



**INF. 18**

8. März 2021

Original: Englisch

## **RID/ADR/ADN**

Gemeinsame Tagung des RID-Fachausschusses und der  
Arbeitsgruppe für die Beförderung gefährlicher Güter  
(Bern, 15. bis 19. März 2021)

## **Tagesordnungspunkt 2: Tanks**

## **Neues Kapitel 6.9 der UN-Modellvorschriften zu faserverstärkten Kunststofftanks**

## **Mitteilung des Sekretariats**

### **ZUSAMMENFASSUNG**

#### ***Erläuternde Zusammenfassung:***

Dieses informelle Dokument ist eine Ergänzung zum Dokument OTIF/RID/RC/2021/5 Frankreichs, in dem die Frage gestellt wird, wie die Vorschriften für ortsbewegliche Tanks aus faserverstärkten Kunststoffen der UN-Modellvorschriften in das RID/ADR übernommen werden sollen. Es handelt sich um einen Auszug aus den Änderungen der 21. überarbeiteten Ausgabe der UN-Empfehlungen für die Beförderung gefährlicher Güter, Modellvorschriften (ST/SG/AC.10/1/Rev.21), wie sie vom UN-Expertenausschuss für die Beförderung gefährlicher Güter und für das Global harmonisierte System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien bei seiner zehnten Tagung im Dezember 2020 angenommen wurden (siehe Anlage I des Berichts ST/SG/AC.10/48/Add.1).

Ein neues **Kapitel 6.9** mit folgendem Wortlaut einfügen:

**"Kapitel 6.9 Vorschriften für die Auslegung, den Bau und die Prüfung von ortsbeweglichen Tanks aus faserverstärkten Kunststoffen (FVK)**

**6.9.1 Anwendungsbereich und allgemeine Vorschriften**

**6.9.1.1** Die Vorschriften des Abschnitts 6.9.2 gelten für ortsbewegliche Tanks mit FVK-Tankkörpern zur Beförderung gefährlicher Güter der Klassen 1, 3, 5.1, 6.1, 6.2, 8 und 9 mit allen Verkehrsträgern. Sofern nichts anderes angegeben ist, müssen neben den Vorschriften dieses Kapitels die anwendbaren Vorschriften des Internationalen Übereinkommens über sichere Container (CSC) von 1972 in der jeweils geänderten Fassung von jedem ortsbeweglichen Tank mit FVK-Tankkörpern, der der Begriffsbestimmung für «Container» im Wortlaut dieses Übereinkommens entspricht, erfüllt werden.

**6.9.1.2** Die Vorschriften dieses Kapitels gelten nicht für ortsbewegliche Offshore-Tanks.

**6.9.1.3** Die Vorschriften des Kapitels 4.2 und des Abschnitts 6.7.2 gelten für ortsbewegliche Tanks mit FVK-Tankkörpern mit Ausnahme derjenigen, welche die Verwendung von metallenen Werkstoffen für den Bau des Tankkörpers eines ortsbeweglichen Tanks betreffen, und der in diesem Kapitel genannten zusätzlichen Vorschriften.

**6.9.1.4** Um dem Fortschritt von Wissenschaft und Technik Rechnung zu tragen, dürfen die technischen Vorschriften dieses Kapitels durch andere Vorschriften («alternative Vereinbarungen») ersetzt werden, die hinsichtlich der Verträglichkeit der beförderten Stoffe und der Fähigkeit des ortsbeweglichen FVK-Tanks, Beanspruchungen durch Stoß, Belastung und Feuer standzuhalten, ein im Vergleich zu den Vorschriften dieses Kapitels mindestens gleichwertiges Sicherheitsniveau bieten. Für internationale Beförderungen müssen die ortsbeweglichen FVK-Tanks, die nach diesen alternativen Vereinbarungen gebaut sind, von den zuständigen Behörden genehmigt sein.

**6.9.2 Vorschriften für die Auslegung, den Bau und die Prüfung von ortsbeweglichen FVK-Tanks**

**6.9.2.1 Begriffsbestimmungen**

Für Zwecke dieses Abschnitts gelten die Begriffsbestimmungen des Unterabschnitts 6.7.2.1 mit Ausnahme der Begriffsbestimmungen in Bezug auf metallene Werkstoffe («Baustahl», «Bezugsstahl» und «Feinkornstahl») für den Bau des Tankkörpers eines ortsbeweglichen Tanks.

Zusätzlich gelten folgende Begriffsbestimmungen für ortsbewegliche Tanks mit einem FVK-Tankkörper:

*Außenschicht:* Der Teil des Tankkörpers mit direktem Kontakt zur Umgebung.

*Faserverstärkter Kunststoff (FVK):* Ein Werkstoff, der aus faser- und/oder partikelförmiger Verstärkung besteht, die in einem duroplastischen oder thermoplastischen Polymer (Matrix) enthalten ist.

*Präzisionswickelverfahren:* Ein Verfahren zur Herstellung von FVK-Strukturen, bei dem kontinuierliche Verstärkungen (Faser, Band oder andere), die entweder zuvor mit einem Matrixwerkstoff imprägniert wurden oder während des Wickelns imprägniert werden, über eine rotierende Form oder einen Dorn gelegt werden. Im Allgemeinen ist die Form eine Rotationsfläche und kann Böden umfassen.

*FVK-Tankkörper:* Ein geschlossenes Teil von zylindrischer Form mit einem Innenvolumen, das für die Lagerung und die Beförderung von chemischen Stoffen bestimmt ist.

*FVK-Tank:* Ein Tank, der aus einem FVK-Tankkörper und Böden gebaut ist, mit Bedienungsausrüstung, Sicherheitsentlastungseinrichtungen und anderen angebauten Ausrüstungen.

*Glasübergangstemperatur ( $T_g$ ):* Ein charakteristischer Wert des Temperaturbereichs, in dem der Glasübergang stattfindet.

*Handlaminieren:* Ein Verfahren zum Formen von verstärkten Kunststoffen, bei dem Verstärkung und Harz auf eine Form gelegt werden.

*Liner:* Eine Schicht auf der inneren Oberfläche eines FVK-Tankkörpers, die eine Berührung mit dem zu befördernden gefährlichen Gut verhindert.

*Matte:* Eine Faserverstärkung aus ungeordneten, zerkleinerten oder verdrehten Fasern, die als Schichten unterschiedlicher Länge und Dicke miteinander verbunden sind.

*Parallele Tankkörperprobe:* Ein FVK-Muster, das für den Tankkörper repräsentativ sein muss und das parallel zur Tankkörperkonstruktion hergestellt wird, wenn es nicht möglich ist, Ausschnitte aus dem Tankkörper selbst zu verwenden. Die parallele Tankkörperprobe kann flach oder gekrümmt sein.

*Repräsentative Probe:* Eine aus dem Tankkörper ausgeschnittene Probe.

*Harzinfusion:* Eine FVK-Konstruktionsmethode, bei der die trockene Verstärkung in eine angepasste Form, eine einseitige Form mit Vakuumsack oder auf andere Weise eingelegt wird und flüssiges Harz durch die Aufbringung äußeren Drucks am Einlass und/oder die Anwendung von vollem oder teilweisem Unterdruck an der Entlüftung dem Teil zugeführt wird.

