

# Grossbehälter aus glasfaserverstärktem Kunststoff

Autor(en): **Koser, W. / Frastré, G. / Thiele, C.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **102 (1984)**

Heft 25

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75484>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Grossbehälter aus glasfaserverstärktem Kunststoff

Bei der BASF Antwerpen N.V. wurde im November 1982 ein 1000-m<sup>3</sup>-Grossbehälter aus glasfaserverstärktem Palatal, dem ungesättigten Polyesterharz der BASF, in Betrieb genommen. Der neue Behälter, der innerhalb des Produktionsverbundes für die Zwischenlagerung von 70prozentiger, bis zu 60 °C heisser und mit Lösungsmitteln verunreinigter Schwefelsäure dient, wurde nach dem Wickelverfahren hergestellt; er ist der grösste GFK-Behälter, der bisher nach diesem Verfahren gefertigt wurde. Seine Herstellung setzte allerdings entscheidende Veränderungen und Verbesserungen des seit vielen Jahren bekannten Wickelverfahrens voraus. Ausserdem waren – wegen der aussergewöhnlichen Dimensionen des Behälters und der besonderen Aggressivität des zu lagernden Mediums – neue konstruktive Lösungen zu finden.

### Kostengünstige Herstellung

Der neue Behälter aus GFK kostete – dank der Eigenfertigung durch die Anwendungstechnische Abteilung der BASF – rund 10 Prozent weniger, als ein gleich grosser Behälter aus verbleitem Stahlblech gekostet hätte. Dieser *Kostenvorteil* ist jedoch nach Auffassung des Unternehmens keineswegs das Optimum; er lässt sich zweifellos beträchtlich vergrössern, wenn die Eigenfertigungskosten entsprechend reduziert werden. Dafür sieht die BASF eine Reihe von Mög-

lichkeiten, und zwar vor allem dann, wenn eine Tankbaufirma die Herstellung derartiger Behälter routinemässig in Angriff nimmt.

Einsparungsmöglichkeiten gibt es bereits bei den *Schweissarbeiten* für den PVC-Liner: Wenn bei der Liner-Fertigung von Rollenware ausgegangen wird, fällt nur noch ein Bruchteil der Kosten für die Schweissarbeiten an. Ein noch grösserer Betrag lässt sich einsparen, wenn man eine *Wickelanlage mit optimaler Wickelschusshöhe* verwendet: Der Behälter in Antwerpen ist aus neun Schüssen mit einer Höhe von jeweils 1,55 m zusammengesetzt; würde man die Wickel-

schusshöhe auf 2,25 m erhöhen, könnte die Zahl der Schüsse auf insgesamt fünf reduziert werden. Damit liesse sich sowohl die Zylinderfertigung wie auch die Montage verbilligen, denn statt neun hätte man nur noch fünf Flanschverbindungen herzustellen.

Andererseits muss eine Tankbaufirma verständlicherweise Aufschläge berechnen, die in den Eigenfertigungskosten der BASF nicht enthalten sind, so zum Beispiel Maschinenabschreibung, Lizenzgebühren, Steuern, Versicherungen, Overhead-Kosten und – nicht zuletzt – eine Gewinnmarge. Diese notwendigen Zuschläge erreichen nach der firmeneigenen Kalkulation aber auf keinen Fall die Höhe der Einsparungen, so dass der GFK-Tank im Vergleich zu einem verbleitem Stahlblechtank in jedem Fall positiv abschneidet.

Wirtschaftliche Vorteile hat aber nicht nur der Hersteller, sondern auch der Betreiber eines solchen Tanks. Aufgrund der *ausgezeichneten Chemikalienbeständigkeit* des Werkstoffes GFK ist zunächst einmal die Lebensdauer der daraus hergestellten Behälter wesentlich höher anzusetzen als die von Behältern aus herkömmlichen Werkstoffen. Ausserdem benötigen GFK-Tanks keinen Aussenanstrich, weshalb auch die damit zusammenhängenden zusätzlichen Ausgaben – zum Beispiel für den Gerüstbau – entfallen.

In Antwerpen erfolgte die Montage der Bauteile auf einem Betonfundament. Die einzelnen Schüsse wurden über eine Muffenkonstruktion miteinander verbunden und verklebt.



Das Dach des Grossbehälters (in Klöpperbodenform) besteht aus zwölf Einzelsegmenten, die über Flansche miteinander und mit dem Zylinder verschraubt und verklebt werden.





