

# Zukunftsweisende Gastankstruktur in Wabenbauweise „proof of principle“

Dipl.-Ing. Philipp Straßburger, Dipl.-Ing. Roland Schöll, Dr.-Ing. Sivakumara  
Kannappan Krishnamoorthy, Prof. Dr.-Ing Horst E. Friedrich

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)  
Institut für Fahrzeugkonzepte  
Leichtbau- und Hybridbauweisen  
Pfaffenwaldring 38-40  
70569 Stuttgart  
[philipp.strassburger@dlr.de](mailto:philipp.strassburger@dlr.de)

**Abstract:** Neben den derzeitigen Anforderungen an die Sicherheit, die kostengünstige und großserientaugliche Herstellbarkeit und den Leichtbau rückt die „packagefreundliche“ Integration von Druckspeichern, um dauerhaft konkurrenzfähig zu werden, zusätzlich in den Fokus. Am DLR wurde das Prinzip des Wabantanks entwickelt, welches eine Anpassung eines Druckspeichers an einen gegebenen Bauraum ermöglicht. Der vorliegende Beitrag befasst sich dabei mit möglichen Werkstoffsystemen, Fertigungstechniken und prototypischen Herstellungsverfahren, die die Realisierung eines ersten Funktionsmusters ermöglichen. Die grundsätzliche Tauglichkeit der Bauweise wurde durch eine, in Anlehnung an die Berstprüfung der ECE Regelung Nr. 110 [UNE01], zerstörende Prüfung erbracht.

## 1 Motivation

Energiespeicherung ist eines der bedeutendsten Themen zur Gewährleistung der individuellen Mobilität in der Zukunft. Zukunftsszenarien zeigen, dass der Einsatz von gasförmigen Energieträgern steigen wird. Das Potential zur CO<sub>2</sub> Reduktion von Erdgas oder auch Substitute Natural Gas, verstärkt bereits heute das Bestreben der weit verbreiteten Anwendung. Die Integration derzeitiger Gastankkonzepte im Fahrzeug ist aufgrund der Nutzung von zylindrischen Gasspeichern schwierig und der vorhandene Bauraum wird nur schlecht genutzt. Eine Steigerung des Betriebsdrucks führt aufgrund der InkompRESSibilität von Erdgas oberhalb von 300 bar nicht mehr zu einer wesentlichen Steigerung der Speicherkapazität (Abbildung 1). Um die Speicherkapazität eines CNG-Tanks bei einem gegebenen Bauraum wesentlich zu erhöhen, muss die Geometrie des Tanks dem Bauraum angepasst werden.

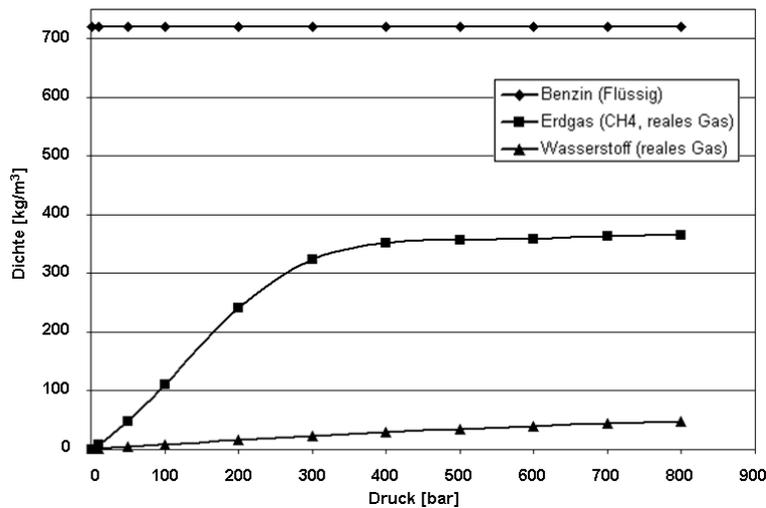
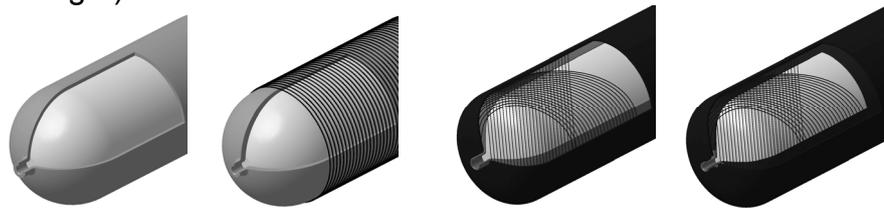


Abbildung 1 Dichte unterschiedlicher Treibstoffe in Abhängigkeit vom Druck (in Anlehnung an [FRI08])

## 2 Stand der Technik

Um das Gewicht von CNG-Stahl tanks (CNG 1) zu reduzieren, bietet sich das Umwickeln des Tanks mit Endlosfasern an. Man unterscheidet üblicherweise neben den CNG 1 Tanks drei Klassen von CNG-Tanks, die sich durch den Anteil der Verstärkungsfasern sowie durch die verwendeten Materialien differenzieren. In Europa und in Deutschland sind die meisten Hochdrucktanks zur Speicherung von verdichtetem Erdgas in bodengebundenen Fahrzeugen zylindrisch. Die Bauweisen sind zum Beispiel in der europäischen Regelung Nr. 110 [UNE01] und in der internationalen Norm EN-ISO 11439 beschrieben. Diese Vorschriften teilen die Hochdruckgastanks in vier Behältertypen mit den Bezeichnungen CNG 1 – CNG 4 ein (Abbildung 2).



