

# MATERIAL-CHALLENGE BEI GASDRUCKBEHÄLTERN

Aluminium, Stahl oder Kunststoff – welcher Werkstoff ist wohl der umweltverträglichste für wiederbefüllbare Druckbehälter? Dieser Frage gingen Wissenschaftler der Hochschule Trier nach. Dazu unterzogen sie verschiedene Druckbehälter für Flüssiggas einer **Ökobilanz**.

Susanne Hartard, Vanessa Wilcken und Peter Böhm

**D**ruckgasflaschen, die extremen Witterungsbedingungen ausgesetzt sind, werden bevorzugt aus Aluminium gefertigt, da der Werkstoff eine besonders gute Korrosionsbeständigkeit und eine höhere Wärmeleitfähigkeit aufweist. Zum Transport eignen sich jedoch leichte Faserverbundwerkstoffe. Die im Rahmen der Studie untersuchten ortsbeweglichen Druckgasflaschen sind abhängig von den Umgebungsbedingungen mit den brennbaren Flüssiggasen Propan, Butan oder deren Gemischen befüllt. Die Auslegung der untersuchten Druckbehälter erfolgt nach standardisierten Regelwerken des Deutschen Instituts für Normung (DIN) respektive der Europäischen Normung (EN).

Prof. Dr.-Ing. Susanne Hartard, Vanessa Wilcken und Prof. Dr.-Ing. Peter Böhm, Hochschule Trier in 54293 Trier, Tel. (06 51) 81 03-3 83, boehm@fh-trier.de

*Nachhaltigkeit beginnt bereits bei der Materialauswahl. Wissenschaftler der Hochschule Trier unterzogen Gasdruckbehälter einer Ökobilanzstudie, um den geeignetsten Werkstoff zu finden.*

Der Grundkörper der aus Stahl und Aluminium gefertigten Druckbehälter setzt sich aus zwei miteinander verschweißten Teilen zusammen: der unteren und der oberen Halbschale. Zur leichteren Handhabung ist der Behälter an der oberen Halbschale abhängig vom Einsatzbereich beiderseits des Ventils mit zwei Handgriffen oder einem Ventilschutzkragen ausgestattet. Zur Gewährleistung der Aufnahme des Ventils, das zum Ein- und Auslassen des Füllgutes dient, ist an der oberen Halbschale eine Muffe befestigt. Ein Fußring an der unteren Halbschale ermöglicht ein aufrechtes Stehen des Behälters.

## DIE NACHHALTIGKEIT EINES PRODUKTES MESSEN

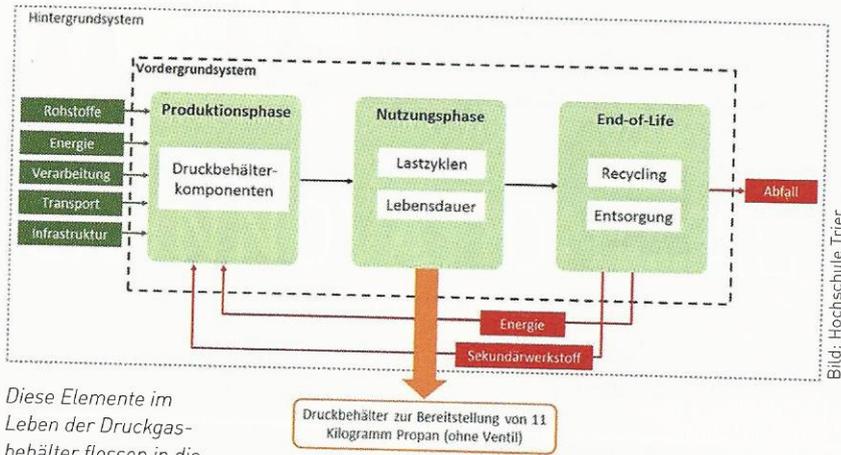
Druckbehälter aus Kunststoff setzen sich aus drei wesentlichen Komponenten zusammen, einer nahtlosen Innenverkleidung aus Polyethylen hoher Dichte (HD-PE), einem drucktragenden Zylinder aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) und einer Außenverkleidung aus HD-PE, welche die spätere Handhabung des Druckbehälters ermöglicht und aus den drei Teilen Boden, Deckel und Grundkörper zusammengesetzt ist.

