

Press release

Fraunhofer-Gesellschaft

Britta Widmann

09/01/2023

<http://idw-online.de/en/news819900>

Cooperation agreements, Research projects
Energy, Environment / ecology, Materials sciences, Mechanical engineering, Traffic / transport
transregional, national



Sichere Tanks für Wasserstofffahrzeuge

Es bedarf strenger Sicherheitsvorkehrungen, um Wasserstoff sicher zu verwenden. Aktuelle Brennstoffzellenfahrzeuge führen den Wasserstoff gasförmig in Drucktanks mit. Diese Kernelemente des H₂-Antriebssystems müssen selbst bei maximalen Betriebsbelastungen sicher bleiben. Um Gefahrensituationen zu vermeiden, sind regelmäßige Wartungen Pflicht. Doch die aktuell vorgeschriebene Prüfung des Tanks ist nur eine äußerliche Sichtprüfung. Schäden im Innern des Tanks können mit dieser Prüfmethode nicht detektiert werden. Im Verbundprojekt HyMon entwickeln Forschende des Fraunhofer LBF eine sensorbasierte On-Board-Strukturüberwachung, die eine dauerhafte Kontrolle der H₂-Drucktanks ermöglichen soll.

Wasserstoff wird derzeit gasförmig unter hohem Druck von bis zu 700 bar in Behältern aus Faserverbundwerkstoffen (FVK) gespeichert. Diese sind im Vergleich zu Metalltanks aufgrund ihrer geringen Masse für den Einsatz im Mobilitäts- und Transportsektor prädestiniert. Aus Sicherheitsgründen werden die H₂-Drucktanks vor ihrem ersten Einsatz aufwendigen Prüfungen unterzogen, um einen sicheren Betrieb über die Lebensdauer zu gewährleisten. Darüber hinaus muss die Integrität des Behälters bei wiederkehrenden Belastungen durch Betankung und Entnahme des Wasserstoffs wie auch im Schadensfall (z. B. Auffahrunfall) sichergestellt sein. Die derzeit vorgeschriebenen Sichtprüfungen auf eine äußere Beschädigung des Tanks können dies nicht leisten. Alternativ kann die Schadensdetektion durch eine dauerhafte Überwachung – sogenanntes Structural Health Monitoring, kurz SHM – des Druckbehälters realisiert werden. Ein entsprechendes intelligentes System zur permanenten Zustandsüberwachung von Wasserstofftanks entwickeln Forschende des Fraunhofer LBF in Darmstadt in enger Zusammenarbeit mit Partnern im Projekt HyMon (siehe Kasten). Diese On-Board-Strukturüberwachung – bestehend aus geeigneter Sensorik und Auswerteelektronik – soll zum einen die Daten für den Service- und Reparaturfall liefern. »TÜV-Prüfer erhalten durch unsere Technologie beispielsweise nach einem Unfall objektive Informationen über die Belastungen des Tanks und können so objektiv entscheiden, ob dieser noch wiederverwendbar ist oder ausgetauscht werden muss«, sagt Johannes Käsgen, Wissenschaftler am Fraunhofer LBF. Zum anderen soll sie dabei unterstützen, die Wartungskosten zu senken und eine sichere Ausnutzung der Tanks über die gesamte Lebensdauer zu gewährleisten.

