

Die Arbeitsgruppe Statik der AVK-Frankfurt arbeitet an einer Vereinfachung zur Berücksichtigung von Stutzenlasten an GFK-Behältern. Hierzu wurde über eine Masterarbeit<sup>1</sup> an der FH-Aachen ein Projekt gestartet um den Einfluss der Stutzenkräfte näher zu untersuchen. Eine kurze Erläuterung worum es hierbei geht gibt der nachfolgende Beitrag der fortlaufend mit den aktuellen Ergebnissen ergänzt wird.

## 1. Was sind Zusatzlasten an Stutzen (Stutzenlasten)?

Stutzenlasten sind Lasten die aus abgehenden Rohrleitungen oder angebauten Armaturen auf den Stutzen und somit auf den Behälter/Apparat einwirken. Es können Längskräfte, Querkräfte und Momente auftreten.

Mögliche Ursachen von Zusatzlasten an Stutzen:

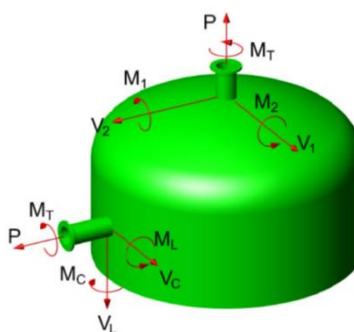
- Eigengewicht von Rohrleitungen / Armaturen etc.
- Temperatur → Behinderte Wärmedehnung
- Last aus Füllung
- Lasten aus Druck
- Wind, Schnee, Erbeben

## 2. Standard GFK-Behälter – STUTZENLASTEN-

Bei einer Auslegung des Behälters nach EN 13121-3<sup>ii</sup>, Advanced design, können bei einer Verwendung von Stutzen nach DIN 16966-6<sup>iii</sup>, nachfolgende Lasten von Stutzen, Stutzenanbindung und Behälterwand (Tabelle 1) aufgenommen werden.

### STUTZENLASTABELLE FÜR GFK-BEHÄLTER –STANDARD-

DN	[bar]	N			Nm		
	Druckstufe	P	V <sub>L</sub>	V <sub>C</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>C</sub>	M <sub>T</sub>
50	16	115	155	115	25	20	40
80	10	175	205	150	70	45	90
100	10	215	240	175	105	70	130
150	10	335	340	240	200	130	240
200	6	475	465	315	320	210	365
250	6	630	610	400	455	305	510
300	6	810	775	490	610	415	670
350	4	1005	965	595	785	545	845
400	4	1215	1170	700	980	690	1045
450	4	1450	1400	820	1195	850	1260
500	2,5	1700	1650	945	1425	1025	1490
600	2,5	2260	2215	1225	1950	1430	2005



**Tabelle 1: Stutzenlasten für Standard GFK-Behälter. Die Tabellenwerte entsprechen 5% der Werte nach AD 2000-Merkblatt S3/0, Anhang2, Tabelle 1**

Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen kann davon ausgegangen werden, dass diese Stutzenlasten keinen zusätzlichen Aufwand bei der Behälterherstellung verursachen. Aus diesem Grund sollten diese Planzahlen im ersten Schritt der Rohrleitungsplanung angenommen werden bevor auf die Tabelle 2 übergegangen wird

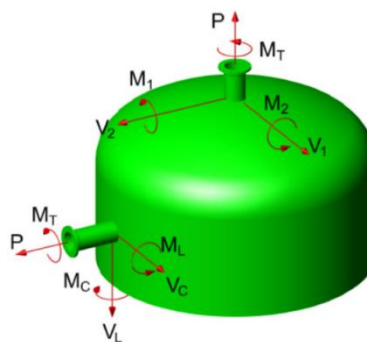
### 3. GFK-Behälter mit ZUSATZSTUTZENLASTEN

In wenigen Fällen können die Stutzenlasten höher als in Tabelle 1 sein und auch hier muss die sichere Übertragung der Lasten in den Behälter/Apparat gewährleistet werden. Der rechnerische Aufwand zur Nachweisführung ist sehr hoch. Um diesen Aufwand zu reduzieren wurde im Rahmen einer Parameterstudie (Masterarbeit an der FH-Aachen) der Einfluss der Stutzenlasten auf die Stutzenanbindung und die Behälterschale näher untersucht.

Als Basis hierfür wurde die AD 2000-Merkblatt S3/0, Anhang2, Tabelle 1<sup>iv</sup> als Planzahltable herangezogen. Diese Tabelle gilt aber für Stahlbehälter. Für GFK-Behälter wurden 10% dieser Planzahlenwerte angenommen (siehe Tabelle 2).