Die Ökobilanz ist eine Umweltmanagementmethode, die zur Abschätzung produktspezifischer potenzieller Umweltwirkungen dient. Die Untersuchungen berücksichtigen den gesamten Lebensweg eines Produktes, ausgehend von der Rohstoffgewinnung über die Herstellung und Distribution bis hin zur Entsorgung beziehungsweise bis zum Recycling des Produktes.

Untersucht werden hier ortsbewegliche Druckgasbehälter, die rund 27 l fassen, was rund 11 kg Propan entspricht. Bislang können noch keine exakten Aussagen über die Lebensdauer der ver-



Bild: getman/freemove/3D/pixabay



Diese Elemente im Leben der Druckgasbehälter flossen in die Studie mit ein.

Bild: Hochschule Trier

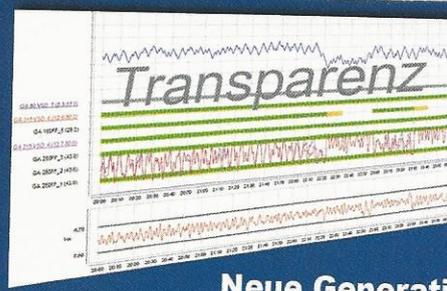
schiedenen Behälter getroffen werden. Bisherige Erfahrungen lassen den Schluss zu, dass die Lebensdauer von Aluminiumdruckbehältern bei 70 Jahren und die der Kunststoff- und Stahlbehälter bei 25 Jahren liegt. Mengenangaben sämtlicher Stoff- und Energieströme, die im Produktsystem Aluminium auftreten, stammen aus Messungen eines deutschen Herstellers von Druckgasflaschen auf Aluminiumbasis. Für die Produktsysteme Stahl und Kunststoff fand sich kein Studienpartner. Deswegen beruhen diese Mengenangaben auf Annahmen, die aus verschiedenen Datenquellen ermittelt wurden.

Im Rahmen der Sachbilanz werden die in den Produktsystemen Aluminium, Stahl und Kunststoff auftretenden relevanten Materialmassen- und Energieströme auf der Inputseite sowie die Produkte (erwünscht) und Kondukte (unerwünscht) auf der Outputseite analysiert, über entsprechende Prozessmodule verknüpft und darauf aufbauend Stoffstromanalysen erstellt, die einen anschließenden ökobilanziellen Vergleich der Produktsysteme ermöglichen.

Bei dem in dieser Studie gewählten Ansatz werden alle EoL-Prozesse (End-of-Life) berücksichtigt, also auch Recycling und Entsorgung. Um Emissions- und Energiebeiträge auswerten zu können, gehen die Wissenschaftler davon aus, dass die Druckbehälter ausschließlich mit Primärwerkstoffen hergestellt sind. Die Berücksichtigung der stofflichen und thermischen Verwertbarkeit der Werkstoffe erfolgt unter Berücksichtigung von Materialverlusten beim Recycling über eine Gutschrift der Verwertungsprozesse der im Verlaufe der im Lebenszyklus anfallenden Abfallmaterialien. In diesem Fall tragen die Abnehmer der Sekundärwerkstoffe die volle Verantwortung für die Umweltwirkungen der Verwertungsprozesse.

