

DE

Festlegung der Prüffristen von Druckgefäßen aus Faserverbundwerkstoffen

Anhang VA

Druckgefäße aus Faserverbundwerkstoffen mit einem Fassungsraum von höchstens 450 l - Verfahren, Kriterien und Anforderungen -

Dieser Anhang beschreibt das Verfahren und die Kriterien nach denen die Prüffristen für Druckgefäße aus Faserverbundwerkstoffen bis 450 Liter festgelegt werden.

Für eine Prüffrist von 10 Jahren sind Eigenschaften nachzuweisen, die in Abhängigkeit der zugelassenen Verwendungsdauer eines Druckgefäßes aus Faserverbundwerkstoffen den hier dargelegten Anforderungen entsprechen.

Stand: 5. April 2012

Glossar

Bauart	<i>Druckgefäß und seine Variationen im Rahmen der Zulassung nach Druckbehälterverordnung</i>
Baumuster	<i>Druckgefäß, für dessen Gestalt nach der angewendeten Beschaffenheits- und Prüfnorm ein vollständiges Prüf- und Zertifizierungsverfahren erforderlich ist</i>
Baureihe	<i>Druckgefäß, für dessen Gestalt aufgrund begrenzter Abweichungen von einem bereits geprüften Baumuster (Variante) nach der angewendeten Beschaffenheits- und Prüfnorm ein reduziertes Prüf- und Zertifizierungsverfahren erforderlich ist</i>
Baureihe, lastwechselempfindliche	<i>Baureihe, deren Prüfmuster bei der Eingangsprüfung bis zu einer Lastwechselzahl von 50.000 lokale oder globale Versagensformen aufweisen; i. d. R. sind Baumuster mit metallischem Liner lastwechselempfindlich</i>
Baureihe, lastwechselunempfindliche	<i>Baureihe, deren Prüfmuster bei der Eingangsprüfung bis 50.000 LW kein Versagen aufweisen</i>
Degradationsrate	<i>Verlust der Restfestigkeit (Restlastwechselzahl oder Restberstdruck) pro Jahr</i>
Eingangsprüfung	<i>Prüfungen, die durchgeführt werden, um die für die Prüffristenfestlegung als Entscheidungsgrundlage erforderlichen Eingangsdaten zu ermitteln</i>
Füllempfindlichkeit, spezifische	<i>Verlust an Restfestigkeit (Restlastwechselzahl, hydraulisch) pro Füllzyklus</i>
Langzeiterfahrung (mit Werkstoffen)	<i>Erfahrung als Hersteller mit der Verwendung von Werkstoffen in Druckgefäßen seit mindestens 10 Jahren. Damit sind nicht die laufenden Variationen oder Modifikationen von Werkstoffen gemeint, sondern die Erfahrung mit einer Werkstoffgruppe wie z. B. Carbon- oder Basaltfasern etc.</i>
Lastwechselempfindlichkeit	<i>Technisches Kriterium der Klassifizierung von Baumustern nach ihrer primären Eigenschaft der Betriebsfestigkeit unter zyklischer Belastung</i>
Wiederholungsprüfung	<i>Wiederholung der Eingangsprüfung an einer Baureihe zur Kontrolle der betriebsbedingten Degradation (Festigkeitsverlust) in definierten Altersstufen</i>
Wiederholungsprüfung, erste	<i>Wiederholungsprüfung, die im 5. Gebrauchsjahr nach der Eingangsprüfung oder an Prüfmustern durchgeführt wird, die mindestens 4 Jahre älter sind als die der Eingangsprüfung</i>
Xy-Verbunddruckgefäß	<i>Druckgefäß aus Faserverbundwerkstoffen, das den Anforderungen für eine 10-Jahresprüffrist nach 1.3 entspricht. „X“ steht für die römische 10 und „y“ für „years“</i>

