



200 BAR im Leichtbau-Tank

Neue Fertigungsverfahren sollen Erdgasfahrzeuge konkurrenzfähiger machen

Von Gundolf Kopp, Roland Schöll und Julia Förster

Warum gibt es noch immer so wenig umweltschonende Erdgasfahrzeuge? Die Antwort ist einfach: Sie sind teurer als konventionelle Fahrzeuge. Zwischen 1.000 und 2.500 Euro kostet es die Hersteller, Hochdrucktanks für das bei 200 bar komprimierte Erdgas in die Fahrzeuge zu integrieren. Die Ingenieure des DLR-Instituts für Fahrzeugkonzepte, Abteilung Leichtbau und Hybridbauweisen arbeiten mit neuen Werkstoffen, Fertigungsverfahren und vielen Partnern aus der Industrie an einer günstigeren und leichteren Lösung.

Erdgas als Kraftstoff für Verbrennungsmotoren zu nutzen ist an sich keine neue Idee – im Gegenteil. Bereits die ersten Verbrennungsmotoren im neunzehnten Jahrhundert basierten auf dem Prinzip der stationären Gasmotoren, einem Prinzip, das auch heute noch in Blockheizkraftwerken angewendet wird. Die Vorteile gasbetriebener Verbrennungsmotoren: geringer CO₂-Ausstoß und im Vergleich zu Verbrennungsmotoren, die mit flüssigen Kraftstoffen betrieben werden, niedrigere Schwefeldioxid-, Ruß- und andere Partikelemissionen.

Könnten wir heute auch im Verkehr verstärkt Erdgas einsetzen, würde das nicht nur zu einer Verringerung des CO₂-Ausstoßes führen und die Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe verlängern, sondern auch eine Schrittmachertechnologie zur Nutzung erneuerbarer Energien vorantreiben. Denn die Eigenschaften des Compressed Natural Gas (CNG), also des komprimierten Erdgases, sind denen von alternativen Energien wie Biogas oder Wasserstoff sehr ähnlich.

Grundsätzlich könnte Erdgas beim Fahrzeugantrieb herkömmliche fossile Kraftstoffe wie Benzin oder Diesel ersetzen. Einer Studie der Firma Roland Berger zufolge soll sich der Gesamtbestand an Erdgasfahrzeugen bis 2010 auf 360.000 erhöhen. Doch trotz des Entwicklungspotenzials, das die Studie dem Erdgasfahrzeug prophezeit und trotz der offensichtlichen Vorteile für die Umwelt wurden bisher nur wenige Erdgas-Fahrzeuge produziert und verkauft. Das gilt für Deutschland wie auch weltweit.

Dass man auf den Straßen so erstaunlich wenige Autos findet, die mit Erdgas fahren, ist zum Teil eine Geldfrage. Viele Fahrer schrecken vor dem höheren Preis. Denn gegenüber konventionellen Fahrzeugen verursacht die schwierige Speicherung von komprimierten gasförmigen Kraftstoffen in Hochdrucktanks zwischen 1.000 und 2.500 Euro zusätzliche Kosten in der Herstellung.

Das Kernproblem lässt sich einfach beschreiben: Belässt man das Gas bei Umgebungsdruck, dann füllt es

ein Volumen, das etwa tausendmal größer ist als der Platzbedarf, den flüssige Energieträger brauchen, um den gleichen Energiegehalt zu liefern. Es gibt also keine Alternative dazu, die Gase zu verflüssigen oder unter Druck stark zu komprimieren. Da unsere gesamte Gasversorgung auf gasförmigem Erdgas beruht, hat der Hochdruck-Ansatz in der Praxis die deutlich besseren Karten und wird heute – etwa an Tankstellen, die Gas bei Drücken von 200 bar speichern und abgeben – realisiert. Und trotzdem: Im Vergleich zu flüssigen Kraftstoffen ist der Platzbedarf im Tank bei gleichem Energiegehalt immer noch zwei- bis dreimal höher.

Dieses Verhältnis markiert die Ausgangssituation – oder wenn man so will, die Startlinie – des Projekts „DLR-GasTank“. Das Ziel heißt, die Nachteile des erhöhten Platzbedarfs auszugleichen: im Vergleich zum konventionellen Stahl-Gastank soll die Masse des Tanks, bezogen auf das gleiche Füllvolumen, um bis zu 30 Prozent und der Raumbedarf im Packaging um bis zu 35 Prozent re-

Leichter fahren für weniger CO₂

Im Bereich Fahrzeugleichtbau arbeiten das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt und die Fraunhofer-Gesellschaft gemeinsam mit der Universität Karlsruhe seit 2005 in Form des Forschungsverbundes „Kompetenzzentrum Fahrzeugleichtbau“ mit dem Schwerpunkt Faserverbundwerkstoffe eng zusammen. Der Forschungsverbund hat sich zum Ziel gesetzt, den Energieverbrauch eines Fahrzeugs und die damit verbundenen CO₂-Emissionen durch die Senkung der Fahrwiderstände signifikant zu reduzieren. Ein auch für Volkswagen obligatorisches Forschungsthema.