	CNG 1	CNG 2	CNG 3	CNG 4
Wand	Metall			
Liner		Metall	Metall	Kunststoff
Wicklung		Umfangswicklung	Spiralwicklung	Spiralwicklung
Gewichtseffizienz	0,95 – 1,15 kg/l	0,75 – 0,85 kg/l	0,38 – 0,68 kg/l	ca. 0,36 kg/l

Abbildung 2 Übersicht über die Klassen von Erdgastanks CNG 1 – CNG 4 (in Anlehnung an [SCH08a])

Tanks der Klasse CNG 1 bestehen vollständig aus Metall. Diese Tanks stellen die kostengünstigste Bauweise dar, die aber auch die höchsten Gewichtsnachteile mit sich bringt. Bei CNG 2 Tanks wird ein metallischer Druckkörper mit Endlosfaserwicklungen in Umfangsrichtung belegt. Dadurch kann die Wandstärke des metallischen Teils des Tanks deutlich reduziert werden. Nach der Kesselformel sind die Spannungen, die durch den Innendruck in der Wand des Tanks entstehen, in Umfangsrichtung doppelt so groß wie die Spannungen in Längsrichtung (Gl. (1), (2)) [SCH08a].

$$\sigma_t = \frac{p \cdot D}{2 \cdot s} \quad (1)$$

$$\sigma_a = \frac{p \cdot D}{4 \cdot s} \quad (2)$$

Tabelle 1 Formelbeschriftung für Formel (1) und (2)

Formel	Einheit	Bezeichnung
$\sigma_t$	N/mm <sup>2</sup>	Spannung in Umfangsrichtung
$\sigma_a$	N/mm <sup>2</sup>	Spannung in Längsrichtung
$p$	N/mm <sup>2</sup>	Innendruck
$D$	mm	Innendurchmesser des Tanks
$s$	mm	Wandstärke des Tanks

Beim CNG 2 Tankkonzept werden die Spannungen in Umfangsrichtung hauptsächlich durch die Endlosfasern aufgenommen, während das Metall größtenteils die Längsspannungen aufnimmt. Will man die Wandstärke des metallischen Teils noch weiter reduzieren, dann müssen die Endlosfasern die Spannungen nicht nur in Umfangsrichtung, sondern auch in Längsrichtung aufnehmen. Dies führt zu einer spiralförmigen Wicklung der Endlosfasern, wobei der metallische Teil nur noch als Liner verwendet wird, dessen Hauptaufgabe darin besteht, die Dichtigkeit des Tanks sicherzustellen. Dieses Tankkonzept bezeichnet man als CNG 3. Bei der Klasse der CNG 4 Tanks wird anstelle des metallischen Liners ein Liner aus Kunststoff verwendet, wodurch dieses Tankkonzept die höchste Gewichtseinsparnis, aber bedingt durch den hohen Anteil an wertvollen Endlosfasern, auch die höchsten Kosten verursacht [SCH08a].

### 3 Das Wabentank Konzept

Als konsequente Weiterentwicklung im Hinblick auf die Nutzung der für Innendruck geeigneten Geometrie und der Möglichkeit der Anpassbarkeit an vorgegebene Bauräume wurde am DLR das Prinzip des Wabentanks entwickelt [KOC02] [KOC03] [SCH02]. Kernidee ist dabei, das Speichervolumen auf kleine, miteinander verbundene Speicherräume zu verteilen, welche sich günstig auch an komplexe Bauräume anpassen lassen.