Formelzeichen

$N_{50\%}$	Lastwechselzahl bis Leckage, mittlere
$N_{Füll}$	Anzahl der Gasfüllungen eines Druckgefäßes
PH	Prüfdruck
PW	Betriebsdruck (bei einer Gastemperatur von 15°C im Fall komprimierter Gase)
T_N	Streuspanne der Lastwechselzahl
d_{LW}, d_p	Degradationsrate, durchschnittliche
$n_{Füll}$	Füllhäufigkeit, Anzahl der Gasfüllungen eines Druckgefäßes pro Jahr
p	Berstdruck
t_i	Betriebsalter/Gebrauchsdauer eines Prüfmusters zum Zeitpunkt einer der Prüfungen
t_0	Betriebsalter des Prüfloses zum Zeitpunkt der Eingangsprüfung (erste Kampagne zerstörender Prüfungen; neu oder betriebsbegleitend)
t_a	Betriebsalter des Prüfloses zum Zeitpunkt der aktuellen Wiederholungsprüfung (2. oder weitere Kampagne betriebsbegleitend zerstörender Prüfungen)
t_x	Betriebsalter des Prüfloses zum relevanten Zeitpunkt (meint: nächste Wiederholung der Kampagne zerstörender Prüfungen oder Ende der zulässigen Verwendungsdauer)
Λ	Mindestrestfüllzyklenzahl; s. Abbildung LCT.3 (Arbeitsdiagramm für Rest-Lastwechselfestigkeit)
Ω	Mindestrestberstdruck, relativer; s. Abbildung SBT.2 (Arbeitsdiagramm für Rest-Berstfestigkeit)
$\eta_{Füll}$	Füllempfindlichkeit, spezifische
ψ	Streumaß des Berstdruckes

VA 1 Festlegung der Prüffristen von Druckgefäßen in Faserverbundbauweise

- VA 1.1 Die Festlegung der Prüffristen nach P 200 im Abschnitt 4.1.4.1 von RID/ADR/ADN und IMDG-Code ist verpflichtend und erfolgt auf Antrag durch die zuständige Behörde.
- 1.1.1 Für jede(s) Baumuster/Baureihe bzw. Bauart muss das Verfahren zur Prüffristenfestlegung binnen eines Jahres nach Abschluss der Baumusterprüfung initiiert werden.
 - 1.1.2 Der Antrag muss unabhängig von der angestrebten Prüffrist grundsätzlich die im Anhang CAT nach Tabelle 1 für die Eingangsprüfung geforderten Daten enthalten.
 - 1.1.3 Baumuster/Baureihen mit bereits durch die zuständige Behörde festgelegten Prüffristen bleiben von diesem Verfahren unberührt.
- VA 1.2 Grundsätzlich beträgt die Prüffrist von Druckgefäßen aus Faserverbundwerkstoffen 5 Jahre.
Die zuständige Behörde behält sich vor, in begründeten Fällen eine verkürzte Prüffrist von 3 Jahren zu erteilen. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Eingangsdaten nach VA 1.1.2 bei einer Betrachtung in Anlehnung an die Anhänge LCT bzw. SBT als kritisch auffallen oder diese Eingangsdaten nicht vorgelegt werden und deshalb nicht beurteilt werden können.
- VA 1.3 Sollen abweichend von VA 1.2 Prüffristen von 10 Jahren zur Anwendung kommen, müssen Bauarten/-reihen von Druckgefäßen aus Faserverbundwerkstoffen gemäß dem nachfolgend beschriebenen Konzept, sofern zutreffend, erfasst werden. Für diese nachfolgend als „Xy-Verbunddruckgefäß“ bezeichneten Bauarten oder Baureihen eines Baumusters ist gefordert:
- 1.3.1 Die Bauart/-reihe von Druckgefäßen ist eine Flasche oder eine Großflasche bis 450 Liter.
 - 1.3.2 Die Bauart/-reihe von Druckgefäßen bzw. die zu erfassende Population dieser Druckgefäße wird weder für giftige noch für ätzende oder eines der anderen Gase verwendet, für deren Transport in Druckgefäßen aus Stahl nach 4.1.4.1 P 200 eine Prüffrist von weniger als 10 Jahren gefordert ist.
 - 1.3.3 Die Bauart/-reihe von Druckgefäßen hat eine zugelassene Auslegungsdauer von mehr als 15 Jahren.
 - 1.3.4 Grundsätzlich hat die Bauart/-reihe von Druckgefäßen einen Prüfdruck von höchstens 3,3 MPa (33 bar) oder ist überwiegend aus Kohlenstoff- oder Aramidfasern mit einem Kunststoff- oder Metallliner gefertigt.
 - 1.3.5 Der Hersteller der Bauart/-reihe von Druckgefäßen hat Erfahrung mit diesem Typ von Verbunddruckgefäßen (Typendefinition nach ISO 11439) und es werden nur Werkstoffe und Werkstoffkombinationen verwendet, für die Langzeiterfahrung vorliegt.
 - 1.3.6 Grundsätzlich hat die Bauart/-reihe keinen geschweißten Liner, keinen nach innen gewölbten Böden, keinen Standring in direkter Verbindung mit dem Liner oder andere Besonderheiten, die den elementaren Spannungszustand im Liner oder dem Faserverbundwerkstoff außerordentlich stören.