So koordiniert das Institut für Fahrzeugkonzepte die DLR-Aktivitäten im Bereich Verkehr am Standort Stuttgart und arbeitet am von Volkswagen koordinierten EU-Projekt „Super Light Car“ mit. Es erforscht und bewertet dabei innovative Bauweisen und Fahrzeugkonzepte, beispielsweise solche mit hochintegrierten und kostenattraktiven Magnesiumkonstruktionen.

Wissenschaftler des DLR arbeiten als Entwicklungspartner an Strategien, den richtigen Werkstoff am richtigen Platz einzusetzen: Multi-Material-Design ist das Schlüsselwort. Dabei ist die Forschungstiefe von der Konzeption über die Simulation bis hin zur Demonstration in geeigneten Prüfungsumgebungen ein ausschlaggebendes Kompetenzmerkmal.

Technisch ist es durch Multi-Material-Design möglich, 30 bis 40 Prozent des Karosseriegewichts bei gleicher Sicherheit und gleichem Komfort in Fahrzeugen einzusparen. Umgerechnet auf ein Mittelklasse-Fahrzeug bedeutet dies bis zu zehn wertvolle Gramm CO₂-Einsparung im europäischen Fahrzyklus. In Kundenhand sind die Gewinne noch wesentlich attraktiver!



Dr. Martin Goede, Volkswagen
Leiter des Projektes „Super Light Car“

duziert werden. Die Herstellung soll bis zu 25 Prozent günstiger werden.

Insgesamt neun Projektpartner, davon sechs aus der Industrie und drei aus der Forschung arbeiten in diesem Projekt, das vom Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg als Leitprojekt gefördert wird und mit vollem Namen „Innovative Technologien zur Gestaltung von Last tragenden Leichtbauteilen aus kurzfaserverstärktem Thermoplast mit Endlosfaserverstärkungen am Beispiel eines CNG-Tanks, (LLBT)“ heißt.

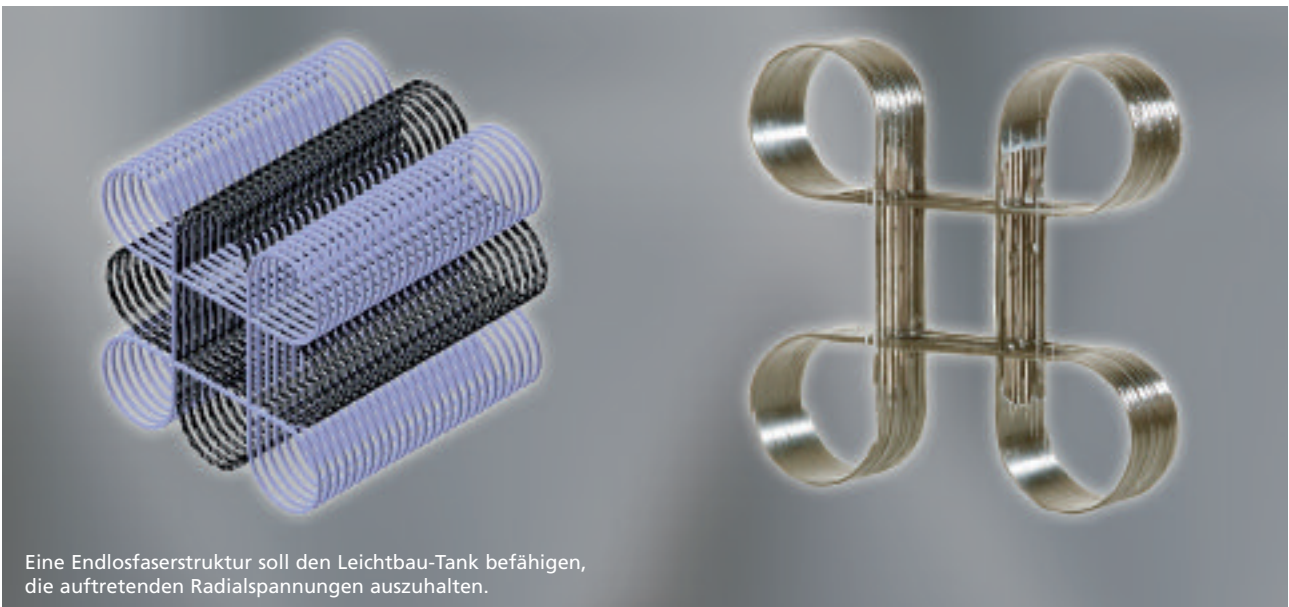
Die Grundkörper heutiger CNG-Tanks werden aus Stahl hergestellt. Sie sind entsprechend schwer und lassen sich in ihrer klassisch gasflaschenförmigen, zylindrischen Form nur schwer in das Package bestehender Serienfahrzeuge integrieren. Das Gewichtsproblem könnte man durch faserverstärkte Werkstoffe lösen, die mit Hilfe des so genannten Nasswickelverfahrens für faserverstärkte Duroplaste gefertigt werden. Aber: Dieses Fertigungsverfahren führt zu langen Taktzeiten und damit hohen Herstellkosten und löst das Packaging-Problem nicht.