Auf den Wickelkern, der in Leichtbauweise aus Einzelsegmenten aufgebaut ist, werden zunächst etwa 4 mm dicke Platten aus PVC aufgebracht und an den Stössen verschweisst



Auf das PVC wird als Haftvermittler zunächst Palatal aufgetragen.



anschliessend wird die erste Glasfasermatte aufgebracht

### Vielfältige Anwendungsmöglichkeiten

Für GFK-Tanks mit einem Fassungsvermögen von 1000 m<sup>3</sup> bieten sich viele Anwendungsmöglichkeiten, so zum Beispiel in der chemischen Industrie für die Lagerung hochkorrosiver Medien wie Säuren, Laugen oder Salzlösungen.

Besonders vielseitig lassen sich derart grosse Behälter in der Mineralölindustrie verwenden. Dort werden zwar grundsätzlich wesentlich höhere Lagerkapazitäten verlangt; dennoch besteht – insbesondere an Umschlagplätzen und beim Handel – auch für Behälter in der Grössenordnung von 1000 m<sup>3</sup> ein grosser Bedarf, so zum Beispiel für die Lagerung von Rohöldestillaten wie Gasöl oder Heizöl. Werden diese Behälter beispielsweise in Meeresnähe aufgestellt, wirkt sich die Korrosionsbeständigkeit von GFK besonders vorteilhaft aus; zu der Innenkorrosion, wie man sie von Heizöltanks aus Stahl kennt, kommt nämlich die Aussenkorrosion durch die Salzwasseratmosphäre hinzu. Langfristig bietet der GFK-Tank gerade unter derartigen Gegebenheiten eindeutige wirtschaftliche Vorteile. Denkbar ist selbstverständlich auch die Lagerung von Korn oder auch von Kunststoffgranulat in GFK-Tanks.

Besonderes Interesse dürften grosse GFK-Behälter vor allem dort finden, wo Trinkwasser durch die Entsalzung von Meerwasser gewonnen wird, so zum Beispiel in den Golfstaaten. Bei den dort verwendeten Entsalzungsanlagen werden 1000-m<sup>3</sup>-Tanks für die unterschiedlichsten Zwecke verwendet, so zum Beispiel für die Aufbereitung von Kesselspeisewasser und für die Lagerung von Chemikalien zur Wasseraufbereitung, ebenso für Trink- und Brauchwasser. Für derartige Behälter wird in steigendem Umfang GFK verwendet, wobei die Fertigung fast ausschliesslich handwerklich erfolgt. Für ein maschinelles, mobiles Fertigungssystem, wie es die BASF entwickelt hat, bieten sich deshalb besonders gute Chancen.

Neben all diesen mehr oder weniger konventionellen Beispielen zeichnen sich für grosse GFK-Behälter auch neue Anwendungsmöglichkeiten ab, etwa für Faultürme von Kläranlagen.

### Vorratpuffer zwischen Nitrobenzol- und Phosphorsäureanlage

In der Nitrobenzolanlage bilden Benzol und Mischsäure (68prozentige Salpetersäure und 24prozentiges Oleum) die Ausgangsstoffe, die in Reaktoren intensiv gemischt und gekühlt werden ( $\Delta H = -117$  kJ per mol.); dabei entsteht im wesentlichen ein Gemisch von Nitrobenzol und von 70prozentiger Schwefelsäure, das mit Hilfe von Separatoren getrennt wird. In der Stunde fallen 8,1 Kubikmeter 70prozentiger Schwefelsäure an. Das sind etwa 200 Kubikmeter täglich. Diese Schwefelsäure wird mit Dampf gestrippt. Dabei werden die Anteile an Benzol, Nitrobenzol, Salpetersäure und salpetriger Säure auf Minimalwerte herabgesetzt. Dieser Reinigungsgrad der Schwefelsäure ist notwendig, wenn sie für den Aufschluss von Rohphosphat zu Phosphorsäure eingesetzt werden soll.