- 1.3.7 Variationen einer Bauart oder eines Baumusters müssen nach den Kriterien einer Baureihe (Variante) gemäß den im jeweils aktuell gültigen Recht in Bezug genommenen Normen für die Baumusterprüfung von Faserverbunddruckgefäßen getrennt definiert und betrachtet werden.
- 1.3.8 Der Betrieb einer zu erfassenden Population einer Bauart/-reihe muss so dokumentiert sein bzw. werden, dass sowohl Prüfergebnisse wie auch Betriebsparameter nachvollziehbar sind.
- 1.3.9 Solange keine Norm für die Inspektion vor der Befüllung von Faserverbunddruckgefäßen im Recht in Bezug genommen ist, muss der Betreiber die Xy-Verbunddruckgefäße vor jedem Befüllen einer äußeren visuellen Inspektion unterziehen; diese muss mindestens folgende Kontrollen umfassen:
 - (a) die Übereinstimmung der Gefäße und der Ausrüstungsteile mit unmittelbarer Sicherheitsfunktion mit den Vorschriften;
 - (b) die Verträglichkeit der Gefäße und der Ausrüstungsteile mit unmittelbarer Sicherheitsfunktion mit dem zu befördernden Produkt;
 - (c) das Nichtvorhandensein von Schäden, die die Sicherheit des Gefäßes beeinträchtigen können;
 - (d) die Einhaltung des Füllungsgrades oder des Fülldrucks, abhängig davon, welcher von beiden anwendbar ist;
 - (e) die vorschriftsmäßigen Aufschriften und Kennzeichnungen.

Der Betreiber muss die Kontrollen unter Anwendung eines QM-Systems durchführen, das von einer entsprechenden Zertifizierungsstelle anerkannt ist und überwacht wird. Die Berichte und Überwachungsunterlagen muss der Betreiber auf Verlangen jederzeit der zuständigen Behörde vorlegen können.

