





Forschungsprojekt | Brennstoffzellenfahrzeuge

Wasserstofftank für den mobilen Einsatz

Brennstoffzellen-Fahrzeuge können einen Beitrag zur fossilfreien Mobilität leisten. Als Treibstoff nutzen sie Wasserstoff, der in einem geeigneten Tank (Druckspeicher) mitgeführt werden muss. Das Westschweizer Start-up New Generation Tanks hat den Prototypen eines Druckspeichers entwickelt, der einfacher in Fahrzeuge integriert werden kann, aus recycelbarem Material besteht und weniger wiegt als bisherige Druckspeicher.

Text **Benedikt Vogel**, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)

Bilder NGT, iRAP, Grafik: NGT/bearbeitet B. Vogel

B

Brennstoffzellenfahrzeuge werden durch einen Elektromotor angetrieben. Den Strom beziehen sie aus einer Brennstoffzelle, die den Strom direkt im Fahrzeug aus Wasserstoff generiert. Wasserstoff hat von allen Brenn- und Treibstoffen die höchste massenbezogene (gravimetrische) Energiedichte, jedoch ist die volumetrische Energiedichte bei atmosphärischem Druck mit rund 80 Gramm pro Kubikmeter extrem gering. Um das Volumen zu verringern, transportieren Fahrzeuge den Wasserstoff in komprimierter Form bei hohen Drücken von 350 oder 700 bar.

Leichte Tanks erhöhen Transportkapazität

Die 2018 gegründete Start-up-Firma New Generation Tanks (NGT) mit Sitz in Renens (VD) will neuartige Wasserstofftanks für Brennstoffzellen-Fahrzeuge entwickeln. «Die bisher auf Fahrzeugen eingesetzten Wasserstofftanks sind schwer, sperrig, lassen sich nicht optimal in die Fahrzeuge integrieren und können nicht recycelt werden», sagt Firmengründer Gilles Rocher.

Als Autofahrer stellt man sich einen Tank als Stahlbehälter mit Deckel vor. Ein Wasserstofftank für Mobilitätsanwendungen ist weit komplexer. Um den ungiftigen, farb- und geruchlosen, aber leicht entflammenden Stoff zu speichern, müssen Wasserstofftanks mehrere Hauptanforderungen erfüllen: Sie müssen dicht sein, möglichst wenig Platz einnehmen, auch nach vielen Befüllungsvorgängen möglichst keine Materialermüdung zeigen, und – für Mobilitätsanwendungen – ein möglichst geringes Gewicht haben. In Brennstoff-



Prototyp des NGT-Druckspeichers für Wasserstoff mit einem Durchmesser von 115 mm und einer Länge von 450 mm. Die künftigen Speicher können Längen von 450 mm (z. B. für Drohnen), über 1 bis 2 Meter (z. B. für leichte Transportfahrzeuge) und 2,6 bis 6 oder sogar 9 Meter (für Lastwagen und Busse) erreichen (Bild links).

Erster Schritt des Recyclingprozesses: Zersägen des Druckspeichers. Dann werden die geschnittenen Teile in Späne zerkleinert, die Späne werden erhitzt und verdichtet. Die daraus entstehende Masse kann zu jeder Art von Teilen für Automobil- oder Haushaltsgerätee Anwendungen geformt werden.



zellen-Fahrzeugen kommen in der Regel Typ-4-Tanks zur Anwendung (siehe Box).

Kunststoff statt Stahl

Typ-4-Tanks – sie wurden seit den 1990er Jahren entwickelt – bestehen ausschliesslich aus Kunststoff: Der Innentank – Liner genannt – ist aus einem thermoplastischen Kunststoff, die Aussenhülle aus einem Verbundwerkstoff aus Epoxidharz und Kohlenstofffasern. Hier setzen die Entwickler von NGT an: Sie wollen den Typ-4-Tank weiter verbessern und dabei das nicht rezyklierbare und schwierig zu verarbeitende Epoxidharz durch ein thermoplastisches Polymer ersetzen.