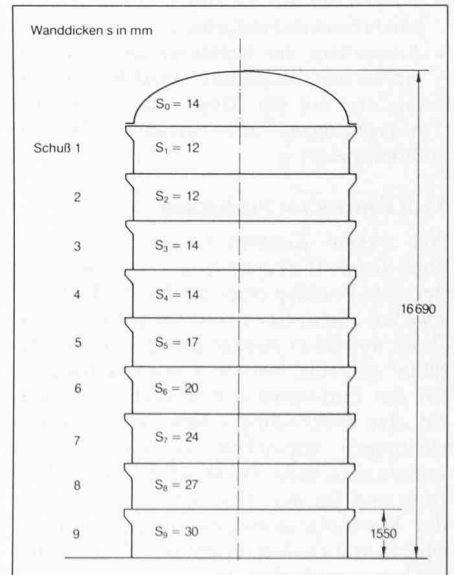
Die gereinigte Schwefelsäure ist äusserst korrosiv; in der Nitrobenzolanlage werden deshalb bei der Säurereinigung Emaille, Graphit, Glas, Porzellan und PTFE als Materialien verwendet. Bei der Messapparatur selbst gebraucht man Tantal.

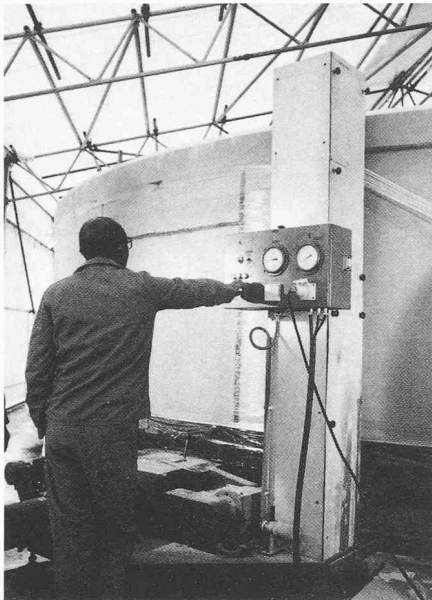
Die Phosphorsäureanlage bei BASF Antwerpen N.V. ist von der Nitrobenzolanlage etwa drei Kilometer entfernt. Eine Pipeline aus Stahl-PTFE mit etwa 750 Flanschverbindungen verbindet die beiden Betriebe. Die Phosphorsäureanlage verfügt über einen Schwefelsäuretank mit einer Kapazität von 2000 Kubikmetern. Das heisst, dieser mit Blei ausgekleidete Stahltank kann Schwefelsäure in einer Menge aufnehmen, die einer zehntägigen Produktion der Nitrobenzolanlage bei voller Auslastung entspricht. Dieser Tank soll Abstellungszeit auf seiten der Phosphorsäureanlage überbrücken helfen.

Auch auf seiten der Nitrobenzolanlage kann eine solche Überbrückung notwendig werden. Reparaturen z. B. an der Schwefelsäureleitung erfordern bis zu vier Tage Zeit. Bei voller Auslastung der Nitrobenzolanlage würden in einem solchen Fall weitere 800 Kubikmeter Schwefelsäure anfallen, für die eine Art Vorratpuffer vorhanden sein muss. Diesen Vorratpuffer bildet der neue Schwefelsäuretank; seine Kapazität: 1000 Kubikmeter. Der GFK-Tank und der mit Blei ausgekleidete Stahltank bei der Phosphorsäureanlage können zusammen die in 15 Tagen bei Nitrobenzol anfallende Schwefelsäure aufnehmen.

Was die Materialanforderungen für den Schwefelsäuretank betrafen, so bot sich folgende Alternative: einen mit Blei ausgekleideten Stahltank zu errichten oder einen GFK-Tank mit Innenverkleidung aus PVC entwerfen und bauen zu lassen. Die für den Nitrobenzolibetrieb Verantwortlichen plädierten für den Kunststofftank.

Der Grossbehälter ist aus insgesamt neun Schüssen zusammengesetzt, die je einen Durchmesser von 10 m und eine Höhe von etwa 1,6 m haben. Wanddicken in mm





Weitere Glasfasermatten und Rovings (endlose Glasfaserstränge) folgen. Für das Aufbringen der Glasfaserstränge bedient man sich einer zerlegbaren und transportablen Wickelanlage. Die Imprägnierung der Rovings mit Palatal erfolgt in einem separaten Tränkbad