~~*Vorgarn:* Ein langes und schmales Faserbündel.~~

*Tragschicht:* Die FVK-Schicht eines Tankkörpers, die erforderlich ist, um den Auslegungsbelastungen standzuhalten.

~~*Prüfstück:* Eine repräsentative FVK-Probe, die nach nationalen und/oder internationalen Normen gebaut und geprüft wurde, um die Auslegungsparameter zu bestimmen.~~

*Vlies:* Eine dünne Matte mit hoher Saugfähigkeit, die in FVK-Produktlagen verwendet wird, bei denen ein Überschussanteil an Polymermatrix erforderlich ist (Oberflächenebenheit, chemische Beständigkeit, Dichtheit usw.).

## **6.9.2.2 Allgemeine Vorschriften für die Auslegung und den Bau**

**6.9.2.2.1** Für ortsbewegliche FVK-Tanks gelten die Vorschriften des Abschnitts 6.7.1 und des Unterabschnitts 6.7.2.2. Für Bereiche des Tankkörpers, die aus FVK hergestellt sind, sind die folgenden Vorschriften des Kapitels 6.7 ausgenommen: Absätze 6.7.2.2.1, 6.7.2.2.9.1, 6.7.2.2.13 und 6.7.2.2.14. Die Tankkörper müssen in Übereinstimmung mit den Bestimmungen eines von der zuständigen Behörde anerkannten, für FVK-Werkstoffe anwendbaren Regelwerks für Druckbehälter ausgelegt und gebaut sein.

Darüber hinaus gelten die folgenden Vorschriften.

### **6.9.2.2.2 Qualitätssicherungssystem des Herstellers**

**6.9.2.2.2.1** Das Qualitätssicherungssystem muss alle Elemente, Anforderungen und Vorschriften umfassen, die vom Hersteller angewendet werden. Es muss auf eine systematische und ordentliche Weise in Form schriftlich niedergelegter Grundsätze, Verfahren und Anweisungen dokumentiert werden.

**6.9.2.2.2.2** Der Inhalt muss insbesondere geeignete Beschreibungen umfassen über:

- a) die Organisationsstruktur und Verantwortlichkeiten des Personals hinsichtlich der Auslegung und der Produktqualität;
- b) die bei der Auslegung der ortsbeweglichen Tanks verwendeten Techniken, Prozesse und Verfahren für die Auslegungskontrolle und -überprüfung;
- c) die entsprechenden Anweisungen, die für die Herstellung, die Qualitätskontrolle, die Qualitätssicherung und die Arbeitsabläufe verwendet werden;
- d) Qualitätsaufzeichnungen, wie Prüfberichte, Prüf- und Kalibrierungsdaten;
- e) Überprüfungen durch die Geschäftsleitung in Folge der Nachprüfungen (Audits) gemäß Absatz 6.9.2.2.2.4, um die erfolgreiche Wirkungsweise des Qualitätssicherungssystems sicherzustellen;
- f) das Verfahren, das beschreibt, wie Kundenanforderungen erfüllt werden;
- g) das Verfahren für die Kontrolle der Dokumente und deren Überarbeitung;
- h) die Mittel für die Kontrolle nicht konformer ortsbeweglicher Tanks, von Zukaufteilen, Zwischenprodukten und Fertigteilen und
- i) Schulungsprogramme und Qualifizierungsverfahren für das betroffene Personal.

**6.9.2.2.2.3** Im Rahmen des Qualitätssicherungssystems müssen die folgenden Mindestanforderungen für jeden hergestellten ortsbeweglichen FVK-Tank erfüllt werden:

- a) Verwendung eines Prüfplans;
- b) Sichtprüfungen;
- c) Überprüfung der Faserausrichtung und des Massenanteils mittels eines dokumentierten Kontrollverfahrens;
- d) Überprüfung der Faser- und Harzqualität und -eigenschaften anhand von Bescheinigungen oder anderen Dokumenten;
- e) Überprüfung der Liner-Qualität und -Eigenschaften anhand von Bescheinigungen oder anderen Dokumenten;
- f) Überprüfung der Eigenschaften des geformten Thermoplastharzes bzw. des Aushärtungsgrades des Duroplastharzes durch direkte oder indirekte Mittel (z. B. Barcol-Test oder dynamische Differenz-Thermoanalyse), die in Übereinstimmung mit Absatz 6.9.2.7.1.2 h) zu bestimmen sind, oder durch Kriechversuche an einer repräsentativen Probe oder einer parallel gefertigten Tankkörperprobe in Übereinstimmung mit Absatz 6.9.2.7.2.1.2 e) über einen Zeitraum von 100 Stunden;

- g) Dokumentation der Formungsverfahren von Thermoplastharzen bzw. der Aushärtungs- und Nachhärtungsverfahren von Duroplasten und
- h) Aufbewahrung und Archivierung von Tankkörperproben für zukünftige Prüfungen und Tankkörperüberprüfungen (z. B. vom Mannlochausschnitt) für einen Zeitraum von 5 Jahren.

#### **6.9.2.2.4** Nachprüfung (Audit) des Qualitätssicherungssystems

Das Qualitätssicherungssystem ist erstmalig zu bewerten, um festzustellen, ob es die Anforderungen der Absätze 6.9.2.2.2.1 bis 6.9.2.2.2.3 zur Zufriedenheit der zuständigen Behörde erfüllt.

Der Hersteller ist über die Ergebnisse der Nachprüfung in Kenntnis zu setzen. Die Mitteilung muss die Schlussfolgerungen der Nachprüfung und eventuell erforderliche Korrekturmaßnahmen umfassen.

Wiederkehrende Nachprüfungen sind zur Zufriedenheit der zuständigen Behörde durchzuführen, um sicherzustellen, dass der Hersteller das Qualitätssicherungssystem aufrechterhält und anwendet. Berichte über die wiederkehrenden Nachprüfungen sind dem Hersteller zur Verfügung zu stellen.

#### **6.9.2.2.5** Aufrechterhaltung des Qualitätssicherungssystems

Der Hersteller muss das Qualitätssicherungssystem in der zugelassenen Form so aufrechterhalten, dass es geeignet und effizient bleibt.

Der Hersteller hat die zuständige Behörde, die das Qualitätssicherungssystem zugelassen hat, über beabsichtigte Änderungen in Kenntnis zu setzen. Die vorgeschlagenen Änderungen sind zu bewerten, um festzustellen, ob das geänderte Qualitätssicherungssystem die Anforderungen der Absätze 6.9.2.2.2.1 bis 6.9.2.2.2.3 weiterhin erfüllt.

#### **6.9.2.2.3** *FVK-Tankkörper*

##### **6.9.2.2.3.1**

Die FVK-Tankkörper müssen eine sichere Verbindung mit den Konstruktionselementen des Rahmens des ortsbeweglichen Tanks haben. Die Stützen und Befestigungen des FVK-Tankkörpers am Rahmen dürfen keine lokalen Spannungskonzentrationen verursachen, welche die zulässigen Auslegungswerte der Tankkörperstruktur in Übereinstimmung mit den in diesem Kapitel genannten Vorschriften für alle Betriebs- und Prüfbedingungen überschreiten.