Im Rahmen des BFE-Projekts Posshys mit Beteiligung von NGT und dem Labor Comatec an der Fachhochschule in Yverdon (HEIG-VD) wurde ein hochleistungsfähiges und günstiges thermoplastisches Polymer identifiziert, das für das NGT-Konzept geeignet ist. Das ausgewählte Polymer wird zum einen für den Liner verwendet, zum anderen für die Verarbeitung der Aussenhülle. Dort tritt es an die Stelle des Epoxidharzes und bildet zusammen mit den Kohlenstofffasern einen thermoplastischen Verbundwerkstoff. Das Polymer hat thermoplastische Eigenschaften, es lässt sich mittels Erwärmung also immer wieder neu verformen und daher wiederverwenden. Epoxidharz dagegen ist ein Duroplast: Ist der Kunststoff einmal in der gewünschten Form erstarrt, kann er nachträglich nicht mehr durch Erwärmung verändert werden.

Lange Zylinder mit hoher Speichereffizienz

Mithilfe des thermoplastischen Polymers hat NGT in den letzten zwei Jahren im BFE-Projekt Hytmob den Prototypen eines innovativen Typ-4-Wasserstofftanks entwickelt, dies in Zusammenarbeit mit dem Labor iRAP der Freiburger Fachhochschule (HEIA-FR) und dem Labor Comatec (HEIG-VD). Für den Tank wurde eine Form

von langen, schmalen Zylindern gewählt. NGT strebt eine Speichereffizienz von 8 bis 10 % an. Das heisst, der Druckspeicher kann Wasserstoff mit einem Gewicht von bis zu 10 % des Speichergefäss-Gewichts aufnehmen. Heute liegt die Speichereffizienz handelsüblicher Tanks zwischen 5 und 7,5 %, je nach Betriebsdruck (350 oder 700 bar) und Grösse.

«Die Innovation unserer Druckspeicher steckt im neuartigen Material, aber auch im Design, das wir insbesondere für die beiden Endverschlüsse der Tanks entwickelt haben», sagt Gilles Rocher. «Dank einer speziellen Geometrie braucht es weniger Material, was wichtig ist, weil das thermoplastische Polymer relativ teuer ist.» Die Innovation von NGT besteht ferner in einem neuen Herstellungsprozess für die Aussenhülle, mit dem das Potential der Kohlenstofffasern hinsichtlich Zugfestigkeit voll ausgeschöpft werden kann.

Zertifizierung bis 2026

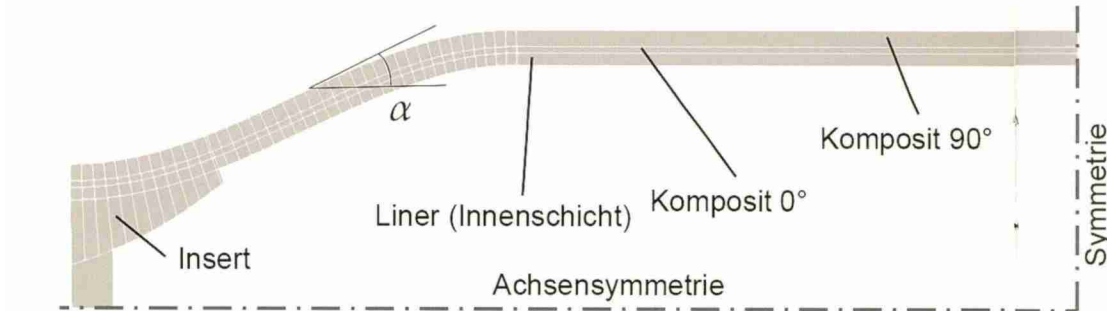
Der nächste Schritt für NGT besteht darin, den Herstellungsprozess für die Serienproduktion des Druckspeichers zu konzipieren, der Wasserstoff oder andere Gase speichern kann. Parallel dazu soll bis 2026 die anspruchsvolle Zertifizierung erfolgt sein. //

Schlussbericht zum Projekt Hytmob:

<https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=51465>. Schlussbericht zum Projekt POSSHYS: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=47508>.