## Konstruktion, Herstellung und Montage

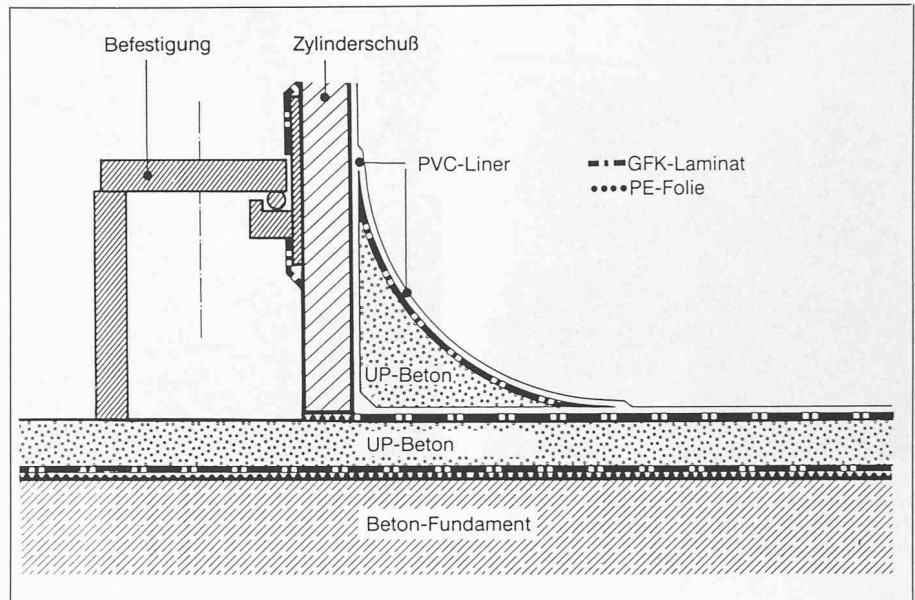
Schon vor über zehn Jahren erwog das Unternehmen erstmals die Möglichkeit, grosse GFK-Behälter «vor Ort» herzustellen. Den Anstoss dazu gaben unter anderem die Beschränkungen, denen der Strassentransport unterliegt: Die obere Grenze liegt bei einem Behälterdurchmesser von etwa 5 m; dafür ist allerdings schon eine Ausnahmegenehmigung erforderlich.

Für die Herstellung grosserer Behälter direkt am Aufstellungsort bot sich das seit vielen Jahren bewährte *Wickelfahren* an, das jedoch entscheidend modifiziert werden musste. Entsprechende Überlegungen führten zu folgendem Konzept:

- zerlegbare, transportable Wickelanlage mit senkrecht rotierender Achse,
- Wickelkern aus einzelnen Segmenten, in Leichtbauweise aufgebaut,
- Aussenhaut der Segmente aus Aluminiumblechen, im Radius verstellbar; in Verbindung mit der Möglichkeit, Segmente hinzuzufügen, mit variablem Wickeldurchmesser.

### Vom Konzept zur Produktion

Aus diesem Konzept resultierte zunächst eine *Labor-Wickelanlage*, daraus wiederum der erste Prototyp einer *Senkrecht-Wickelanlage* mit einem Kern von 6 m Durchmesser. Bevor auf dieser Anlage jedoch der erste Behälter gefertigt werden konnte, mussten – für das Entformen der Wickelschüsse und für ihre Zentrierung – besondere Hilfsvorrichtungen entwickelt werden. Dagegen konnte man beim Tränkbad zur Imprägnierung und bei der Abwickelvorrichtung für das Verstärkungsmaterial, ebenso bei der Misch- und Dosiereinrichtung für das Harz, auf bewährte Konstruktionen greifen.



Bodenkonstruktion

Im Jahr 1976 war es dann aber doch soweit: der erste GFK-Grossbehälter konnte fertiggestellt werden. Dabei handelte es sich um einen Behälter mit einem Fassungsvermögen von 200 m<sup>3</sup> für die Lagerung von maleinsäurehaltigem Abwasser aus der Phthalsäureproduktion. Dieser Behälter – nach wie vor in einwandfreiem Zustand – lieferte somit den ersten Beweis dafür, dass mit dem modifizierten Wickelfahren ein technisch wie wirtschaftlich gleichermassen überzeugender Weg gefunden war. Gleichzeitig wurde dabei deutlich, dass sich dieses Verfahren auch für die Herstellung wesentlich grösserer Behälter eignen musste.