##### **6.9.2.2.3.2**

Die Tankkörper sind aus geeigneten Werkstoffen herzustellen, die für den Betrieb in einem minimalen Auslegungstemperaturbereich von -40 °C bis +50 °C geeignet sind, sofern von der zuständigen Behörde des Staates, in dem die Beförderung durchgeführt wird, wegen besonderer klimatischer oder betrieblicher Bedingungen (z. B. Heizelemente) keine anderen Temperaturbereiche festgelegt sind.

##### **6.9.2.2.3.3**

Wenn eine Heizsystem eingebaut ist, muss dieses den Absätzen 6.7.2.5.12 bis bis 6.7.2.5.15 und den folgenden Vorschriften entsprechen:

- a) die höchste Betriebstemperatur der in den Tankkörper eingebauten oder mit dem Tankkörper verbundenen Heizelemente darf die höchste Auslegungstemperatur des Tankkörpers nicht überschreiten;

- b) die Heizelemente müssen so ausgelegt, gesteuert und verwendet werden, dass die Temperatur des beförderten Stoffes die höchste Auslegungstemperatur des Tanks oder einen Wert, bei dem der Innendruck den höchstzulässigen Betriebsdruck übersteigt, nicht überschreiten kann, und
- c) die Konstruktionen des Tanks und seiner Heizelemente müssen eine Untersuchung des Tankkörpers in Bezug auf mögliche Überhitzungseffekte ermöglichen.

**6.9.2.2.3.4** Die Tankkörper setzen sich aus folgenden Elementen zusammen:

- Liner,
- Tragschicht,
- Außenschicht.

**Bem.** Die Schichten dürfen miteinander kombiniert werden, wenn alle anwendbaren Funktionskriterien erfüllt werden.

**6.9.2.2.3.5** Der Innenliner ist das innere Element des Tankkörpers, das als erste Barriere zur Gewährleistung der Langzeitbeständigkeit gegenüber den zu befördernden Stoffen sowie zur Verhinderung gefährlicher Reaktionen mit dem Inhalt oder der Bildung gefährlicher Verbindungen sowie einer wesentlichen Schwächung der Tragschicht ausgelegt ist, wobei die Diffusion von Stoffen durch den Innenliner zu berücksichtigen ist. Die chemische Verträglichkeit ist in Übereinstimmung mit Absatz 6.9.2.7.1.3 zu überprüfen.

Der Innenliner kann ein FVK-Liner oder ein Thermoplastliner sein.

**6.9.2.2.3.6** Die FVK-Liner setzen sich aus folgenden Bestandteilen zusammen:

- a) Oberflächenschicht («gel-coat»): eine entsprechend harzreiche Oberflächenschicht, verstärkt mit einem Vlies, das mit dem Harz und dem Inhalt verträglich ist. Diese Schicht darf einen höchsten Fasermassenanteil von 30 %, eine minimale Dicke von 0,25 und eine maximale Dicke von 0,60 mm haben.
- b) Verstärkungslage(n): eine oder mehrere Lagen mit einer Mindestdicke von 2 mm, die eine Glasmatte oder Spritzfasern von mindestens 900 g/m<sup>2</sup> enthalten, die einen Glasgehalt von mindestens 30 Masse-% aufweisen, es sei denn, für geringere Glasgehalte wird eine vergleichbare Sicherheit nachgewiesen.

**6.9.2.2.3.7** Wenn der Liner aus Thermoplastkunststoffplatten besteht, müssen diese zur erforderlichen Form unter Verwendung eines qualifizierten Schweißverfahrens und qualifizierten Personals zusammengeschweißt werden. Darüber hinaus müssen geschweißte Liner eine Schicht aus elektrisch leitfähigem Material aufweisen, die auf die Oberfläche der Schweißnähte, die nicht im Kontakt mit dem flüssigen Stoff steht, gelegt wird, um eine Funkenprüfung zu erleichtern. Die Dauerhaftigkeit der Verbindung zwischen Liner und Tragschicht ist durch die Verwendung einer geeigneten Methode herzustellen.

**6.9.2.2.3.8** Die Verstärkungslage muss so ausgelegt sein, dass sie den Auslegungsbelastungen gemäß den Absätzen 6.7.2.2.12, 6.9.2.2.3.1, 6.9.2.3.2, 6.9.2.3.4 und 6.9.2.3.6 standhält.

**6.9.2.2.3.9** Die Außenschicht aus Harz oder Farbe muss einen ausreichenden Schutz der Tragschichten des Tanks vor Umwelt- und Betriebseinflüssen, einschließlich UV-Strahlung und Salznebel, und vor gelegentlichen Spritzern der Ladung gewährleisten.

**6.9.2.3.10 Harze**

Die Verarbeitung der Harzmischung muss genau nach den Empfehlungen des Lieferanten erfolgen. Diese Harze können sein:

- ungesättigte Polyesterharze,
- Vinylesterharze,
- Epoxyharze,
- Phenolharze;
- Thermoplastharze.

Die gemäß Absatz 6.9.2.7.1.1 ermittelte Wärmeformbeständigkeitstemperatur (HDT) des Harzes oder Glastemperatur (T<sub>g</sub>) muss mindestens 20 °C über der in Absatz 6.9.2.2.3.2 festgelegten höchsten Auslegungstemperatur des Tankkörpers liegen und mindestens 70 °C betragen.

**6.9.2.2.3.11 Verstärkungswerkstoffe**

Die Verstärkungswerkstoffe der Tragschichten müssen so ausgewählt werden, dass sie den Anforderungen an die Tragschicht genügen.

Für den Innenliner müssen Glasfasern mindestens des Typs C oder ECR gemäß Norm ISO 2078:1993 + Amd 1:2015 verwendet werden. Thermoplastvliese dürfen für den Innenliner nur verwendet werden, wenn ihre Verträglichkeit mit dem vorgesehenen Inhalt nachgewiesen wurde.

**6.9.2.2.3.12 Zusätze**

Zusätze, die für die Behandlung des Harzes notwendig sind, wie Katalysatoren, Beschleuniger, Härter und Thixotropierstoffe, sowie Werkstoffe, die für die Verbesserung des Tanks verwendet werden, wie z. B. Füllstoffe, Farbstoffe, Pigmente usw., dürfen unter Berücksichtigung der Auslegungsliebendauer und -temperatur nicht zu einer Schwächung des Werkstoffes führen.

**6.9.2.2.3.13** FVK-Tankkörper, ihre Elemente für die Befestigung sowie ihre Bedienungsausrüstung und bauliche Ausrüstung müssen so ausgelegt sein, dass sie während der Auslegungsliebendauer ohne Verlust des Inhalts (ausgenommen Gasmengen, die aus eventuell vorhandenen Entlüftungseinrichtungen entweichen) den in den Absätzen 6.7.2.2.12, 6.9.2.2.3, 6.9.2.3.2, 6.9.2.3.4 und 6.9.2.3.6 erwähnten Belastungen standhalten.