### BEIM RECYCLING PUNKTET ALUMINIUM

Im Hinblick auf die strengen Richtlinien zur Entsorgung von Gasflaschen gehen die Wissenschaftler davon aus, dass alle Druckbehälter aus Aluminium, Stahl und Kunststoff gesammelt werden. Aufgrund der guten Recyclingfähigkeit von Aluminium und Stahl wird außerdem angenommen, dass 100 % der gesammelten Druckbehälter dieser Materialien stofflich wiederverwertet werden. Beim Recycling des Aluminiums treten qualitätsabhängige Materialverluste auf,



Neue Generation

# airleader

## Kompressoren-Management

- ✓ 8-fache Trendberechnung
- ✓ Web-Server Visualisation
- ✓ Energie und Druckluftbilanzierung
- ✓ Mehr als 8000 Installationen
- ✓ Leakage Management

Effizienz

Automatische Optimierung



... selbst lernend

## Reduktion:\*

- 25% Last kW - 99% Leerlauf kW
- 30% Servicekosten - 50% Verschleiss

\*mögliche

DIN - ISO 50001 ready

WF Steuerungstechnik GmbH  
 Zeppelinstr. 7-9, D-75446 Wiernsheim  
 Tel. +49 7044 911100, Fax +49 7044 5717

Gegenüberstellung der Ergebnisse der verschiedenen Szenarien. Viele Punkte bedeuten einen schlechten Wert für die Ökobilanz. Szenario 1 beschreibt die Situation, wenn der Hersteller mit Sekundärwerkstoffen arbeitet und die Entsorgung übernimmt. Szenario 2 wurde in der Studie als Grundlage genommen und bei Szenario 3 fließen Recycling und die Entsorgung nicht in die Auswertung mit ein.

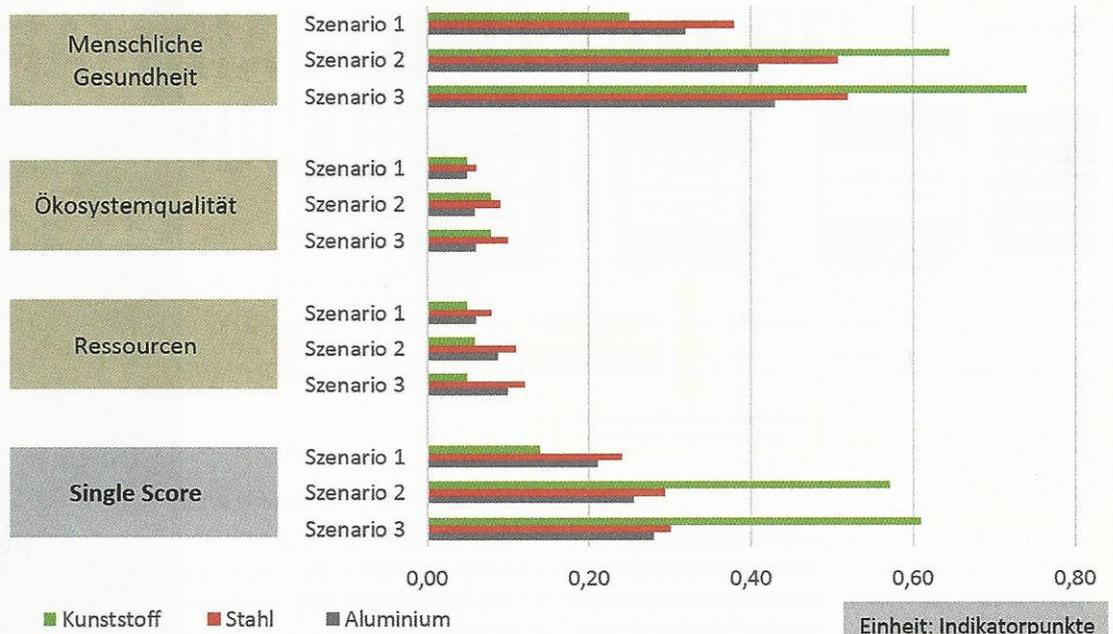


Bild: Hochschule Trier

die sich für Aluminium-Neuschrott auf maximal 2 % und für Altschrott auf maximal 5 % belaufen. Die Materialverluste für Stahl werden mit 5 % festgelegt. Da das HD-PE der gesammelten Kunststoffdruckbehälter nach dem Sortieren ebenfalls sauber und sortenrein anfällt, wird hier eine Recyclingrate von 90 % angenommen. Weil die Deponierung von GFK-Abfällen seit 2005 verboten ist, fließt das Material zu 100 % in die Müllverbrennung.