Eine Chance, auch dies unter Beweis zu stellen, bot das Vorhaben der BASF Antwerpen N.V., auf ihrem Werkgelände einen 1000-m<sup>3</sup>-Tank für 70prozentige, maximal 60 °C heisse und mit Lösungsmitteln verunreinigte Schwefelsäure zu errichten. Nach ersten Kostenabschätzungen, die für die GFK-Lösung sprachen, wurde beschlossen: Der in Antwerpen benötigte Behälter wird nach dem Wickelfahren aus *glasfaserverstärktem Palatal* gefertigt.

### Berechnung und Konstruktion

Der Herstellung des Behälters musste verständlicherweise eine eingehende Berechnung vorausgehen. Damit wurde ein Ingenieurbüro beauftragt.

Bei der Konstruktion war unter anderem folgendes zu berücksichtigen: Wegen der besonderen Aggressivität der zu lagernden Flüssigkeit musste die Innenseite des Behälters mit einem PVC-Liner versehen werden. Daraus wiederum ergab sich eine *Bodenkonstruktion*, die in dieser Form kein Vorbild hatte. Die Forderungen lauteten: Der Boden soll eine eventuelle Undichtheit kenntlich machen, ohne dass das Füllgut ins Fundament eindringen kann; ausserdem muss der Boden mit ausreichender Dehnfähigkeit an den Zylinder angeschlossen werden, um dessen zu erwartende Bewegung ohne Schaden aufnehmen zu können. Daraus ergab sich folgende konstruktive Gestaltung: Auf das

tragende Betonfundament wird zunächst eine Polyethylen-Folie aufgelegt, die auf dem Fundament nicht haftet. Darauf wird der Behälterboden aufgebaut, und zwar aus einem GFK-Laminat, einer Schicht aus Polyester-Beton, einem GFK-Decklaminat und dem PVC-Liner. Der Anschluss an den ersten Wickelzylinder erfolgt über einen in Umfangsrichtung mit Dehnfugen versehenen Radius, der für die notwendige Beweglichkeit sorgt.

Die *Verankerung* des Tanks mit dem tragenden Fundament erfolgt über Stahlpratzen.

Der *Tankzylinder* selbst besteht aus neun einzelnen Wickelschüssen, die über eine Muffenkonstruktion miteinander verbunden werden. Die tragende Verbindung wird durch Verkleben mit UP-Harz hergestellt; die PVC-Liner werden durch überlappend eingeschweisste PVC-Streifen miteinander verbunden. Zur Prüfung der Schweißnähte auf Dichtheit mittels Hochspannung muss vorher ein leitfähiger Untergrund aufgebracht werden. Das Dach besteht aus zwölf Einzelsegmenten, die über Flansche miteinander und mit dem Zylinder verschraubt und verklebt werden.

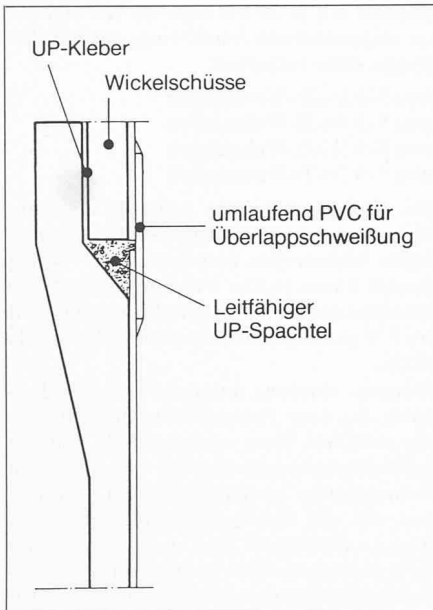
Alle erforderlichen Stützen für Befüllung, Entleerung, Füllstandmessung, Einstieg u. ä. werden entsprechend den Betriebsbedingungen am Behälter angebracht. Der Anschluss am PVC-Liner erfolgt durch Verschweissen, am GFK durch Überlaminieren.

### Erstellung der Fertigungseinrichtungen

Die vorhandene *Wickelanlage*, die für einen Behälterdurchmesser von 6 m ausgelegt war, wurde durch Hinzufügen neuer Segmente auf 10 m Durchmesser erweitert. Alle anderen Aggregate wie Antrieb, Tränkbad, Misch- und Dosiereinrichtungen konnten ohne Änderungen verwendet werden.

Das *Gehänge* für die Entformung und den Transport der Wickelschüsse sowie die Zentrierereinrichtung für die Montage mussten dagegen neu gestaltet werden. Ausserdem war eine neue Form für die Herstellung der Dachsegmente erforderlich.