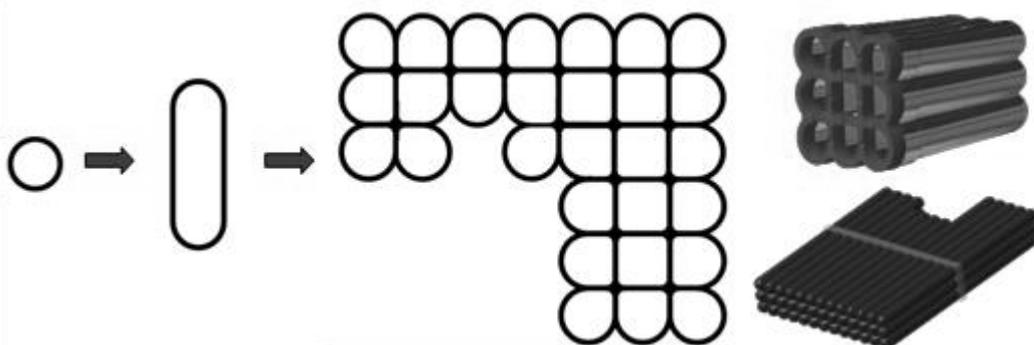


Abbildung 3: Entwicklung Wabentankprinzip

Für die Umsetzung des Wabentank-Prinzips sind faserverstärkte Kunststoffe durch ihr Leichtbaupotential besonders geeignet. Kosteneffiziente Herstellbarkeit in der Großserie und Recyclingfähigkeit sind Vorteile des Werkstoffsystems Thermoplast. Der Stand der Technik zeigt, dass der Einsatz von Duroplast als kriechfester Werkstoff für die Fertigung von Hochdrucktanks geeignet ist und zum Einsatz kommt. Untersuchungen bezüglich der Herstellungskosten ergaben, dass sowohl ein Thermoplast-Spritzgussverfahren, als auch eine Fertigung auf duroplastischer Basis (z.B. Resin Transfer Molding) für bestimmte Stückzahlen eine wirtschaftlich geeignete Variante darstellen. Mittelfristig sind die von Experten geschätzten Stückzahlen einer speziellen CNG Wabentankgeometrie für einen Fahrzeugtyp kleiner 10.000 Stück pro Jahr und somit mittelfristig für eine Fertigung in Duroplast geeignet.

Im Werkstoffsystem Thermoplast wurde ein Konzept entwickelt und grundlegende Werkstoffuntersuchungen wurden durchgeführt. In Anbetracht des hohen Interesses der Industrie an einem Wabentank, des geringeren Forschungsrisikos bzw. der schnelleren Umsetzbarkeit eines Funktionsmusters für den Nachweis der grundsätzlichen Tauglichkeit des Lösungsansatzes „Wabentank“, wurde ebenfalls ein Konzept in Duroplast entwickelt. Die Darstellung von Funktionsmustern in Duroplast ist des Weiteren kostengünstiger, da z.B. keine Großinvestitionen in Spritzgusswerkzeuge getätigt werden müssen. Durch die hohen Drücke im Thermoplast-Spritzguss, ist eine Platte erforderlich, die die einzelnen Kerne in Position hält. Eine Kernhalteplatte ist beim Herstellen in Duroplast aufgrund deutlich geringerer Fertigungsdrücke nicht erforderlich und ermöglicht so ein geringeres Gesamtgewicht des Tanks. Auszugsschrägen sind im Thermoplast-Spritzguss für eine Entformbarkeit erforderlich. Mit duroplastischer Matrix sind Konzepte möglich, bei denen eine Auszugsschräge entfällt und somit eine weitere Verbesserung der Bauraumausnutzung umsetzbar ist.

### 3.1 Thermoplast

Ein Konstruktionsprinzip des Wabentanks in thermoplastischer Spritzgießtechnik wurde am Institut für Fahrzeugkonzepte entwickelt (Abbildung 4). Das Grundgerüst des Tanks besteht aus einer Stützstruktur aus Carbon-Endlosfasern, die mit einem kurzfaserverstärkten Thermoplast umspritzt wird. Dabei dient die Endlosfaserstruktur der Aufnahme der Spannungen in Umfangsrichtung, während der kurzfaserverstärkte Thermoplast die Spannungen in Axialrichtung aufnehmen soll [STR10].

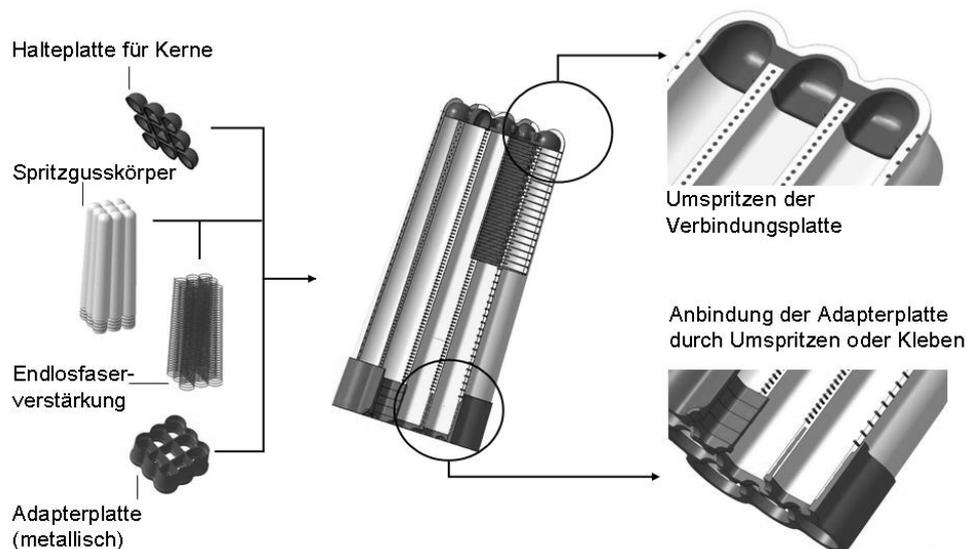


Abbildung 4: Aufbau des Thermoplast Tanks (schematisch)

Entwickelt wurde ein Legemuster, welches bei einem 3x3 Tank jede Zelle in einer Lage umschließt (Abbildung 4) und somit für eine optimale Krafteinleitung sorgt (Das Muster ist ohne konzeptionelle Veränderung auf jegliche Tankgeometrie mit einer ungraden Anzahl an Zeilen und einer ungraden Anzahl an Spalten übertragbar).

