking van op diesel, elektrisch en op waterstof rijdende achttientons distributietrucks. We baseren ons daarbij op de gegevens van Keyou en die over de elektrische en dieseltruck. Het gaat dus om een beeld van de verhoudingen, waarbij er in de praktijk een grote spreiding is. De brandstofcel hebben we buiten beschouwing gelaten, omdat dit in feite ook een waterstofoplossing is, waarbij het brandstofverbruik, het gewicht en de grootte van de tank redelijk vergelijkbaar zijn met die van de Keyou-oplossing.

Systeemvergelijking achttientons trucks

	Diesel	Elektrisch	Waterstof
Type	dieselmotor	lithium-ion	waterstofmotor
Prijs	€ 70.000,-	€ 250.000,-	€ 180.000,-
Levensduur	12 jaar	5-8 jaar (batterij)	12 jaar
Inhoud tank/batterij	200-300 liter	200-300 kWh	41 kg
Gewicht tank/batterij	200-300 kg	2000-3000 kg	615 kg
Volume tank/batterij	-	1200-1800 liter	820 liter
Vullen/opladen	5 minuten	60-100/10 uur	8-10 minuten
Brandstofverbruik per 100 km	20-25 liter	80-120 kWh	6,8 kg
Prijs brandstof	€ 1,10 - € 1,20/liter	€ 0,10 - € 0,20/kWh	€ 5,- - € 6,-/kg
Bereik gem.	800-1500 km	170-375 km	ca. 600 km

Opmerkingen en kanttekeningen

Bij de achttientons trucks kan 300 Ah aan batterijen worden gemonteerd. In de praktijk wordt vaak gekozen voor 200 Ah, omdat dat toereikend is voor distributie-inzet. Distributietrucks worden immers ook niet altijd met de grootst mogelijke dieseltank aangeschaft. Het verbruik hangt sterk af van het gebruik. Van de Keyou hebben we alleen een gemiddelde waarde doorgekregen. De brandstofprijzen hangen sterk af van de inkoop van de ondernemer. De verwachting is dat diesel op termijn duurder gaat worden. Bij stroom wordt gerekend met een grote spreiding, waarbij er al fleetowners zijn die deze voor minder dan € 0,10 per kilowattuur inkopen. Voor de prijs van waterstof wordt gerekend met bedragen van € 5,- tot € 10,- per kilo. De verwachting is dat bij grootschalige afname deze onder de € 5,- zal komen. Voor de levensduur wordt voor batterijen algemeen circa vijf jaar gegarandeerd, maar er zijn fabrikanten die acht jaar opgeven. De verwachting is dat de batterijtechniek zich flink zal doorontwikkelen en dat erop het vlak van de hoeveelheid energie per kilo en mogelijk ook de levensduur dus nog vooruitgang zal worden geboekt en dat de prijzen mogelijk nog zullen dalen. Keyou geeft aan nu te rekenen op € 180.000,- als richtbedrag, maar dat de motor, als deze echt in serieproductie gaat, even duur of zelfs goedkoper zal worden dan een conventionele dieselmotor.



Heldere argumenten

Keyou vergelijkt zijn waterstofmotor vooral met de elektrische lithium-ionbatterij-oplossingen voor stadsbussen en distributietrucks (zie kader). In onze grondverzetsector zijn echter ook mogelijkheden. In vergelijking met het volume en gewicht van een pakket lithium-ionbatterijen zijn er kleinere en lichtere tanks, is deze oplossing vele malen goedkoper dan batterijen en gaat de motor net zo lang mee als een dieselmotor. De andere tegenspeler in dit verhaal is natuurlijk de brandstofcel. Deze heeft volgens Keyou als nadeel dat hiervoor schaarse grondstoffen nodig zijn en dat deze zwaarder en veel duurder is dan de oplossing van Keyou. Verder is de levensduur van een brandstofcel korter dan die van de dieselmotor. Bij de brandstofcel kom je op elektrische aandrijving uit. Bij de Keyou-oplossing kun je de bestaande mechanische aandrijflijn desgewenst onveranderd handhaven. Pijnpunt ten opzichte van diesel zijn het transport en de opslag van waterstof. Keyou mikt in eerste instantie op trucks voor distributieverkeer en op stadsbussen, die daarvoor naar vaste waterstoftankstations kunnen. Keyou wijst op een geplande bouw van honderd nieuwe publieke waterstofvulstations voor 2020 alleen al in Duitsland. In Nederland is dit ook in gang gezet. Wie het nieuws over de ambities op dit gebied van Groningen heeft gevolgd, weet dat hier ook het één en ander gaande is. Aftanken op uw eigen- en op werklocatie is nog wel een ding dat moet worden opgelost.

Deutz pakt het op

Inmiddels heeft Keyou, samen met Deutz, de waterstofmotor afgelopen najaar en winter al op diverse beurzen laten zien, waaronder de Bauma in China en de IAA in Hannover. Afgelopen maand heeft Deutz officieel een overeenkomst getekend met Keyou om door te gaan met de waterstofmotor. Deutz geeft aan dat het nu met Keyou begin 2020 enkele prototypen van bussen en trucks op de weg wil krijgen. De motorbouwer streeft ernaar om met Keyou de techniek in 2021-2022 serierijp te hebben en geeft al aan verder te denken door deze motor te combineren met zijn hybridetechniek. Inmiddels heeft Keyou van eindgebruikers al serieuze belangstelling, ook vanuit Nederland. De uiteindelijke prijs zal sterk worden bepaald door de schaalgrootte van de productie. Keyou stelt dat de kostprijs vergelijkbaar of zelfs lager kan zijn dan die van een moderne dieselmotor, omdat complexe emissietechnieken minder nodig zijn. Enkel EGR in combinatie met een H2-SCR-katalysator volstaat. Keyou mikt daarbij uiteraard in eerste instantie op stadsbussen en distributietrucks. Ook onze sector is, inspeland op wensen en eisen op het gebied van CO2-reductie en emissiearm werken in stedelijke gebieden, een belangrijke kandidaat en dus staat de motor op de Bauma. Een interessante ontwikkeling voor wie met het dieselmotorconcept graag emissiearm door wil.

TEKST: Gert Vreemann

FOTO'S: Deutz, Keyou