Muffenkonstruktion

### Prüfung der Rohmaterialien auf Beständigkeit gegen das Lagermedium

Zur Auswahl des geeigneten Behältermaterials wurden Beständigkeitsversuche mit der Originalflüssigkeit und bei Beanspruchungstemperatur über einen Zeitraum von drei Monaten durchgeführt. Nach Abschluss der Prüfung wurden die Proben visuell und durch Messung der Oberflächenhärte beurteilt. Die Prüfung ergab, dass PVC N (normal schlagzäh) als Liner-Material am besten geeignet war.

Für das tragende Laminat wurde ein Harz auf der Basis von Isophthalsäure/Neopentylglykol ausgewählt, das neben seiner ausgezeichneten Haftung auf PVC auch eine relativ hohe Beständigkeit gegen das Lagermedium gewährleistet.

### Fertigung und Montage

Ursprünglich sollte der 1000-m<sup>3</sup>-Tank auf dem Werkgelände gefertigt werden. Da aber die Wickelanlage für einen Probelauf ohnehin in Ludwigshafen aufgebaut werden musste, wurden auch gleich alle neun Wickelschüsse gefertigt; sie wurden dann, ebenso wie die Dachsegmente, auf dem Wasserweg nach Antwerpen transportiert. Dort erfolgte auf einem bauseitig erstellten Betonfundament die Montage.

Während der Montage des Tanks wurde innen mit einer aufschwimmenden Styropor-Rüstung gearbeitet, die kostengünstiger war als eine herkömmliche Rüstung und zusätzlich den Boden gegen mechanische Beschädigungen schützte. Die Wasserfüllung bot ausserdem die Möglichkeit, noch während der Montage die Dichtheit der Zylinderstösse zu überprüfen. Zur Messung der mechanischen Beanspruchung und Verformung wurden im unteren Tankbereich Dehnmessstreifen und Messuhren installiert, so dass bereits bei der Montage bestimmte Füllzustände überwacht werden konnten. Nach Beendigung der Montagearbeiten wurde der Tank mit Wasserfüllung und zusätzlich 10 mbar Überdruck auf Dichtheit geprüft.

## Statik des Flachbodentanks

Der 1000-m<sup>3</sup>-Tank aus glasfaserverstärktem Palatal weicht sowohl in seinen konstruktiven Detailpunkten als auch in statischer Hinsicht deutlich von den herkömmlichen Flachbodentanks ab, für die es heute bereits Richtlinien und Musterberechnungen gibt. Ein grosses Problem bestand darin, die Materialeigenschaften des GFK zum Zeitpunkt seiner Inbetriebnahme abzuschätzen, denn die Einzelteile des Tanks – die Dachsegmente und die Mantelschüsse – konnten aufgrund ihrer enormen Abmessungen nicht getempert werden. Die für das Dach und den Flachboden angenommenen Materialkennwerte sind typische Werte für Handlamine, wobei die Dachelemente bei der BASF in Ludwigshafen, das Flachbodenlaminat jedoch erst am Aufstellungsort hergestellt wurden. Die Materialeigenschaften der gewickelten Mantelschüsse zeigen starke Abweichungen in ihren sogenannten Hauptspannungsrichtungen. Die Axial- oder Längsrichtung erreicht nicht annähernd die Werte der Umfangsrichtung, ein typisches Merkmal des Parallel-Wickelfahrens mit nur matenverstärkter Axialrichtung. Die Richtigkeit der angenommenen Materialkennwerte hat sich durch bereits erfolgte Messungen bestätigt, weitere Messungen folgen.

Nachdem das Problem der Materialeigenschaften des GFK abgeklärt war, wurden die Sicherheitsfaktoren in Anlehnung an die Arbeiten und Erfahrungen des Flachboden-Ausschusses der Arbeitsgemeinschaft Verstärkte Kunststoffe, AVK, festgelegt. Bei Behältern aus Bau- oder Kesselstahl wird z. B. eine Sicherheit von 1,5 gegen Bruchversagen verbindlich gefordert. Dieser Tank wurde mit einer Sicherheit von 1,75 gegen Bruchversagen berechnet.