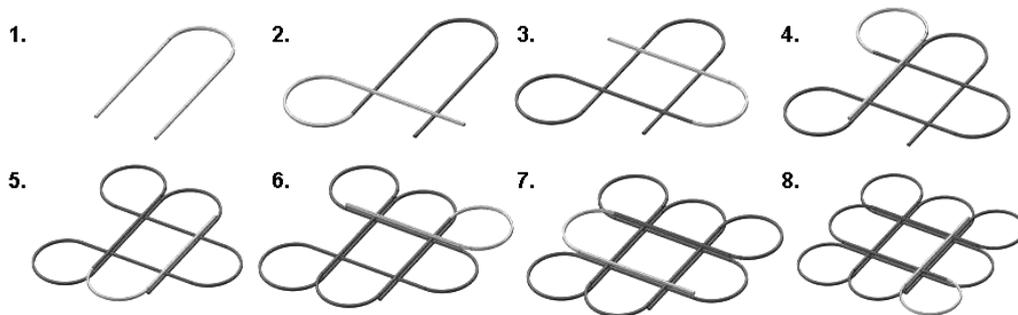


Abbildung 5: Legemuster der Endlosfaser

Ein Konzept zur Herstellung eines Wabentanks wurde entwickelt, das die Fertigung in mehrere Schritte unterteilt:

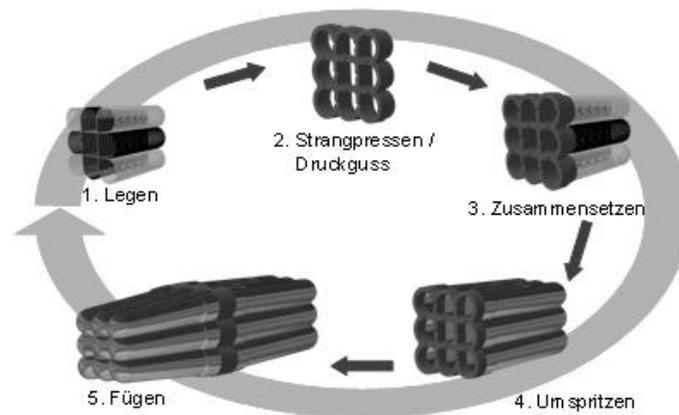


Abbildung 6 Fertigungsablauf des Thermoplastkonzeptes [SCH08b]

Für jede Tankhälfte wird zunächst die *Endlosfaserstruktur* hergestellt (Schritt 1). Diese Struktur wird anschließend mit einer *Adapterplatte* (Schritt 2) sowie einer *Halteplatte für die Kerne* (Kernhalteplatte des Spritzgusswerkzeuges) zusammengesetzt und in ein Spritzgusswerkzeug eingelegt (Schritt 3), um diese Struktur mit einem kurzfaserverstärkten Thermoplast (*Spritzgusskörper*) zu umspritzen (Schritt 4). Abschließend werden je zwei Hälften zu einem kompletten Tank gefügt (Schritt 5) (vgl. Abbildung 6).

### 3.2 Duroplast

Auf dem Weg zu einer industrialisierbaren Anwendung ist eine wesentliche, Frage die Auslegung eines Liners, der den Gasaustritt verhindert. Thermoplast Barrierschichten nach dem Stand der CNG 4 Technik kommen für das Wabentankkonzept aufgrund der hohen Wandstärken im Verhältnis zu den Zelldurchmessern und dem Anspruch einer möglichst optimalen Bauraumausnutzung nicht in Frage. Industriell auftragbare dauerhaltbare Dünnschicht-Barrieren für duroplastische Hohlkörper gibt es nach dem Stand der Technik nicht. Der Einsatz eines metallischen Liners bietet neben der Dichtigkeit bei sehr geringen Wandstärken den Vorteil, Hohlkörper ohne Auszugsschräge zu fertigen und die CFK Struktur direkt auf diesen zu applizieren. Somit ist eine deutlich bessere Bauraumnutzung in diesem Konzept gegeben.

Die Faserstruktur des Tanks besteht im Duroplastkonzept aus einem Laminataufbau im inneren der Zellen und einem Roving der die Zellen umschließt. Die auf die Randbereiche des Tanks wirkende Druckkraft an den Außenseiten des Tanks („Kraftstelle“, Abbildung 7) wird wie beim thermoplastischen Konzept über einen Endlosroving, der in der beschriebenen Wickeltechnik alle Zellen umschließt, an die gegenüberliegende Seite weitergeleitet.

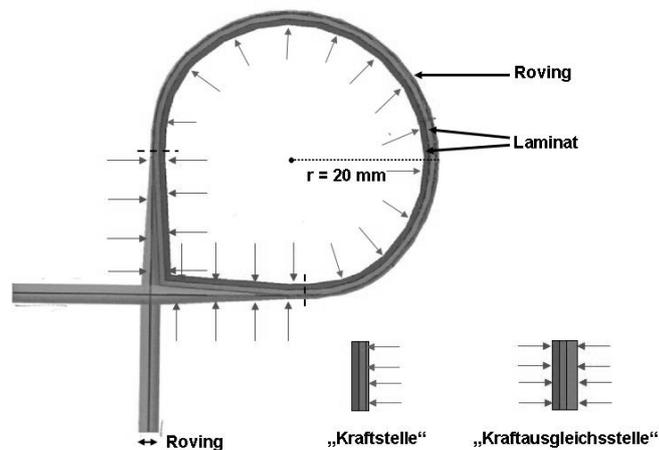


Abbildung 7: Begriffsbestimmung / Faseraufbau am Beispiel einer Eckzelle

Der Rovingdurchmesser, die Laminatwandstärke, deren Wandstärkenaufteilung und der Laminataufbau wurden unter dem Kriterium einer möglichst dünnen Wandstärke untersucht.