VA 2 Verfahren zur Erfassung und Einstufung als „Xy-Verbunddruckgefäß“

- VA 2.1 Bauarten/-reihen von Flaschen oder Großflaschen bis 450 Liter aus Faserverbundwerkstoffen müssen für die Erfassung als Verbunddruckgefäß nach VA 1.3 gemäß den Anhängen CAT und LCT bzw. CAT und SBT geprüft und bewertet sein.
- VA 2.2 Die Eingangsprüfung mit dem Ziel der Erfassung und späteren Einstufung als Xy-Verbunddruckgefäß nach den Anhängen CAT und LCT bzw. CAT und SBT kann entweder im Rahmen der Baumusterprüfung oder – im Fall der Betrachtung einer bereits in Verkehr befindlichen Baureihe – an einer Stichprobe von mindestens durchschnittlich intensiv genutzten Prüfmustern aus dem Betrieb erfolgen.
- VA 2.3 Wird ein(e) Baumuster/-reihe nach der Erfassung als Xy-Verbunddruckgefäß weiter produziert, müssen die Losprüfungen nach dem betreffenden Anhang bis zum Versagen durchgeführt und ergänzend zu VA 2.2 erfasst und dokumentiert werden. Hierzu sind die Ergebnisse der Losprüfungen jahresweise gemäß dem relevanten Anhang statistisch aufzubereiten.
- VA 2.4 Die erste Wiederholungsprüfung nach dem Anhang CAT erfolgt im 5-ten Jahr nach der erstmaligen Prüfung an einer Stichprobe von Prüfmustern der Bauart/-reihe, die baugleich zu denen nach VA 2.2 sind, aber mindestens 4 Jahre länger intensiv genutzt wurden als die Prüfmuster für VA 2.2. Sofern diese Anforderung an die

Stichprobe erfüllt ist, können die Eingangsprüfung und die (erste) Wiederholungsprüfung auch zeitgleich erfolgen.

- VA 2.5 Die Ergebnisse aller Prüfungen nach dem Anhang LCT bzw. SBT müssen in der beschriebenen Form statistisch aufbereitet werden und beim Hersteller/Betreiber und der eingebundenen Inspektionsstelle bis zur Aussonderung aller Druckgefäße der Bauart/-reihe hinterlegt sein sowie der zuständigen Behörde zur Verfügung gestellt werden können.

Bemerkung: Die Ergebnisse der Eingangsprüfung zu einer Bauart/Baumuster bzw. Baureihe nach den Anhängen CAT mit LCT oder CAT mit SBT stellen quantifizierte Eigenschaften da, die als Vergleichsmaß den späteren betriebsbegleitenden Prüfungen zugrunde gelegt werden.

- VA 2.6 Die vergleichende Auswertung der Ergebnisse aus der Eingangsprüfung und der/den nachfolgenden Wiederholungsprüfung/en darf keine Hinweise auf eine Alterung ergeben, die gemäß Anhang LCT bzw. SBT in Verbindung mit der festgelegten Zuverlässigkeit bis zum Ende der Lebensdauer nicht akzeptabel wäre.
- VA 2.7 Sind Anzeichen für eine unzulässige Alterung im Sinne von VA 2.6 zu erkennen, darf die Bauart/-reihe nicht mehr als Verbunddruckgefäß gemäß VA 1.3 betrachtet werden. Neben der nach VA 1.2 zutreffenden Prüffrist von höchstens 5 Jahren sollte die Betriebsdauer an die vertieften Erkenntnissen über das Langzeitverhalten der Bauart/-reihe angepasst werden.
- VA 2.8 Bauarten/-reihen von Verbunddruckgefäßen mit einer Auslegungslbensdauer gemäß VA 1.3.3 müssen nach der ersten Wiederholungsprüfung alle 10 Jahre (4...5+10+10+...) der vergleichenden Überprüfung der Alterung nach dem Anhang CAT und dem jeweils zutreffenden Anhang LCT oder SBT unterworfen werden. Die Ergebnisse sind gemäß VA 2.5 zu behandeln und wie in VA 2.6 bzw. VA 2.7 dargestellt zu bewerten.
- VA 2.9 Gibt es aus den laufenden Losprüfungen nach VA 2.3 nachfolgender Herstellungsjahre keine Hinweise auf abnehmende Festigkeitswerte im Rahmen der Fertigung, kann die für die Druckgefäße eines bestimmten Herstellungszeitraumes verlängerte Prüffrist in Abstimmung mit der zuständigen Behörde auch auf die Druckgefäße der nachfolgenden vier Herstellungsjahre angewendet werden. Dann sind als Vergleichswerte für die nachfolgenden Wiederholungsprüfungen an Stichproben nach VA 2.4 alle bis dahin bekannten Ergebnisse nach VA 2.2 und VA 2.3 zugrunde zu legen.
- VA 2.10 Wird die Herstellung über das 5-te Jahr nach der Eingangsprüfung hinaus fortgesetzt, ist diese Bauart/-reihe grundsätzlich alle 5 Jahre wie ein neues Baumuster zu behandeln und erneut dem kompletten Verfahren nach VA 2 zu unterziehen.