Die Projektpartner gehen die neue Tankstruktur ganz anders an: Sie haben sich ein System überlegt, das auf einzelnen Waben beruht, die variabel angeordnet werden können und so besser in das vorhandene Fahrzeugpackage integrierbar sind. Fahrzeug-Entwickler bekommen damit mehr Gestaltungsfreiheit bei der Konzeption

der Karosseriestruktur, das Packaging lässt sich besser optimieren und das Gewicht des Fahrzeugs reduzieren. Ein wichtiger Schritt, um Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß des Fahrzeugs deutlich zu senken.

Doch weder mit der bislang angewendeten Wickeltechnik noch mit anderen herkömmlichen Verfahren der Verbundwerkstoff-Technologie ist dieses System realisierbar. Stattdessen wollen die Ingenieure die Tanks aus so genanntem kurzfaserverstärktem Kunststoff im Spritzgussverfahren herstellen. Denn damit lassen sich leichte Bauteile und eine serienmäßige, kostengünstige Herstellung erreichen. Einen Haken allerdings gibt es: Bisher existiert kein zufriedenstellendes Versagenskriterium für einen kurzfaserverstärkten Kunststoff, insbesondere für mehrachsige Beanspruchungen, wie sie in einem Hochdrucktank auftreten. Mit anderen Worten: Es gibt noch keine verlässlichen Erkenntnisse darüber, wie man diesen Kunststoff in der neuen Bauweise auslegen muss, damit er alle Anforderungen sicher erfüllt.

Diese Erkenntnisse liefert den Ingenieuren ein Probekörper, der unter zweiachsiger Beanspruchung und bei unterschiedlichen Temperaturen beim Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (FhG-IWM) in Freiburg getestet wird. Ein entscheidender Punkt dabei ist es, die Orientierung der Kurzfasern im Kunststoff zu optimieren. Diese Orientierung hängt ihrer-



Eine Endlofaserstruktur soll den Leichtbau-Tank befähigen, die auftretenden Radialspannungen auszuhalten.

seits ab vom Spritzgussprozess, der entsprechend gesteuert werden muss.

Der Tank braucht aber auch noch eine weitere Komponente. Denn bei Druckgasspeichern sind die Spannungen in Umfangsrichtung wesentlich größer als die in Längsrichtung, und die kurzfaserverstärkten Thermoplaste können damit allein nicht fertig werden. Helfen sollen ihnen Kohlenstofffasern, die als Endlofasern zu Schlaufen verarbeitet werden und in den Wabentank integriert werden. Dabei hält die Endlofaserstruktur die auftretenden Radialspannungen aus. Die am Projekt beteiligten Ingenieure am DLR und ihre Partner konnten mit Versuchsträgern bereits nachweisen, dass diese Endlofaserstruktur prinzipiell herstellbar ist.

Die Voraussetzungen für den „neuen“ Tank sehen also nicht schlecht aus: Mithilfe der Versuchsträger untersuchen die Projektpartner nun, wie die Waben im Spritzgussverfahren hergestellt werden können und wie sich Endlofaser und kurzfaserverstärkte Thermoplaste verbinden. Ein wichtiger Punkt, denn wegen der benötigten Kraftübertragung zwischen beiden Komponenten ist die Anbindung entscheidend. Auch die Frage, wie die Kurzfaserausrichtung und die endlofaserverstärkten Bauteile am besten aufeinander abgestimmt werden, wird noch einige Simulation und experimentelle Überprüfung erfordern.

Die Lösungswege sind – zwangsläufig – lang und steinig. Aber nur auf solchen Wegen lassen sich heute

noch echte Innovationen entwickeln. Am Ziel belohnen uns dafür neue Möglichkeiten und neue Fahrzeugkonzepte; DLR-Technologien für alternative Kraftstoffe und das Fahrzeug von morgen.

Autoren:

Roland Schöll ist Leiter des Teams für Konstruktion und Berechnung im Forschungsfeld Leichtbau und Hybridbauweisen am Institut für Fahrzeugkonzepte, Gundolf Kopp leitet das Forschungsfeld Leichtbau und Hybridbauweisen am Institut für Fahrzeugkonzepte und beschäftigt sich mit der Entwicklung von neuartigen Fahrzeugkonzepten und -bauweisen in Multi-Material-Design, Julia Förster arbeitet für das context: Redaktionsbüro in Hannover und ist Diplom-Physikerin und -Journalistin.



Packageoptimiertes Antriebsmodul mit DLR-Gastankstruktur (blau) und Freikolbenlineargeneratoren (gelb)

Integriertes Antriebsmodul in einer Sicherheits-Bodenstruktur mit seitlichen Faserverbund-Crashelementen (schwarz)

Heutiges Serienfahrzeug von VW mit konventionellen Stahlflaschen zur Speicherung von CNG (Compressed Natural Gas)

Quelle: Volkswagen AG, ECO Fuel