Die Simulation zeigt, dass durch eine Kraftaufnahme von Radialspannungsanteilen im Inneren der Zellen eine bessere Belastungsverteilung erzielt werden kann. Der im Graphen links dargestellte Aufbau aus Roving und reinen Axialfasern im Inneren der Zelle zeigt, dass bei einer Maximalbelastung des Rovings (Failure Index 1) die Maximallast der Axialfasern bereits 3-fach überschritten wurde. Ein Lagenaufbau mit  $0^\circ/90^\circ$  Lagen oder ein Lagenaufbau mit  $\pm 45^\circ$  Lagen, zusätzlich zur Endlosfaserwicklung, zeigt die beste Kraftverteilung (Abbildung 8).

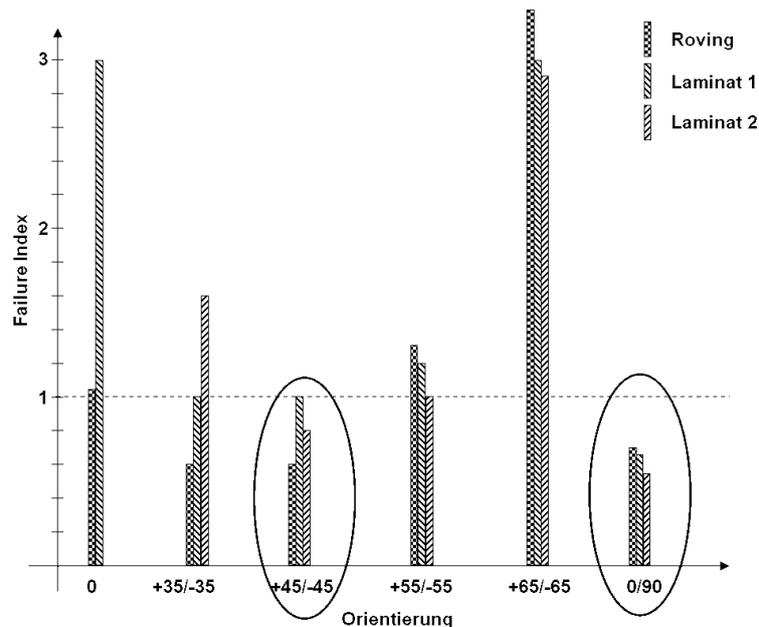


Abbildung 8: Virtuelle Untersuchungen zum Faseraufbau

Die Zellen werden im Thermoplast-Konzept mittels einer Adapterplatte verbunden. Vorversuche mit verschiedenen Anbindungskonzepten mit duroplastischer Matrix haben gezeigt, dass ein Formschluss mit den aktuellen Konzepten zur Sicherstellung der Anbindung zwingend erforderlich ist. Das Konzept sieht vor abgeschlossene Zellen zu fertigen, die über eine Verrohrung miteinander verbunden sind.

#### 4 Werkstofftechnische Untersuchungen (Thermoplast)

Zahlreiche Erkenntnisse über die Möglichkeiten und Grenzen kurz- und endlosfaserverstärkter Thermoplaste für eine Verwendung in strukturell hoch belasteten Bauteilen konnten gewonnen werden, sowohl hinsichtlich ihrer Verarbeitbarkeit, als auch in Bezug auf die mechanischen Eigenschaften. Dies kann die Konzeption und Auslegung solcher Bauteile in Zukunft wesentlich erleichtern werden. Beispielhaft seien Fließfähigkeitsuntersuchungen, unterschiedliche Spritzgusstechniken, der Vergleich der Faserorientierung von Einspritzversuchen und Einspritzsimulationen und die Versuchsvarianten zur Darstellung der Endlosfaserverstärkung erwähnt.

Die Materialcharakterisierung eines einsetzbaren Thermoplasts erfolgte sowohl eindimensional an Zugproben als auch mehrdimensional an Rohrproben.

Die Zugproben wurden bei Raumtemperatur, bei  $-40\text{ °C}$  und bei  $85\text{ °C}$  getestet, um eine breite Temperaturspanne des möglichen Einsatzbereiches abzudecken. Ein Polyamid mit 50 % Glasfaseranteil erreichte die beste Verhaltenscharakteristik. Für Folgeuntersuchungen ist zu bedenken, dass selbst bei einer idealen Faserorientierung bei Temperaturen von  $80\text{ °C}$  ein Abfall der Festigkeit von einem Ursprungswert von 240 MPa bei Raumtemperatur auf 160 MPa auftritt.

Ein Versuchsaufbau wurde konzipiert und erstellt, der die Zugprüfung von glasfaserverstärkten (GFK) Rohrproben bei gleichzeitiger Innendruckbelastung ermöglicht (Abbildung 9).