**6.9.2.2.3.14** Sondervorschriften für die Beförderung von Stoffen mit einem Flammpunkt von höchstens 60 °C

**6.9.2.2.3.14.1** FVK-Tanks zur Beförderung von entzündbaren flüssigen Stoffen der Klasse 3 mit einem Flammpunkt von höchstens 60 °C sind so zu bauen, dass eine elektrostatische Aufladung der verschiedenen Bestandteile verhindert wird, um die Ansammlung gefährlicher Ladungen zu vermeiden.

- 6.9.2.2.3.14.2** Der an der Innen- und Außenseite des Tankkörpers gemessene Wert des elektrischen Oberflächenwiderstandes darf  $10^9 \Omega$  nicht überschreiten. Dies kann durch die Verwendung von Additiven im Harz oder durch interlaminaire, leitfähige Schichten, wie Metall- oder Kohlefasernetzwerk, erreicht werden.
- 6.9.2.2.3.14.3** Der gemessene elektrische Erdableitwiderstand darf  $10^7 \Omega$  nicht überschreiten.
- 6.9.2.2.3.14.4** Alle Komponenten des Tankkörpers sind untereinander und mit den Metallteilen der Bedienungsausrüstung und der baulichen Ausrüstung des Tanks und **sowie mit dem Fahrzeug** elektrisch zu verbinden. Der elektrische Widerstand zwischen sich berührenden Teilen darf  $10 \Omega$  nicht überschreiten.
- 6.9.2.2.3.14.5** Der elektrische Oberflächen- und Erdableitwiderstand ist erstmalig bei jedem hergestellten Tank oder an einem Ausschnitt des Tankkörpers mit einem von der zuständigen Behörde anerkannten Verfahren zu messen. Bei einer Beschädigung des Tankkörpers, die eine Reparatur erfordert, ist der elektrische Widerstand erneut zu messen.
- 6.9.2.2.3.15** Der Tank ist so auszulegen, dass er ohne wesentliche Undichtheiten den Auswirkungen einer allseitigen dreißigminütigen Brandbelastung, wie in den Prüfvorschriften nach Absatz 6.9.2.7.1.5 definiert, standhält. Bei Vorliegen von Daten von Prüfungen mit vergleichbaren Tankbauarten kann mit Zustimmung der zuständigen Behörde auf eine Prüfung verzichtet werden.
- 6.9.2.2.3.16** Bauverfahren für FVK-Tankkörper
- 6.9.2.2.3.16.1** Für den Bau von FVK-Tankkörpern müssen Wickelverfahren, Handlaminierverfahren und Harzinfusionsverfahren oder andere geeignete Verbundwerkstoff-Herstellungsverfahren angewendet werden.
- 6.9.2.2.3.16.2** Das Gewicht der Faserverstärkung muss dem in der Verfahrensspezifikation festgelegten Gewicht mit einer Toleranz von +10 % und –0 % entsprechen. Für die Verstärkung der Tankkörper sind eine oder mehrere der in Abschnitt 6.9.2.2.3.11 und in der Verfahrensspezifikation festgelegten Faserarten zu verwenden.
- 6.9.2.2.3.16.3** Das Harzsystem muss eines der in Absatz 6.9.2.2.3.10 festgelegten Harzsysteme sein. Es dürfen keine Füllstoffe, Pigmente oder Farbstoffzusätze verwendet werden, welche die natürliche Farbe des Harzes beeinträchtigen, es sei denn, dies ist nach der Verfahrensspezifikation zulässig.
- 6.9.2.3** ***Auslegungskriterien***
- 6.9.2.3.1** FVK-Tankkörper müssen so ausgelegt sein, dass die Beanspruchung rechnerisch oder experimentell mit Hilfe von Dehnmessstreifen oder anderen von der zuständigen Behörde zugelassenen Methoden analysiert werden kann.
- 6.9.2.3.2** FVK-Tankkörper müssen so ausgelegt und gebaut sein, dass sie dem Prüfdruck standhalten. Für bestimmte Stoffe sind in der anwendbaren Anweisung für ortsbewegliche Tanks, die in Kapitel 3.2 Tabelle A Spalte 10 angegeben und in Abschnitt 4.2.5 beschrieben ist, oder in einer Sondervorschrift für ortsbewegliche Tanks, die in Kapitel 3.2 Tabelle A Spalte 11 angegeben und in Unterabschnitt 4.2.5.3 beschrieben ist, besondere Vorschriften festgelegt. Die Mindestwanddicke des FVK-Tankkörpers darf nicht geringer sein als in Unterabschnitt 6.9.2.4 festgelegt.

**6.9.2.3.3** Beim festgelegten Prüfdruck darf bei den in Absatz 6.9.2.7.1.2 c) vorgeschriebenen Zugprüfungen die in mm/mm gemessene höchste relative Zugverformung des Tankkörpers nicht zur Bildung von Mikrorissen führen und daher nicht größer sein als der erste gemessene Punkt der Dehnung an der Bruchbasis oder der Beschädigung des Harzes.

**6.9.2.3.4** Für den inneren Prüfdruck, den in Absatz 6.7.2.2.10 festgelegten äußeren Auslegungsdruck, die in Absatz 6.7.2.2.12 festgelegten statischen Belastungen und die statischen Schwerkraftlasten, die durch den Inhalt mit der für die Auslegung festgelegten höchsten Dichte und bei höchstem Füllungsgrad verursacht werden, dürfen die Versagenskriterien (FC) in Längsrichtung, in Umfangsrichtung und in jeder anderen Richtung in der Ebene des Verbundaufbaus den folgenden Wert nicht überschreiten:

$$FC \leq \frac{1}{K},$$

wobei:

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5,$$

wobei:

**K** einen Mindestwert von 4 haben muss.

**K<sub>0</sub>** ein Festigkeitsfaktor ist. Für die allgemeine Auslegung beträgt der Wert für **K<sub>0</sub>** mindestens 1,5. Der Wert von **K<sub>0</sub>** muss verdoppelt werden, sofern der Tankkörper nicht mit einem zusätzlichen Schutz in Form eines den Tankkörper völlig umschließenden Metallrahmenwerkes mit Längs- und Querträgern ausgerüstet ist.

**K<sub>1</sub>** ein Faktor ist, der mit der Minderung der Werkstoffeigenschaften infolge Kriechverhaltens und Alterung zusammenhängt. Er ist nach der Formel

$$K_0 = \frac{1}{\alpha \cdot \beta}$$

zu bestimmen, wobei « $\alpha$ » der Kriechfaktor und « $\beta$ » der Alterungsfaktor ist, der in Übereinstimmung mit Absatz 6.9.2.7.1.2 e) bzw. f) bestimmt wird. nach der Norm EN 978:1997 im Anschluss an die Prüfung gemäß Norm EN 977:1997. Bei der Verwendung in Berechnungen müssen die Faktoren  $\alpha$  und  $\beta$  zwischen 0 und 1 liegen.