VA 3 Kennzeichnung als „Xy-Verbunddruckgefäß“

- VA 3.1 Alle Verbunddruckgefäße für die eine Prüffrist von 10 Jahren festgelegt wurde, müssen dauerhaft mit „Xy“ gekennzeichnet werden.
- VA 3.2 Die Schriftgröße für diese Kennzeichnung muss mindestens der entsprechen, mit der der Prüfdruck aufgebracht ist.
- VA 3.3 Kann diese Kennzeichnung nicht mehr in die Zulassungskennzeichnung integriert werden, muss zur Rückverfolgbarkeit die Kennzeichnung um einen Hinweis auf die Liste im Internet der durch die BAM festgelegten Prüffristen erweitert werden und kann dann auch als Label aufgebracht werden.
- VA 3.4 Ist die erste Wiederholungsprüfung gemäß den Kriterien im Anhang CAT erfolgreich und die Prüffrist von 10 Jahren festgelegt, kann die relevante Population eines oder mehrerer Betreiber als Xy-Verbunddruckgefäß gekennzeichnet und damit der verlängerten Prüffrist unterworfen werden, ohne die relevanten Individuen zuvor einer wiederkehrenden Prüfung zu unterziehen, sofern die in VA 1.3.9 geforderte Inspektion vor jeder Befüllung seit der Erfassung nach VA 2 durchgeführt wird.

VA 4 Wiederkehrende Prüfung von „Xy-Verbunddruckgefäßen“

- VA 4.1 Auf eine wiederkehrende Prüfung an einer Population von Faserverbund-Druckgefäßen mit einer Wiederholungsfrist von 3 oder 5 Jahren kann einmalig verzichtet werden, wenn bis zum Ablauf dieser Frist für diese Population eine verlängerte Prüffrist festgelegt wurde und die nach VA 1.3.9 geforderte Inspektion vor jeder Befüllung seit der Erfassung nach VA 2 durchgeführt wird.
- VA 4.2 Werden bei einer Inspektion vor der Befüllung, bei einer wiederkehrenden Prüfungen oder bei anderen Gelegenheiten innere oder äußere Schäden an Verbunddruckgefäßen festgestellt, sind diese außer Betrieb zu nehmen und dürfen nicht mehr befüllt oder für die Beförderung verwendet werden, solange diese Schäden nicht unter Berücksichtigung der technischen Anhänge CAT, LCT und SBT auf ihre Bedeutung in punkto Schutzziel bewertet sind. Der Betreiber hat dies sicherzustellen und zu dokumentieren. Druckgefäße mit kritischen Schäden müssen umgehend zerstörend auf ihre Restfestigkeit geprüft oder unbrauchbar gemacht werden.
- VA 4.3 Sind nach VA 4.1 erkannte Schäden auf systematische Defizite eines Baumusters zurückzuführen, ist die Ursache zu analysieren. Es ist dann im Benehmen mit der zuständigen Behörde zu entscheiden, ob und in welchem Umfang Jahrgänge der Bauart/Baureihe außer Betrieb zu nehmen sind und nicht mehr befüllt oder für die Beförderung verwendet werden dürfen.
- VA 4.4 Die sonstigen für wiederkehrende oder außerordentliche Prüfungen der Verbunddruckgefäße geltenden Vorschriften bleiben unberührt.