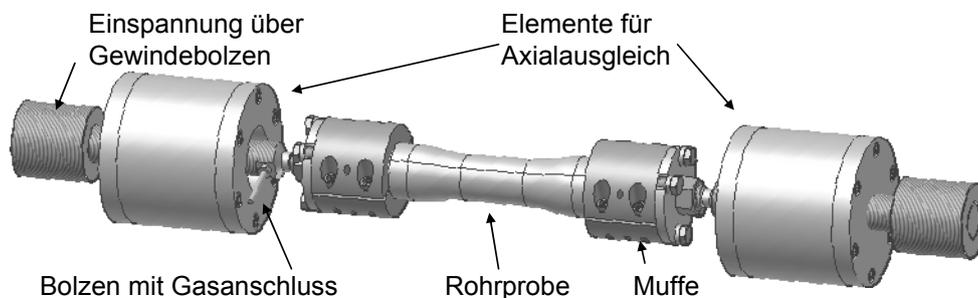


Abbildung 9: Aufbau biaxialer Belastungsversuche

Die biaxialen Belastungsversuche der kurzfaserverstärkten Thermoplastrohrproben ergaben, dass den Umfangsspannungen durch Innendruck relativ hohe Längsspannungen überlagert werden können, bevor eine Reduktion des Berstdrucks gemessen werden kann (Abbildung 10). Die Rohre ertragen beispielsweise noch die gleichen Umfangs- bzw. Querspannungen wie bei reiner Innendruckbelastung, wenn gleichzeitig Längsspannungen in einer Höhe von über 50 % der axialen Zugfestigkeit überlagert werden [SCH08b].

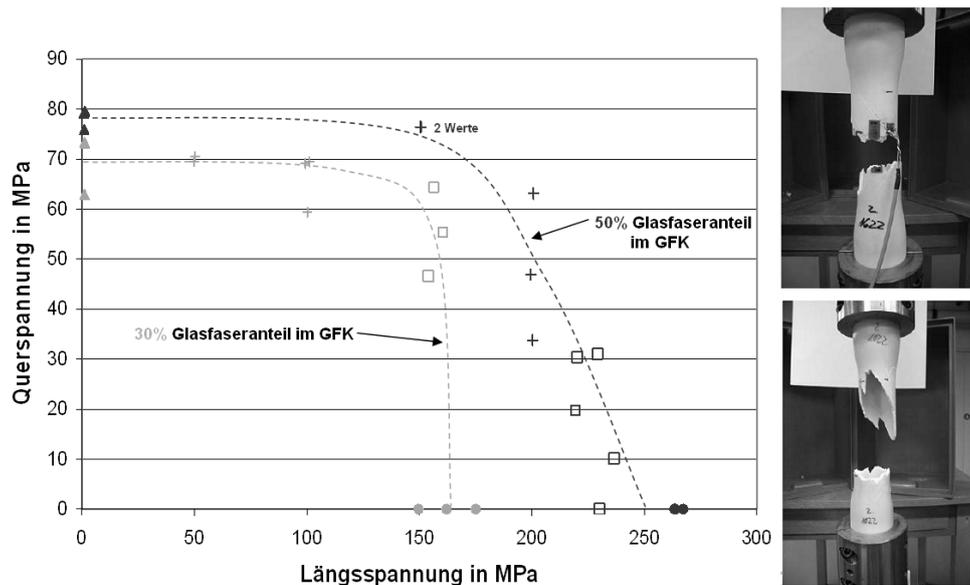


Abbildung 10: Biaxiale Belastungsversuche

## 5 Darstellung eines Funktionsmusters (Duroplast)

Die grundsätzliche Tauglichkeit der Wabenstruktur für Druckspeicher sollte durch den Berstversuch der ECE Regelung Nr. 110 für Antriebssysteme mit komprimiertem Erdgas [UNE01] nachgewiesen werden. Dieser maximale Belastungsversuch gilt als bestanden, wenn ein Tank einem Innendruck von 450 bar standhält. Als Funktionsmuster wurde ein Tank mit 9 Zellen in 3x3 Bauweise aus den genannten Gründen in Duroplast gewählt.

Eine fertigungstechnisch geeignete Umsetzung der Erkenntnisse aus der Simulation ist die Darstellung der annähernd zylindrischen Zellbereiche mittels Flechtschläuchen mit +/- 45° Fasern. Um an den Zellenden geeignete Endbereiche zu fertigen (Kalotten), wurde die Umsetzung der Kalotten mit vorgeformtem Gewebe erprobt. Trotz unüblich hoher Verformungsgrade konnten die Gewebekuppeln erfolgreich abgebildet werden

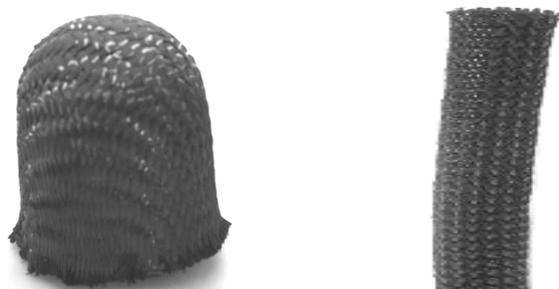


Abbildung 11 Vorgeformtes Gewebe zum Kuppelaufbau und Flechtschlauch für die annähernd zylindrischen Bereiche