Alternativ darf konservativ ein Wert  $K_1 = 2$  für die Durchführung der numerischen Validierungsaufgabe in Absatz 6.9.2.3.4 verwendet werden (dadurch entfällt nicht die Notwendigkeit, Prüfungen zur Bestimmung von  $\alpha$  und  $\beta$  durchzuführen).

**K<sub>2</sub>** ein Faktor ist, der mit der Betriebstemperatur und den thermischen Eigenschaften des Harzes zusammenhängt und der durch die folgende Gleichung mit einem Minimalwert von 1 ermittelt wird:

$$K_2 = 1,25 - 0,0125 (HDT - 70),$$

wobei HDT die Wärmeformbeständigkeitstemperatur des Harzes in °C ist.

**K<sub>3</sub>** ein Faktor ist, der mit der Ermüdung des Werkstoffes zusammenhängt; sofern kein anderer Wert von der zuständigen Behörde zugelassen wird, ist hierfür ein Wert von  $K_3 = 1,75$  zu verwenden. Für die Auslegung gegenüber dynamischen Belastungen nach Absatz 6.7.2.2.12 ist ein Wert von  $K_3 = 1,1$  zu verwenden.

**K<sub>4</sub>** ein Faktor ist, der mit der Harzaushärtetechnik zusammenhängt und folgende Werte hat:

- 1,0, wenn das Aushärten nach einem zugelassenen und dokumentierten Verfahren erfolgt und das in Absatz 6.9.2.2.2 beschriebene Qualitätssicherungssystem eine Überprüfung des Aushärtungsgrades für jeden ortsbeweglichen FVK-Tank unter Verwendung eines direkten Messansatzes, wie die in der Norm ISO 11357-2:2016 bestimmte dynamische Differenz-Thermoanalyse (DSC), gemäß Absatz 6.9.2.7.1.2 i) umfasst;
- 1,1, wenn die Formung des Thermoplastharzes oder die Aushärtung des Duroplastharzes nach einem zugelassenen und dokumentierten Verfahren erfolgt und das in Absatz 6.9.2.2.2 beschriebene Qualitätssicherungssystem die Überprüfung der Eigenschaften des geformten Thermoplastharzes bzw. des Aushärtungsgrades des Duroplastharzes für jeden ortsbeweglichen FVK-Tank unter Verwendung eines indirekten Messverfahrens gemäß Absatz 6.9.2.7.1.2 h), wie der Barcol-Test gemäß der Norm ASTM D2583:2013-03 oder EN 59:2016, Wärmeformbeständigkeitstemperatur (HDT) gemäß Norm ISO 75-1:2013, thermomechanische Analyse (TMA) gemäß Norm ISO 11359-1:2014 oder dynamische thermomechanische Analyse (DMA) gemäß Norm ISO 6721-11:2019;
- 1,5 in anderen Fällen.

**K<sub>5</sub>** ein Faktor ist, der sich auf die Anweisung für ortsbewegliche Tanks in Absatz 4.2.5.2.6 bezieht:

- 1,0 für T 1 bis T 19;
- 1,33 für T 20;
- 1,67 für T 21 bis T 22.

Eine Auslegungsvalidierung unter Verwendung einer numerischen Analyse und eines geeigneten Versagenskriteriums für Verbundwerkstoffe muss durchgeführt werden, um zu überprüfen, dass die Lagen im Tankkörper unter den zulässigen Werten liegen. Geeignete Versagenskriterien für Verbundwerkstoffe sind unter anderem Tsai-Wu, Tsai-Hill, Hashin, Yamada-Sun, Strain Invariant Failure Theory, Maximum Strain, or Maximum Stress. Mit Genehmigung der zuständigen Behörde sind andere Relationen für die Festigkeitskriterien zulässig. Die Methode und die Ergebnisse dieser Auslegungsvalidierung sind der zuständigen Behörde vorzulegen.

Die zulässigen Werte sind mit Hilfe von Versuchen zu ermitteln, um die Parameter abzuleiten, die für die gewählten Versagenskriterien in Verbindung mit dem Sicherheitsfaktor K, den nach Absatz 6.9.2.7.1.2 c) gemessenen Festigkeitswerten und den in Absatz 6.9.2.3.5 vorgeschriebenen Kriterien für die höchste Dehnung erforderlich sind. Die Analyse der Verbindungen ist in Übereinstimmung mit den gemäß Absatz 6.9.2.3.7 ermittelten zulässigen Werten und den gemäß Absatz 6.9.2.7.1.2 g) gemessenen Festigkeitswerten durchzuführen. Das Knicken ist gemäß Absatz 6.9.2.3.6 zu berücksichtigen. Die Auslegung von Öffnungen und metallenen Einschlüssen ist nach Absatz 6.9.2.3.8 zu berücksichtigen.

#### **6.9.2.3.5**

Bei jeder der in den Absätzen 6.7.2.2.12 und 6.9.2.3.4 definierten Spannungen darf die resultierende Dehnung in jeder Richtung den in der folgenden Tabelle angegebenen Wert oder 1/10 der nach der Norm EN 527-2:2012 ermittelten Bruchdehnung des Harzes, je nachdem, welcher Wert geringer ist, nicht überschreiten.

Beispiele bekannter Wert sind in nachstehender Tabelle angegeben:

Harztyp	höchste Beanspruchung unter Spannung (%)
Ungesättigtes Polyester- oder Phenolharz	0,2
Vinylesterharz	0,25
Epoxyharz	0,3
Thermoplastharz	siehe Absatz 6.9.2.3.3

**6.9.2.3.6** Für den äußeren Auslegungsdruck muss der Mindestsicherheitsfaktor für die lineare Knickanalyse des Tankkörpers wie in dem anwendbaren Regelwerk für Druckbehälter definiert, jedoch nicht kleiner als drei sein.

**6.9.2.3.7** Die für die Verbindungen, einschließlich der Verbindungen der Böden, der Verbindungen zwischen den Ausrüstungsteilen und dem Tankkörper, der Verbindungen der Schwallwände und der Tankunterteilungen mit dem Tankkörper, verwendeten Klebeverbindungen und/oder Überlamine müssen in der Lage sein, den Belastungen der Absätze 6.7.2.2.12, 6.9.2.2.3.1, 6.9.2.3.2, 6.9.2.3.4 und 6.9.2.3.6 standzuhalten. Um Spannungskonzentrationen im Überlaminat zu vermeiden, sind Neigungen mit einem Steigungsverhältnis von höchstens 1:6 zu verwenden. Die Schubfestigkeit zwischen dem Überlaminat und den damit verbundenen Tankteilen darf nicht kleiner sein als

$$\tau = \gamma \frac{Q}{l} \leq \frac{\tau_R}{K},$$

wobei:

$\tau_R$  die interlaminare Schubfestigkeit gemäß der Norm ISO 14130:1997 und COR 1:2003 ist;

$Q$  die Last pro Breitereinheit der Verbindung ist;

$K$  der gemäß Absatz 6.9.2.3.4 ermittelte Sicherheitsfaktor ist;

$l$  die Länge des Überlaminats ist;

$\gamma$  der Kerbfaktor ist, der die mittlere Verbindungsspannung mit der Spitzenverbindungsspannung am Ort der Versagenseinleitung in Beziehung setzt.