#### STUTZENLASTABELLE FÜR GFK-BEHÄLTER - MIT ZUSATZSTUTZENLASTEN -

DN	[bar]	N			Nm		
	Druckstufe	P	V <sub>L</sub>	V <sub>C</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>C</sub>	M <sub>T</sub>
50	16	230	310	230	50	40	80
80	10	350	410	300	140	90	180
100	10	430	480	350	210	140	260
150	10	670	680	480	400	260	480
200	6	950	930	630	640	420	730
250	6	1260	1220	800	910	610	1020
300	6	1620	1550	980	1220	830	1340
350	4	2010	1930	1190	1570	1090	1690
400	4	2430	2340	1400	1960	1380	2090
450	4	2900	2800	1640	2390	1700	2520
500	2,5	3400	3300	1890	2850	2050	2980
600	2,5	4520	4430	2450	3900	2860	4010



**Tabelle 2: Stutzenlasten für GFK-Behälter mit Zusatzlasten an Stutzen Die Tabellenwerte entsprechen 10% der Werte nach AD 2000-Merkblatt S3/0, Anhang2, Tabelle 1**

Die Mitarbeiter des AVK-Arbeitskreises stimmen überein, dass erfahrungsgemäß mit den in Tabelle 2 angegebenen Tabellenwerten über 80% der in der Praxis vorkommenden Lastfälle mit Zusatzstutzenlasten abgedeckt werden. Es ist dennoch davon auszugehen, dass gegenüber den STANDARDSTUTZENLASTEN nach (Tabelle 1) ein erhöhter Aufwand entsteht z.B. dickere Anbindungslamine.

### 4. Auswirkungen auf die Steifigkeit der Stutzen- Behälterwandverbindung - PARAMETERSTUDIE-

Im Rahmen einer Parameterstudie (Masterarbeit) wurden für nachfolgend genannte Lasttabellen der lokale Einfluss auf die Stutzenanbindung an den Behälter und die Behälterschale untersucht:

1. Für „Standardbehälter“ - nach Tabelle 1
2. Für Behälter mit erhöhten Stutzenlasten - nach Tabelle 2

Folgende Ergebnisse werden ermittelt:

- erforderlich Wanddicke der Schale an der Stutzeinbaustelle
- erforderliche Wanddicke der Stutzenanbindung an die Schale

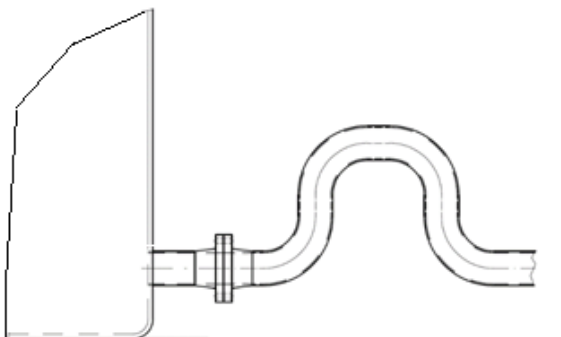
Die Einzelergebnisse sind der Masterarbeit der FH-Aachen zu entnehmen. Die Masterarbeit kann auf Rückfrage zur Verfügung gestellt werden.

## 5. Auswirkungen von Stutzenlasten auf den Stutzen

In einer Vorstudie wurde ermittelt, dass GFK-Stutzen nach DIN 16966 die Stutzenlasten nach Tabelle 2 problemlos aufnehmen können. Liegen die Lasten deutlich darüber so können oft keine Normflansche nach DIN 16966 mehr eingesetzt werden! Dies ist z.B. der Fall, wenn die Werte der Tabelle 2 verdoppelt werden.

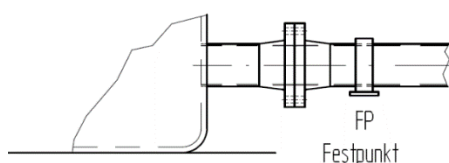
## 6. Hinweise zur Konstruktion und Gestaltung von Stutzen Anschlüssen zur Reduzierung von Stutzenkräften auf Behälter

In aller Regel ist es sinnvoll Stutzenkräfte an Behältern und Apparaten soweit als möglich zu reduzieren bzw. gänzlich zu vermeiden. Das Deutsche Institut für Bautechnik Berlin (DiBt) führt hierzu in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen für GFK und Thermoplastbehälter aus „Rohrleitungen sind so auszulegen und zu montieren, dass unzulässiger Zwang vermieden wird“. Nachfolgend werden hierzu einige Beispiele gezeigt:

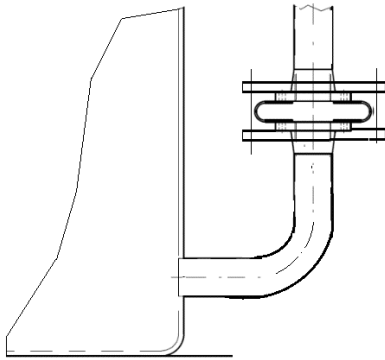


Dehnungsmöglichkeiten im Rohrverlauf vorsehen.