Die sogenannten Abminderungsfaktoren für Zeitstandsverhalten, Alterung, Anisotropie und Inhomogenitäten sind charakteristisch für alle Kunststoffe, speziell hier für GFK, die der von der Zeit und der Art der Belastung abhängigen Veränderung des Werkstoffes Rechnung tragen. Diese Faktoren dürfen also nicht als zusätzliche Sicherheit gegen ein Versagen des Tanks betrachtet werden. Das Produkt aus Sicherheit und allen Abminderungsfaktoren ergibt die Gesamtsicherheit, die bei diesem Grosstank bei 5,0 gegen Festigkeitsversagen und 4,5 gegen Einbeulen lag.

Die Schwefelsäure mit ihrem spezifischen Gewicht von 17 kN/m<sup>3</sup> und die Windlast mit einer Flächenbelastung von 1,1 kN/m<sup>2</sup> auf den Tank waren die massgebenden Belastungen zur Berechnung der Wanddicken. Der Staudruck von 1,1 kN/m<sup>2</sup> entspricht einer Windgeschwindigkeit von etwa 150 km/h, ein Wert, mit dem man an der Nordseeküste rechnen muss. Entsprechend dem mit der Tiefe zunehmendem hydrostatischen Druck ergaben sich die vom obersten bis zum untersten Mantelschuss anwachsenden Wanddicken. Der vom Wind erzeugte Beudruck war für die Auslegung der oberen vier Schüsse massgebend, nicht der Flüssigkeitsdruck. Die Muffen oder Aufdickungen an den oberen Rändern der Schüsse dienen nicht nur zur formschlüssigen Verbindung der einzelnen Schüsse, sie steifen auch den Mantel

<i>Sicherheitsfaktoren</i>	
Gegen Festigkeitsversagen:	1,75
Gegen Instabilität:	2,0
<i>Werkstoff-Abminderungsbeiwerte</i>	
Zeitstandsverhalten:	2,0
Alterung:	1,2
Anisotropie Werkstoff:	1,05
Inhomogenitäten:	1,10
<i>Gesamtsicherheiten</i>	
Gegen Festigkeit:	5,0
Gegen Instabilität:	4,5
<i>Baustahl im Vergleich:</i>	
+ 1,0 mm Korrosionszuschlag	
+ 0,5 mm Toleranz	

### Annahmen für die statische Berechnung

Werkstoffkennwerte	Festigk. [N/mm <sup>2</sup> ]	E-Mod. [N/mm <sup>2</sup> ]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]
Wickellaminat	axial	40	8 000
	radial	200	23 000
Handlaminat Dach	90	9 000	15
Handlaminat Boden	80	6 000	16

aus, so dass ein Einbeulen aufgrund des starken Winddruckes nicht möglich ist.

Der konstruktiv und statisch schwierigste Teil des Behälters war die untere Mantel-Bodenecke mit ihrer Verankerung. Die ausgeführte Lösung weicht völlig von den bekannten Methoden der Verbindung Mantel-Flachboden ab, ist jedoch für diese Grosstanks optimal gelöst. Der Tankmantel will sich aufgrund des grossen hydrostatischen Druckes nach aussen hin aufweiten. Um statisch schwer zu beurteilende Zwängungen in diesem kritischen Bereich zu vermeiden, wurde auf Flexibilität der verschiedenen Werkstoffe und auf die Verschiebungsmöglichkeiten des Mantels grösster Wert gelegt. Deshalb befindet sich unter dem 30 mm dicken Mantelschuss eine Gleitfolie, die für die zwängungsfreie Aufweitung des Tankmantels sorgen soll. Auch die Ankerpratzen sind so konstruiert, dass sie den Tankmantel örtlich nicht berühren oder gar eindrücken können, wenn sich dieser aufgeweitet hat.

Die mit UP-Beton aufgefutterte Krempe auf der Innenseite des Tanks ist in ihren Einzelschichten so flexibel gestaltet worden, dass sie ohne Risse oder Beschädigungen der Bewegung des Mantels nach aussen folgen kann.

Die statische Berechnung dieses Tanks ist im Auftrag der BASF Aktiengesellschaft vom Ingenieurbüro Grage + Niemann, 6830 Schwetzingen, ausgeführt worden. Die Prüfung der Berechnung und Konstruktion wurde von Professor Dr. Mang, Karlsruhe, durchgeführt.

Nach einem Bericht der BASF. Autoren: W. Koser, G. Frastré, C. Thiele, J. Grage.