Andere Berechnungsmethoden für die Verbindungen sind nach Genehmigung durch die zuständige Behörde zulässig.

**6.9.2.3.8** Metallene Flansche und ihre Verschlüsse dürfen in FVK-Tankkörpern gemäß den Auslegungsvorschriften des Abschnitts 6.7.2 verwendet werden. Öffnungen im FVK-Tankkörper müssen so verstärkt sein, dass sie mindestens dieselben Sicherheitsfaktoren gegen die in den Absätzen 6.7.2.2.12, 6.9.2.3.2, 6.9.2.3.4 und 6.9.2.3.6 festgelegten statischen und dynamischen Beanspruchungen aufweisen wie der Tankkörper selbst. Die Anzahl der Öffnungen ist zu minimieren. Das Achsenverhältnis der ovalen Öffnungen darf nicht mehr als 2 betragen.

Werden metallene Flansche oder Bauteile durch Kleben in den FVK-Tankkörper integriert, so ist für die Verbindung zwischen Metall und FVK die in Absatz 6.9.2.3.7 genannte Charakterisierungsmethode anzuwenden. Werden die metallenen Flansche oder Bauteile auf andere Weise befestigt, z. B. durch Schraubverbindungen, so gelten die entsprechenden Bestimmungen des anwendbaren Regelwerks für Druckbehälter.

**6.9.2.3.9** Die Festigkeitsberechnungen des Tankkörpers müssen mit der Finite-Elemente-Methode durchgeführt werden, wobei die Tankkörperlamine, die Verbindungen innerhalb des FVK-Tankkörpers, die Verbindungen zwischen dem FVK-Tankkörper und dem Containerrahmen sowie die Öffnungen simuliert werden. Die Behandlung von Besonderheiten muss mit einer geeigneten Methode gemäß dem anwendbaren Regelwerk für Druckbehälter erfolgen.

**6.9.2.4 Mindestwanddicke des Tankkörpers**

**6.9.2.4.1** Die Mindestwanddicke des FVK-Tankkörpers ist durch Nachberechnungen der Festigkeit des Tankkörpers unter Berücksichtigung der Festigkeitsanforderungen des Absatzes 6.9.2.3.4 zu bestätigen.

**6.9.2.4.2** Die Mindestdicke der Tragschichten des FVK-Tankkörpers ist gemäß Absatz 6.9.2.3.4 zu bestimmen, die Mindestdicke der Tragschichten muss jedoch mindestens 3 mm betragen.

**6.9.2.5 Ausrüstungsteile für ortsbewegliche Tanks mit FVK-Tankkörper**

Bedienungseinrichtungen, Bodenöffnungen, Druckentlastungseinrichtungen, Füllstandsanzeigevorrichtungen, Traglager, Rahmen, Hebe- und Befestigungseinrichtungen von ortsbeweglichen Tanks müssen den Vorschriften der Unterabschnitte 6.7.2.5 bis 6.7.2.17 entsprechen. Wenn andere metallene Vorrichtungen in den FVK-Tankkörper integriert werden müssen, gelten die Vorschriften des Absatzes 6.9.2.3.8.

**6.9.2.6 Baumusterzulassung**

**6.9.2.6.1** Die Baumusterzulassung von ortsbewegliche FVK-Tanks muss gemäß den Vorschriften des Unterabschnitts 6.7.2.18 erfolgen. Für ortsbewegliche FVK-Tanks gelten zusätzlich die folgenden Vorschriften.

**6.9.2.6.2** Der Baumusterprüfbericht für die Baumusterzulassung muss zusätzlich Folgendes enthalten.

- a) Ergebnisse der Werkstoffprüfungen, die für die Herstellung des FVK-Tankkörpers gemäß den Vorschriften des Absatzes 6.9.2.7.1 verwendet wurden.
- b) Ergebnisse des Kugelfallversuchs in Übereinstimmung mit den Vorschriften des Absatzes 6.9.2.7.1.4.
- c) Ergebnisse der Feuerbeständigkeitsprüfung in Übereinstimmung mit den Vorschriften des Absatzes 6.9.2.7.1.5.

**6.9.2.6.3** Es muss ein Betriebsdauer-Prüfprogramm erstellt werden, das Teil des Betriebshandbuchs ist, um den Zustand des Tanks bei wiederkehrenden Prüfungen zu überwachen. Das Prüfprogramm muss sich auf die kritischen Spannungsstellen konzentrieren, die in der gemäß Absatz 6.9.2.3.4 durchgeführten Auslegungsanalyse ermittelt wurden. Die Prüfmethode muss die potenzielle Schadensart an der kritischen Spannungsstelle berücksichtigen (z. B. Zugspannung oder Interlaminatspannung). Die Prüfung muss eine Kombination aus Sichtprüfung und zerstörungsfreier Prüfung sein (z. B. Schallemission, Ultraschallauswertung, Thermografie). Bei Heizelementen muss das Betriebsdauer-Programm eine Untersuchung des Tankkörpers oder seiner repräsentativen Stellen ermöglichen, um die Auswirkungen von Überhitzung zu berücksichtigen.

**6.9.2.6.4** Ein repräsentatives Baumuster eines Tanks ist den nachstehend dargestellten Prüfungen zu unterziehen. Soweit erforderlich, darf die Bedienungsausrüstung zu diesem Zweck durch andere Teile ersetzt werden.

**6.9.2.6.4.1** Das Baumuster ist auf Übereinstimmung mit der Baumusterspezifikation geprüft werden. Dies schließt eine innere und äußere Prüfung und eine Maßkontrolle der Hauptabmessungen ein.

**6.9.2.6.4.2** Das Baumuster, das an allen Stellen mit hoher Dehnung, die bei der Auslegungsvalidierung in Übereinstimmung mit Absatz 6.9.2.3.4 ermittelt wurden, mit Dehnmessstreifen ausgerüstet ist, ist folgenden Belastungen zu unterziehen, wobei die dabei auftretenden Dehnungen aufzuzeichnen sind:

- a) Füllung mit Wasser bis zum höchstzulässigen Füllungsgrad. Die Messergebnisse sind zur Überprüfung der rechnerischen Auslegung nach Absatz 6.9.2.3.4 zu verwenden.
- b) Füllung mit Wasser bis zum höchstzulässigen Füllungsgrad und Aufbringung statischer Belastungen in allen drei Richtungen, die auf die Bodeneckbeschläge wirken, ohne zusätzliche Masse, die von außen auf den Tankkörper aufgebracht wird. Für den Vergleich mit der rechnerischen Auslegung nach Absatz 6.9.2.3.4 sind die aufgezeichneten Dehnungen im Verhältnis der in Absatz 6.7.2.2.12 geforderten und der gemessenen Beschleunigungswerte zu extrapolieren.
- c) Füllung mit Wasser und Anwendung des festgelegten Prüfdrucks. Unter dieser Belastung darf der Tankkörper keine sichtbaren Schäden und keine Undichtheit aufweisen.