In Folge ihrer geringeren Steifigkeiten führen behinderte Wärmedehnungen an GFK Behältern zu geringeren Stutzenlasten im Vergleich zu Stahlbehältern. Aus diesem Grund sind die geringeren Steifigkeiten bei einer Pipe-Stress-Berechnung unbedingt zu berücksichtigen.



Festpunkt unmittelbar vor Übergang zum Behälterflansch anordnen. D.h. nicht die Behälterwand zum Festpunkt machen. Dabei ist die Einbauhöhe zu beachten (axiale Ausdehnung des Behälters).



Kompensatoren einsetzen.  
Achtung: Rückstellkräfte beachten

## 7. Resultierende Vereinfachungen und Vorteile bei der Nutzung von Ausführungstabellen

Liegen die Ergebnisse der Parameterstudien in Form von Ausführungstabellen oder Grafiken vor und werden die Stutzenlasttabellen von der chemischen Industrie und dem Anlagenbau entsprechend angewandt so treten nachfolgende Vorteile ein:

- Der erforderliche Mehraufwand in der Herstellung der Bauteile ist von vorne herein bekannt und kalkulierbar.
- Zusätzlicher Berechnungsaufwand entfällt.
- In der Projektabwicklung entfallen unnötige Rückfragen.
- Den Rohrleitungsplanern liegen damit zukünftig auch für GFK-Behälter die zulässigen Stutzenlasten vor und können hiermit planen.

## 8. Weitere geplante Schritte

GFK-Bauteile haben aufgrund ihrer geringeren Steifigkeiten Vorteile gegenüber z.B. Stahlbehältern. Treten beispielsweise aus behinderter Wärmedehnung Verformungen an der Anschlussstelle des Stutzens auf, so sind die Rückstellkräfte und Momente bei GFK-Behältern deutlich geringer. Aus diesem Grund sind die Steifigkeiten von GFK-Behältern von großem Interesse für die Rohrleitungsplaner.

### Aufgaben:

- Weitere Parameterstudien durchführen und Randbedingungen definieren
- Steifigkeiten an der Stutzen/Behälter-Verschneidung bestimmen
- Überführung der Ergebnisse in Regelwerke
- Vergleich Stahlbehälter zu GFK-Behälter in Punkto Aufnahme/Lasten aus behinderter Wärmedehnung

### Ziel:

- Angaben zu den Steifigkeiten an Stutzeinbaustellen bei GFK-Behältern als Hilfsmittel für Rohrleitungsplaner
- Erarbeitung von Tabellen geeignet zu Ergänzung der Regelwerke (EN13121-3, AD2000N1)

## 9. Beteiligte Firmen und Institutionen

- Ashland Technologies GmbH
- AVK-Frankfurt
- BASF Ludwigshafen
- Christen&Laudon GmbH
- Covestro Deutschland AG Dormagen
- Ingenieurbüro Lux
- Ingenieurbüro Westendorff
- Kurotec Kunststofftechnik Stade
- Prof. Dr. Ing. G. Nonhoff
- Platicon Germany GmbH
- Thyssen Krupp Uhde

Erstellt von der Arbeitsgruppe Statik, AVK Frankfurt

Stand: 19.05.2021

- 
- <sup>i</sup> Masterarbeit FH-Aachen „Untersuchungen von Stutzenlasten auf Schalenstrukturen aus faserverstärkten Kunststoffen“ April 2020, Björn Hoffmann
- <sup>ii</sup> EN 13121-3, Oberirdische GFK-Tanks und -Behälter — Teil 3: Auslegung und Herstellung  
GRP tanks and vessels for use above ground — Part 3: Design and workmanship
- <sup>iii</sup> DIN 16966, Formstücke und Verbindungen aus glasfaserverstärkten Polyesterharzen (UP-GF);  
Bunde, Flansche, Dichtungen; Maße
- <sup>iv</sup> AD2000 Merkblatt S 3/0:2016-09, Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter - **Grundsätze** –