Das Funktionsmuster wurde im Vakuuminfusionsverfahren hergestellt. Der metallische Liner, prototypisch im Lasercusing<sup>1</sup> hergestellt, bildet den Kern des Aufbaus. Andere Verfahren zur Herstellung von metallischen Hohlkörpern wären, aufgrund hoher Werkzeugkosten (z.B. Tiefziehen und Fügen) oder eines Technologierisikos (z.B. Rückwärtsfließpressen in Kombination mit Innenhochdruckumformen) bei dem aktuellen Stand der Entwicklung nicht gerechtfertigt. Flechtschlauch und die Gewebekappen werden zur besseren Kraftübertragung im Wechsel auf den Hohlkörpern drapiert. Die einzelnen Zellen werden infiltriert und ausgehärtet.

Die Zellen werden durch ein Rohrsystem, das aus Standardelementen der Fluidsystemtechnik zusammengesetzt ist, miteinander verbunden. Ein Laserblech zur weiteren Fixierung der einzelnen Zellen und zur genauen Einstellung des Spaltmaßes zwischen den Zellen wird montiert. Abschließend werden die Zellen mit einem vorimprägnierten Endlosroving mit der beschriebenen Wickeltechnik (vgl. Kapitel 3.1) miteinander verbunden.



Abbildung 12: Funktionsmuster

## 6 Untersuchungen und Berstversuch

Voruntersuchungen in Form von computertomographischen Aufnahmen wurden vor dem Berstversuch durchgeführt und zeigten die erwarteten kleinen Lunker die durch die prototypische Herstellung im Vakuuminfusionsverfahren im Faserverbundaufbau entstehen (Abbildung 13). Größere Fehlstellen, die zu einem vorzeitigen Versagen führen könnten, sind an den Aufnahmen nicht zu identifizieren.

---

<sup>1</sup> Beim Lasercusing, auch selektives Laserschmelzen genannte, werden Prototypen schichtweise mittels Laserstrahlung durch lokal vollständiges aufschmelzen von Kunststoffen, Keramiken oder Metallen in Pulverform aufgebaut

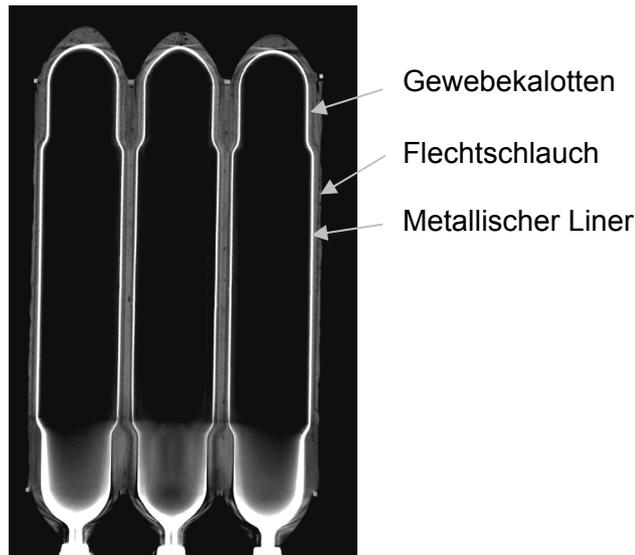


Abbildung 13: Computertomographie-Schnittbild des Funktionsmusters

Im Wasserberstversuch wurde ein maximaler Druck von 634 bar erreicht. Leckagen, die durch den prototypischen Liner verursacht wurden, verhinderten einen weiteren Druckaufbau. Die Faserstruktur kam aufgrund der Sicherheitsfaktoren aus der Simulation und den eingeplanten zusätzlichen Wandstärken zur Sicherstellung einer möglichen Fertigung des ersten Funktionsmusters bei diesem Druck nicht an ihre Belastungsgrenze (Abbildung 14).