Die Spannung, die dem gemessenen Dehnungsniveau entspricht, darf den in Absatz 6.9.2.3.4 berechneten Mindestsicherheitsfaktor unter keiner dieser Belastungsbedingungen überschreiten.

## **6.9.2.7 Zusätzlich geltende Vorschriften für ortsbewegliche FVK-Tanks**

**6.9.2.7.1** Werkstoffprüfung

**6.9.2.7.1.1** Harze

Die Zugdehnung des Harzes ist in Übereinstimmung mit der Norm ISO 527-2:2012 zu bestimmen. Die Wärmeformbeständigkeitstemperatur (HDT) des Harzes ist in Übereinstimmung mit der Norm ISO 75-1:2013 zu bestimmen.

**6.9.2.7.1.2** Tankkörperproben

Vor der Prüfung müssen alle Beschichtungen von den Proben entfernt werden. Wenn Tankkörperproben nicht möglich sind, dürfen parallel gefertigte Tankkörperproben dürfen verwendet werden. Die Prüfungen müssen umfassen:

- a) Dicke der Laminatschichten des Mantels und der Böden des Tankkörpers.
- b) Massegehalt und Zusammensetzung der Verstärkungsfasern anhand der Norm ISO 1172:1996 oder ISO 14127:2008 sowie Orientierung und Aufbau der Verstärkungslagen.

- c) Zugfestigkeit, Bruchdehnung und Elastizitätsmodul gemäß Norm ISO 527-4:1997 oder ISO 527-5:2009 für die Umfangs- und Längsrichtung des Tankkörpers. Für Bereiche des FVK-Tankkörpers sind Prüfungen an repräsentativen Laminatschichten in Übereinstimmung mit der Norm ISO 527-4:1997 oder ISO 527-5:2009 durchzuführen, um eine Bewertung der Eignung des Sicherheitsfaktors (K) zu ermöglichen. Es sind mindestens sechs Proben pro Zugfestigkeitsmessung zu verwenden; als Zugfestigkeit gilt der Mittelwert minus zwei Standardabweichungen.
- d) Die Durchbiegung und Biegefestigkeit ist anhand der Drei- oder Vier-Punkt-Biegeprüfung gemäß der Norm ISO 14125:1998 und Amd 1:2011 unter Verwendung einer Probe mit einer Mindestbreite von 50 mm und einem Auflagerabstand von mindestens der zwanzigfachen Wanddicke. Es sind mindestens fünf Proben zu verwenden.
- e) Der Kriechfaktor  $\alpha$  ist aus dem Mittelwert der Ergebnisse von mindestens zwei Proben mit der in Absatz d) beschriebenen Konfiguration zu ermitteln, die bei der in Absatz 6.9.2.2.4 angegebenen höchsten Auslegungstemperatur über einen Zeitraum von 1000 Stunden einem Kriechvorgang in einer Drei- oder Vier-Punkt-Biegung unterzogen werden. An jeder Probe ist die folgende Prüfung durchzuführen:
- (i) unbelastetes Einspannen der Probe in die Biegevorrichtung in einem auf die höchste Auslegungstemperatur eingestellten Ofen und Akklimatisierung über mindestens 60 Minuten;
  - (ii) Belastung der Probe gemäß der Norm ISO 14125:1998 und Amd 1:2011 mit einer Biegespannung, die der in Absatz d) ermittelten Festigkeit, geteilt durch 4, entspricht. Aufrechterhaltung der mechanischen Belastung bei der höchsten Auslegungstemperatur ohne Unterbrechung für mindestens 1000 Stunden;
  - (iii) Messung der Anfangsverformung sechs Minuten nach Aufbringen der vollen Last gemäß Absatz e) (ii). Beibehaltung der Belastung der Probe im Prüfstand;
  - (iv) Messung der endgültigen Verformung 1000 Stunden nach Aufbringen der vollen Last gemäß Absatz e) (ii) und
  - (v) Berechnung des Kriechfaktors  $\alpha$  durch Division der Anfangsverformung aus Absatz e) (iii) durch die endgültige Verformung aus Absatz e) (iv).
- f) Der Alterungsfaktor  $\beta$  ist aus dem Mittelwert der Ergebnisse von mindestens zwei Proben mit der in Absatz d) beschriebenen Konfiguration zu ermitteln, die bei der in Absatz 6.9.2.2.4 angegebenen höchsten Auslegungstemperatur einer statischen Drei- oder Vier-Punkt-Biegung in Verbindung mit einem Eintauchen in Wasser über einen Zeitraum von 1000 Stunden unterzogen werden. An jeder Probe ist die folgende Prüfung durchzuführen:
- (i) Trocknung der Proben vor der Prüfung oder Konditionierung in einem Ofen bei 80 °C über einen Zeitraum von 24 Stunden;
  - (ii) Belastung der Probe mit einer Drei- oder Vier-Punkt-Biegung gemäß der Norm ISO 14125:1998 und Amd 1:2011 bei Umgebungstemperatur mit einer Biegespannung, die der in Absatz d) ermittelten Festigkeit, geteilt durch 4, entspricht. Messung der Anfangsverformung sechs Minuten nach Aufbringen der vollen Last. Entfernung der Probe aus dem Prüfstand;

- (iii) Eintauchen der unbelasteten Probe für eine Dauer von mindestens 1000 Stunden ohne Unterbrechung der Konditionierungszeit in Wasser bei der höchsten Auslegungstemperatur. Entfernung der Proben nach Ablauf der Konditionierungszeit, Feuchthalten bei Umgebungstemperatur und Absolvierung des Schrittes gemäß Absatz f) (iv) innerhalb von drei Tagen;
  - (iv) Unterziehung der Probe einer zweiten Runde statischer Belastung in der gleichen Weise wie in Absatz f) (ii). Messung der endgültigen Verformung sechs Minuten nach Aufbringen der vollen Last. Entfernung der Probe aus dem Prüfstand und
  - (v) Berechnung des Alterungsfaktors  $\beta$  durch Division der Anfangsverformung aus Absatz f) (ii) durch die endgültige Verformung aus Absatz f) (iv).
- g) Die interlaminare Scherfestigkeit der Verbindungen ist durch Prüfung repräsentativer Proben in Übereinstimmung mit der Norm ISO 14130:1997 zu messen.
- h) Die Effizienz der Verformungseigenschaften von Thermoplastharzen bzw. der Aushärtungs- und Nachhärtungsverfahren von Duroplastharzen, die für die Lamine verwendet werden, muss mit einer oder mehreren der folgenden Methoden bestimmt werden:
- (i) direkte Messung der Eigenschaften des geformten Thermoplastharzes oder des Aushärtungsgrades des Duroplastharzes: die unter Verwendung der dynamischen Differenz-Thermoanalyse (DSC) in Übereinstimmung mit der Norm ISO 11357-2:2016 bestimmte Glasübergangstemperatur ( $T_g$ ) oder Schmelztemperatur ( $T_m$ ) oder
  - (ii) indirekte Messung des Aushärtungsgrades des geformten Thermoplastharzes oder Duroplastharzes:
    - HDT gemäß Norm ISO 75-1:2013,
    - $T_g$  oder  $T_m$  mittels thermomechanischer Analyse (TMA) gemäß Norm ISO 11359-1:2014,
    - dynamische thermomechanische Analyse (DMA) gemäß Norm ISO 6721-11:2019,
    - Barcol-Test gemäß Norm ASTM D2583:2013-03 oder EN 59:2016.