Als häufig diskutierte Umweltthemen wurden im Rahmen der Studie insbesondere die Kategorien Humantoxizität, Klimawandel, marine Ökotoxizität, terrestrische Versauerung und der fossile Ressourcenverbrauch genauer untersucht. Als Beispiel dient die Kategorie „Klimawandel“. Aus der Gegenüberstellung geht hervor, dass die größte Klimawirkung durch den Stahldruckbehälter verursacht wird. Die emittierte Treibhausgasmenge der Aluminiumflasche entspricht 93 % der Menge der Stahlflasche und die der Kunststoffflasche nur 69 %. Eine in diesem Zusammenhang interessante Untersuchung ist der Vergleich der Treibhausgasemissionen, die bei der Distribution der Druckbehälter anfallen: Da Stahlbehälter etwa doppelt so schwer wie Aluminium- oder Kunststoffbehältern sind, wird bei ihrem Transport auch rund 50 % mehr Kohlenstoffdioxid freigesetzt.

Stahl weist in den meisten Kategorien und besonders im Bereich der Ökosystemqualität und der Ressourcenverbräuche die höchsten Werte auf. Im Bereich der menschlichen Gesundheit hingegen liegt die Wirkung der Kunststoffbehälter deutlich über der von Stahl und Aluminium. Die Wirkung der Stahldruckbehälter entspricht hierbei rund 53 % der Gesamtwirkung der Kunststoffdruckbehälter, die der Aluminiumdruckbehälter sogar nur 46 %.

Vergleicht man jedoch alle Ergebnisse, ist Kunststoff der größte Umweltsünder. Die Gesamtwirkung des Produktsystems Aluminium entspricht rund 64 % der Umweltwirkung der Kunststoffflaschen und die des Produktsystems Stahl 79 %. Der Vergleich ergibt,

dass die Rohstoffgewinnung insbesondere bei Aluminium und Kunststoff den größten Teil an der Gesamtwirkung beiträgt. Bei Aluminium entspricht die Wirkung der Rohstoffgewinnung rund 83 % und bei Kunststoff 108 %. Bei Stahl hingegen ist der Herstellungsprozess des Druckbehälters inklusive der Halbzeuge und Vorprodukte mit 64 % der Gesamtwirkung dominant, was vermutlich auf eine verhältnismäßig schwierigere Bearbeitbarkeit von Stahl zurückzuführen ist.

Aus der Studie geht letztlich hervor, dass Aluminium für die meisten untersuchten Kategorien die geringste Umweltwirkung zeigt und als nachhaltigster Werkstoff für den Druckbehälterbau eingestuft werden kann, dicht gefolgt von Stahl. Kunststoff verliert insbesondere in der Rohstoffgewinnung und in der Wirkung auf die menschliche Gesundheit.

### SO WIRD KUNSTSTOFF ZUM GEWINNER

Vernachlässigt man das Recycling und die Entsorgung der Materialien, so ergeben sich keine wesentlichen Unterschiede im Testergebnis. Doch was, wenn Sekundärwerkstoffe die Recyclingfähigkeit beeinflussen und der Druckbehälterhersteller die volle Verantwortung für Entsorgungs- und Verwertungsprozesse trägt? In dieser Variante fallen die Ergebnisse für Kunststoffbehälter besser aus. Denn hier wird dem Druckbehälterhersteller die Recyclingfähigkeit der genutzten Werkstoffe vollständig angerechnet, indem der erforderliche Primäraufwand unter Berücksichtigung der Verwertungs- und Recyclingraten durch Sekundärwerkstoff ersetzt wird. Diese Betrachtung führt so weit, dass Kunststoff verglichen mit Stahl und Aluminium die geringste Umweltwirkung zeigt.

Die vorliegende Ökobilanzierung hat gezeigt, dass Aluminium verglichen mit Stahl und Kunststoff der nachhaltigste Werkstoff im Druckbehälterbau ist. Das ausschlaggebende Element ist die Nutzungsdauer. Lässt man diese unberücksichtigt, erhöhen sich die Werte für Aluminium erheblich.