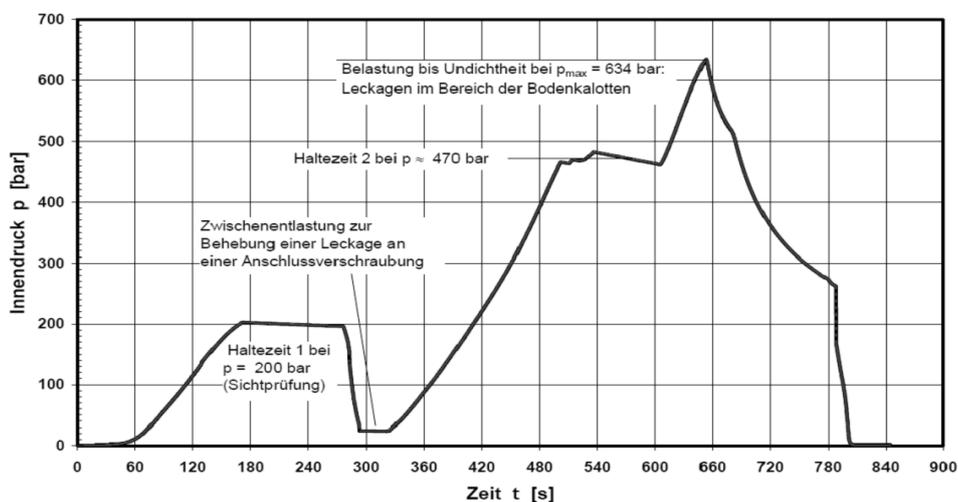


Abbildung 14: Druck-Zeit Verlauf des Berstversuches und Versagensbild

## 7 Effizienzen und Ausblick

Bei ausreichender Dimensionierung hat ein Wabentank nach theoretischen Berechnungen in der Ebene, im rechteckigen Bauraum betrachtet, einen Volumenzuwachs von 15% im Vergleich zu einem CNG-4 Tank nach dem Stand der Technik bei nahezu identischem Gewicht. Der wirkliche Vorteil des Wabentanks wird jedoch erst bei komplexen Bauraumgeometrien deutlich. In Axialrichtung sind unterschiedliche Längen einzelner Zellen denkbar. Im Querschnitt kann der Wabenaufbau an vorgegebene Bauräume durch eine Kombination der unterschiedlichen Wabengeometrien angepasst werden und diesen besser ausnutzen als die Kombination mehrerer zylindrischer Tanks. In einem realen Bauraum wurde gezeigt, dass im Vergleich zu eingesetzten Stahlflaschen 38% mehr Volumen im selben Bauraum untergebracht werden kann.

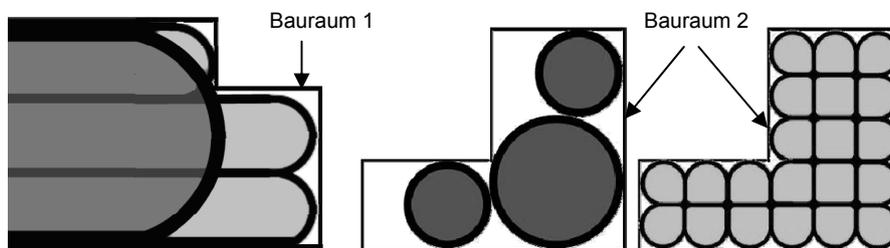


Abbildung 15: Volumenvorteile je nach Komplexität des Bauraums

Im weiteren Vorgehen sind Schwerpunkte auf eine Zellverbindung, einen dauerhaltbaren Liner und den Faserverbundaufbau zu legen. Es gilt zu klären, wie die Zellverbindung kostengünstig, großserientauglich und sicher konstruktiv umgesetzt werden kann. Beim Liner spielt die Herstellung und die Dauerhaltbarkeit (10.000 Zyklen / Temperaturwechseltest) eine wichtige Rolle. Auch den Aufbau des Faserverbundanteils gilt es im Hinblick auf eine weitere Gewichtseinsparung / Speichervolumenvergrößerung zu optimieren und eine industrielle Herstellbarkeit aufzuzeigen. Den Verbund von Liner und Faserverbundaufbau gilt es auf eine Dauerhaltbarkeit und die weiteren Anforderungen der ECE R110 auszulegen und zu untersuchen.

Der Einsatz von thermoplastischen Werkstoffen steht aufgrund der Vorteile der kostengünstigen Großserienfertigung und der Recyclebarkeit weiterhin für den Einsatz in hochbelasteten Bauteilen und neuartigen Konzepten im Fokus.

## 8 Literaturverzeichnis

- [FRI08] Friedrich, H. und Schöll, R.: „Gasspeichertechnologien für Fahrzeuge“ Gas frei für Erdgasfahrzeuge, Stuttgart, 19.-20.02.2008
- [KOC02] Kochendörfer, R., DE 10217246A1, Drucktank, 2002
- [KOC03] Kochendörfer, R., DE10217245A1, Drucktank, 2003
- [SCH02] Schöckle, S. , DE 10217247A1, Drucktank, 2002
- [SCH08a] Schöll, R.; Kriescher, M.; Kopp, Gu.; Toso, Y.: Lasttragende Leichtbauteile für ein neues Gastank-Konzept, ATZ 10/2008, Vieweg Verlag, S. 932 – 938
- [SCH08b] Schöll, R. und Thielicke, B.: „Wabentanks zur Erdgasspeicherung aus Faserverbundwerkstoff“ Konstruktion (60. Jahrgang ), Seiten 13-14. Springer VDI Verlag. ISSN 0720-5953 (2008)
- [STR10] Straßburger, P.; Kriescher, M.; Kopp, Ge.; Schöll, R.: Innovative Technologien zur Gestaltung von Last tragenden Leichtbauteilen aus kurzfaserverstärktem Thermoplast mit Endlosfaserverstärkungen am Beispiel eines CNG-Tanks (LLBT). Projektbericht. Kurzbericht: [http://www.mfw.baden-wuerttemberg.de/fm7/1106/LLBT\\_Abschlussbericht\\_Kurzfassung\\_FINAL.pdf](http://www.mfw.baden-wuerttemberg.de/fm7/1106/LLBT_Abschlussbericht_Kurzfassung_FINAL.pdf), 2010
- [UNE01] United Nation Economic Commission for Europe, „Agreement concerning the adoption of uniform technical prescriptions for wheeled vehicles, equipment and parts which can be fitted and/or be used on wheeled vehicles and the conditions for reciprocal recognition of approvals granted on the basis of these prescriptions“ Regulation 110, 2001