#### 6.9.2.7.1.3

Die chemische Verträglichkeit des Liners und der chemischen Kontaktflächen der Bedienungs-ausrüstung mit den zu befördernden Stoffen ist durch eines der nachstehenden Methoden nachzuweisen. Dieser Nachweis muss alle Aspekte der Verträglichkeit der Werkstoffe des Tankkörpers und seiner Ausrüstungen mit den zu befördernden Stoffen, einschließlich der chemischen Schädigung des Tankkörpers, der Einleitung kritischer Reaktionen durch den Inhalt und gefährlicher Reaktionen zwischen beiden, berücksichtigen.

- a) Für die Feststellung einer Schädigung des Tankkörpers sind aus dem Tankkörper entnommene repräsentative Proben, einschließlich gegebenenfalls vorhandener innerer Liner mit Schweißnähten, der chemischen Verträglichkeitsprüfung nach der Norm EN 977:1997 für eine Dauer von 1000 Stunden bei 50 °C oder bei der höchsten Temperatur, bei der ein bestimmter Stoff zur Beförderung zugelassen ist, zu unterziehen. Im Vergleich mit unbelasteten Proben darf der im Biegeversuch gemäß der Norm EN 978:1997 gemessene Abfall der Festigkeit

und des Elastizitätsmoduls 25 % nicht übersteigen. Risse, Blasen, punktförmige Schäden, Trennungen von Lagen und Linern sowie Rauigkeit sind nicht zulässig.

- b) Bescheinigte und dokumentierte Daten über positive Erfahrungen hinsichtlich der Verträglichkeit der betreffenden Füllgüter mit den in Kontakt tretenden Werkstoffen des Tankkörpers über angegebene Temperaturen, Zeiten und andere bedeutsame Betriebsbedingungen.
- c) In der Fachliteratur, in Normen oder in anderen Quellen veröffentlichte technische Daten, die von der zuständigen Behörde akzeptiert werden.
- d) Mit Zustimmung der zuständigen Behörde dürfen andere Methoden der Überprüfung der chemischen Verträglichkeit verwendet werden.

#### **6.9.2.7.1.4** Kugelfallversuch nach der Norm EN 976-1:1997

Der Prototyp ist dem Kugelfallversuch nach der Norm EN 976-1:1997 Nr. 6.6 zu unterziehen. Dabei darf kein sichtbarer innerer oder äußerer Schaden auftreten.

#### **6.9.2.7.1.5** Feuerbeständigkeitsprüfung

- 6.9.2.7.1.5.1** Ein zu 80 % seines höchsten Fassungsraumes mit Wasser gefülltes repräsentatives Baumuster, einschließlich seiner Bedienungsausrüstung und baulichen Ausrüstung, ist einer allseitigen dreißigminütigen Brandbelastung durch ein Heizölbeckenfeuer oder einer anderen Art von Feuer mit gleicher Wirkung auszusetzen. Das Feuer muss einem theoretischen Feuer mit einer Flammentemperatur von 800 °C, einem Strahlungskoeffizienten von 0,9 und einem Wärmedurchgangskoeffizienten von 10 W/(m<sup>2</sup>K) und einem Oberflächenabsorptionsvermögen von 0,8 für den Tank entsprechen. Ein minimaler Nettowärmestrom von 75 kW/m<sup>2</sup> ist gemäß der Norm ISO 21843:2018 zu kalibrieren. Die Abmessungen des Beckens müssen den Tank um mindestens 50 cm nach allen Seiten überragen, und der Abstand zwischen dem Ölspiegel und dem Tank muss zwischen 50 und 80 cm betragen. Der unterhalb des Flüssigkeitsspiegels verbleibende Tank, einschließlich der Öffnungen und Verschlüsse, muss, abgesehen von Tropflecken, dicht bleiben.

### **6.9.2.8** Prüfung

- 6.9.2.8.1** Die Prüfung von ortsbeweglichen FVK-Tanks ist nach den Vorschriften des Unterabschnitts 6.7.2.19 durchzuführen. Darüber hinaus müssen geschweißte Thermoplastliner nach der Druckprüfung, die im Rahmen der in Absatz 6.7.2.19.4 festgelegten wiederkehrenden Prüfung durchzuführen ist, einer Funkenprüfung nach einer geeigneten Norm unterzogen werden.
- 6.9.2.8.2** Darüber hinaus müssen die erstmalige und die wiederkehrende Prüfung nach dem Betriebsdauer-Prüfprogramm und den damit verbundenen Prüfmethoden gemäß Abschnitt 6.9.2.6.3 erfolgen.
- 6.9.2.8.3** Bei der erstmaligen Prüfung muss überprüft werden, dass der Bau des Tanks in Übereinstimmung mit dem in Unterabschnitt 6.9.2.2.2 vorgeschriebenen Qualitätssicherungssystem erfolgt ist.
- 6.9.2.8.4** Zusätzlich muss bei der Prüfung des Tankkörpers die Lage der durch Heizelemente beheizten Bereiche angegeben oder gekennzeichnet werden, auf Auslegungszeichnungen vorhanden sein oder durch eine geeignete Technik (z. B. Infrarot) sichtbar gemacht werden. Bei der Prüfung des Tankkörpers sind die Auswirkungen von Überhitzung, Korrosion, Erosion, Überdruck und mechanischer Überlastung zu berücksichtigen.

**6.9.2.9 Aufbewahrung von Proben**

Tankkörperproben (z. B. aus dem Mannlochausschnitt) für jeden hergestellten Tank müssen für zukünftige Prüfungen und Tankkörperüberprüfungen für einen Zeitraum von fünf Jahren ab dem Zeitpunkt der erstmaligen Prüfung und bis zum erfolgreichen Abschluss der erforderlichen wiederkehrenden 5-Jahres-Prüfung aufbewahrt werden.

**6.9.2.10 Kennzeichnung**

**6.9.2.10.1** Die Vorschriften des Absatzes 6.7.2.20.1 mit Ausnahme der Vorschriften des Absatzes 6.7.2.20.1 f) (ii) gelten für ortsbewegliche Tanks mit einem FVK-Tankkörper.

**6.9.2.10.2** Die in Absatz 6.7.2.20.1 f) i) geforderten Angaben müssen lauten:

«Werkstoff der Tankkörperstruktur: Faserverstärkter Kunststoff», die Verstärkungsfasern, z. B. «Verstärkung: E-Glas», und das Harz, z. B. «Harz: Vinylester».

**6.9.2.10.3** Die Vorschriften des Absatzes 6.7.2.20.2 gelten für ortsbewegliche Tanks mit einem FVK-Tankkörper."

---