Auskünfte zu dem Projekt erteilt Stefan Oberholzer (stefan.oberholzer@bfe.admin.ch), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Wasserstoff.

Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Wasserstoff finden Sie unter www.bfe.admin.ch/ec-h2



Comtec hat ein parametrisches Simulationsmodell entwickelt, mit dem die Geometrie, die Materialeigenschaften und die Wandstärken der Liner- und Verbundschichten verändert und simuliert werden kann.

W

wissen |



Gilles Rocher (rechts, Gründer von NGT) und Eric Amaral (links, Leiter F+E bei NGT).

Zwei akademische Partner

Am Projekt HYTMOB waren zwei akademische Partner beteiligt: Das Institut für Mechanisches Design, Materialwissenschaften und Verpackungstechnologien (COMATEC) an der Waadtländer Hochschule für Ingenieurwissenschaften und Verwaltung (HEIG-VD) in Yverdon hat ein Simulationsmodell entwickelt, um die Dicke der Auskleidung und der Verbundschichten zu definieren. Das Institut für angewandte Forschung in der Kunststofftechnik (iRAP) der Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (HEIA-FR) hat unter anderem eine Simulation des Herstellungsprozesses durchgeführt, um sicherzustellen, dass der Liner auch hergestellt werden kann. Das Institut hat auch das Recyclingverfahren definiert und nachgewiesen, dass das aus Druckspeichern recycelte Material ein ähnliches Leistungsniveau aufweist wie nicht recyceltes «Originalmaterial», das auf dem Markt bezogen wird.



Vier Typen von Wasserstofftanks

Tanks zur Speicherung von Wasserstoff können kugelförmig sein, oft aber haben sie die Form eines mehr oder weniger langen Zylinders. Zylindrische Tanks bestehen meistens aus einem inneren Tankgefäss, fachsprachlich als «Liner» bezeichnet. Der Liner wird von einer Aussenhülle ummantelt, die dem Tank bei hohem Druck zusätzliche Stabilität verleiht und ggf. als thermischer Isolator wirkt (siehe Bild).

Abhängig von der Konstruktionsweise und vom Herstellungsmaterial werden Wasserstofftanks in vier Typen eingeteilt:

Typ 1:

Der Tank besteht aus einem robusten metallischen Liner und verfügt über keine Aussenhülle.

Typ 2:

Der Tank besteht aus einem metallischen Liner (in der Regel aus Aluminium gefertigt), ergänzt um eine Aussenhülle aus einem synthetischen Material (z. B. aus Epoxidharz-getränkten Glas- oder Kohlenstofffasern). Da die Aussenhülle einen Teil des Drucks aufnimmt, kann der Liner dünner konstruiert werden.

Typ 3:

Der Tank besteht aus einem metallischen Liner und einer Aussenhülle. Der gesamte Druck wird durch die Aussenhülle aufgenommen, daher kann der Liner sehr dünn gefertigt werden (z. B. aus Aluminium).

Typ 4:

Der Tank besteht aus einem nichtmetallischen Liner aus Verbundwerkstoff. Der Liner wird ummantelt von einer Aussenhülle aus Epoxidharz-getränkten Kohlenstofffasern und anderen eingewobenen thermoplastischen Polymeren. Typ-4-Tanks wiegen ca. 70 % weniger als Typ-1-Tanks. Sie eignen sich für Anwendungen, bei denen Wasserstoff unter hohem Druck gespeichert wird und das Gewicht des Druckspeichers gering sein muss wie beispielsweise im Bereich Mobilität.