Schallemissions- und Dehnungssensoren detektieren Schäden im Tank

Im Fokus der Forschungsarbeiten stehen Schallemissionssensoren bzw. Acoustic-Emission-Sensoren. Reißt eine einzelne Kohlefaser im Drucktank, entsteht eine Schallwelle, die durch die Fasern läuft. Die Sensoren erfassen die hochfrequente Schallwelle und können so die Anzahl der gebrochenen Fasern ermitteln. »Durch Sonderlastfälle, beispielsweise Auffahrunfälle, können die Tanks lokal beschädigt werden, wodurch innerhalb kürzester Zeit viele Fasern brechen«, erklärt Käsgen. »Die Messsignale werden durch eine Auswerteelektronik verarbeitet und informieren so über den Gesundheitszustand des Tanks.« Die erforderlichen Algorithmen und Methoden zur Detektion von Faserbrüchen werden am Fraunhofer LBF entwickelt. Diese umfassen beispielsweise die Frequenzanalysen der Schallwelle. »Sensoren am Tank nehmen die hochfrequenten Schallwellen im Falle eines Faserbruchs auf, die Algorithmen detektieren die Faserbrüche, die gezählt werden. Nimmt die Rate an Faserbrüchen plötzlich zu, so ist das ein Indiz, dass der Wasserstofftank am Ende seiner Nutzungszeit ist«, resümiert der Forscher den Ablauf. Die durchgängige

On-Board-Strukturüberwachung garantiert ein erhöhtes Sicherheitsniveau von Wasserstofffahrzeugen, da mögliche Schäden auch bei kleinen Impacts – etwa durch das Aufsetzen auf einen Poller – und die Restlebensdauer des Tanks abgeschätzt werden kann. Durch die umfassende Qualitätssicherung lässt sich darüber hinaus ein unnötiger Austausch der Wasserstofftanks vermeiden.

Neben Acoustic-Emission-Sensoren werden auch faseroptische Dehnungssensoren in die Tanks integriert. Diese bestehen aus lichtleitenden Glasfasern, in die sogenannte Faser-Bragg-Gitter-Sensoren integriert sind. Die Glasfasern werden direkt bei der Herstellung in die FVK-Schicht des Tanks eingewickelt oder nachträglich auf die Oberfläche aufgebracht, um eine kontinuierliche oder periodische automatisierte Überwachung von Dehnungen rund um den Wasserstofftank zu ermöglichen. Anders als konventionelle Dehnungssensoren eignen sich diese Glasfasern aufgrund ihrer Robustheit gegenüber hohen Materialdehnungen und Belastungszyklen besonders für die Überwachung von kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen. Mit den Messdaten der Dehnungssensoren werden zum einen die Berechnungsmodelle der Drucktanks verifiziert und zum anderen Erkenntnisse darüber gewonnen, wie sich das Materialverhalten über die Lebensdauer des Tanks verändert, um hieraus Rückschlüsse auf den Ermüdungszustand des Materials zu ziehen.

Komplettsystem wird im Versuchsfahrzeug getestet

Im Prüfstand am Fraunhofer LBF werden zunächst anhand von sensorbestückten Kohle-faser-Flachproben verschiedene Arten von Schädigungen erzeugt – etwa Faserbrüche, Matrixbrüche oder Delaminationen – und mit den Sensoren die Schädigungssignale erfasst. Anschließend wird beurteilt, ob die Sensoren in der Lage sind, die Signale in ausreichender Qualität aufzuzeichnen, und ob die Algorithmen anhand der Signale die Schädigungsmechanismen richtig zuordnen können. Im nächsten Schritt wird das komplette Sensorsystem an dünnwandigen Modellbehältern und anschließend an Hochdruck-Wasserstofftanks überprüft, die unter Innendruck bis zum Versagen zyklisch beansprucht werden. Dabei untersuchen die Forscherteams wie viele Sensoren für die Strukturüberwachung erforderlich sind, an welchen Positionen und mit welchen Klebstoffen diese optimalerweise am Wasserstofftank angebracht werden müssen. Abschließend wird ein Versuchsfahrzeug mit Sensorik und On-Board-Strukturüberwachung ausgerüstet und durch die Kombination von virtuellem Crash und realem Prüfaufbau validiert. Ziel der Projektpartner ist es, das Komplettsystem als zukünftige serienmäßige Zustandsüberwachung zu ertüchtigen.

URL for press release: <https://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2023/september-2023/sichere-tanks-fuer-wasserstofffahrzeuge.html>



Der HyMon-Drucktank wird im Fraunhofer LBF vorgeschädigt.
© Fraunhofer LBF/Ursule Raapke