

Unterirdische Tanks aus textilglasverstärkten Kunststoffen (GFK)

Bestimmung des Faktors α und des Faktors β
Deutsche Fassung EN 978 : 1997

DIN
EN 978

ICS 23.020.10

Deskriptoren: unterirdisch, GFK, glasfaserverstärkter Kunststoff, Tank

Underground tanks of glass-reinforced plastics (GRP) —
Determination of factor α and factor β ;
German version EN 978 : 1997

Réservoirs enterrés en plastiques renforcés de verre (PRV) —
Détermination du facteur α et du facteur β ;
Version allemande EN 978 : 1997

Die Europäische Norm EN 978 : 1997 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Die Europäische Norm EN 978 ist vom Unterausschuß 1 "Unterirdische GFK-Tanks für die drucklose Lagerung von Flüssigkeiten" (Sekretariat: Belgien) des Technischen Komitees CEN/TC 210 "GFK-Tanks und -Behälter" (Sekretariat: Deutschland) ausgearbeitet worden. Im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. war hierfür der Gemeinschaftsausschuß "GFK-Tanks und -Behälter" des Normenausschusses Chemischer Apparatebau (FNCA) und des Normenausschusses Tankanlagen (NA Tank) zuständig.

Fortsetzung 5 Seiten EN

Normenausschuß Chemischer Apparatebau (FNCA) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Normenausschuß Tankanlagen (NA Tank) im DIN

Nur zum internen Gebrauch

ICS 23.020.10

Deskriptoren: Tank, unterirdischer Tank, Kunststoff, Duroplast, verstärkter Kunststoff, glasfaserverstärkter Kunststoff, Standversuch, Alterungsprüfung

Deutsche Fassung

**Unterirdische Tanks aus textilglasverstärkten
Kunststoffen (GFK)
Bestimmung des Faktors α und des Faktors β**

Underground tanks of glass-reinforced
plastics (GRP) — Determination of factor α
and factor β

Réservoirs enterrés en plastiques ren-
forcés de verre (PRV) — Détermination du
facteur α et du facteur β

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 1997-06-21 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, Tschechische Republik und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	5.3 Meßeinrichtung	3
1 Anwendungsbereich	2	5.4 Wärmeschrank für die Nachhärtung	3
2 Normative Verweisungen	2	5.5 Wasserbad	3
3 Definitionen	2	6 Probekörper	3
3.1 Faktor α	2	6.1 Anzahl der Probekörper	3
3.2 Faktor β	2	6.2 Form und Größe der Probekörper	4
4 Grundsatz	2	7 Prüfverfahren	4
5 Prüfeinrichtungen	2	7.1 Bestimmung der Anfangsbiegesteifigkeit	4
5.1 Prüfmaschine	2	7.2 Bestimmung des Faktors α	5
5.2 Vierpunkt-Biegeprüfeinrichtung (siehe Bilder 2 und 3)	2	7.3 Bestimmung des Faktors β	5
		8 Prüfbericht	5

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 210 "GFK-Tanks und -Behälter" erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Die vorliegende Norm wurde zur Unterstützung der Normen EN 976-1 und EN 976-3, Liegende zylindrische Tanks für die drucklose Lagerung von flüssigen Kraftstoffen auf Erdölbasis — Teil 1: Anforderungen und Prüfverfahren für einwandige Tanks, und Teil 3: Anforderungen und Prüfverfahren für doppelwandige Tanks, erstellt, um die Standsicherheit und den Einfluß auf die Umwelt zu erfassen.

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 1998, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 1998 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäischen Norm legt ein Prüfverfahren zur Ermittlung des Faktors α und des Faktors β von Probekörpern aus Tanks aus textilglasverstärkten Reaktionsharz-Formstoffen zur unterirdischen Lagerung von Flüssigkeiten fest.

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

EN 976-1

Unterirdische Tanks aus textilglasverstärkten Kunststoffen (GFK) — Liegende, zylindrische Tanks für die drucklose Lagerung von flüssigen Kraftstoffen auf Erdölbasis — Teil 1: Anforderungen und Prüfverfahren für einwandige Tanks

3 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Definitionen:

3.1 Faktor α : Verhältnis der Anfangsverformung des Werkstoffs unter Last und der Verformung unter gleich hoher, konstanter Last, extrapoliert auf einen vorgegebenen Zeitraum.

3.2 Faktor β : Verhältnis der Biegesteifigkeit nach Lagerung in Wasser von 50°C über 1000 h und der Anfangsbiegesteifigkeit im trockenen Zustand bei 23°C gemessen am nachgehärteten Prüfmuster.

4 Grundsatz

Aus dem zylindrischen Teil des Tanks werden mehrere Segmente in Umfangsrichtung entnommen.

In Abhängigkeit von der Tankbauart können die Segmente aus einem massiven GFK-Laminat oder bei einer verrippten Bauart aus einem repräsentativen Rippenbereich sowie einem Bereich zwischen den Rippen und bei einer Sandwichbauart aus einem Sandwich-Wandelement bestehen.

Mit einigen dieser Segmente wird ein Langzeitversuch unter Belastungsbedingungen und mit den übrigen Segmenten ein Lagerungsversuch in Wasser durchgeführt.

Aus den Ergebnissen dieser Versuche werden der Faktor α und der Faktor β bestimmt.

5 Prüfeinrichtungen

5.1 Prüfmaschine

Eine Einrichtung, die geeignet ist, eine vorgegebene Drucksteigerungsrate stoßfrei aufzubringen.

Die Genauigkeit der Lastanzeige muß $\pm 0,5\%$ der angezeigten Höchstlast betragen.

5.2 Vierpunkt-Biegeprüfeinrichtung

(siehe Bilder 2 und 3)

Verwendet wird eine Prüfeinrichtung mit zwei Auflagern, eines als Festlager, das andere als kugelgelagertes Gelenk, und einem Druckstempel mit zwei kugelgelagerten Druckfinnen. Die Auflager und die Druckfinnen besitzen einen Durchmesser von 30 mm.

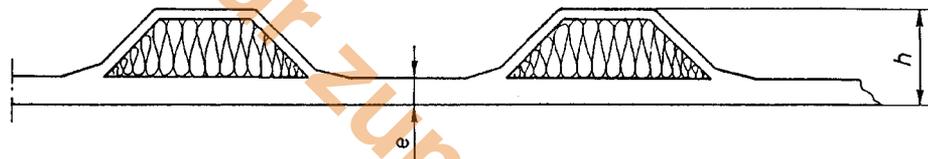
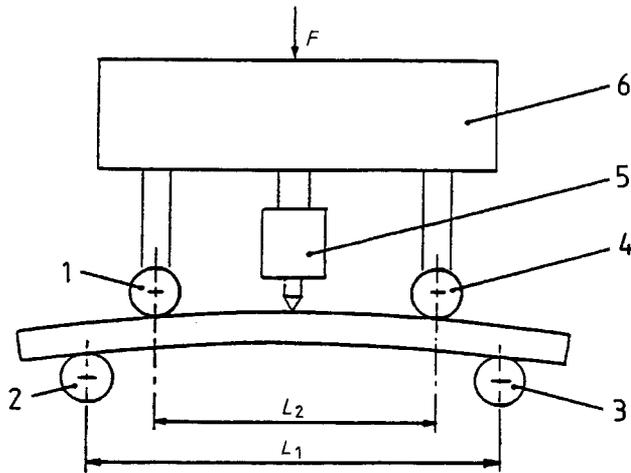
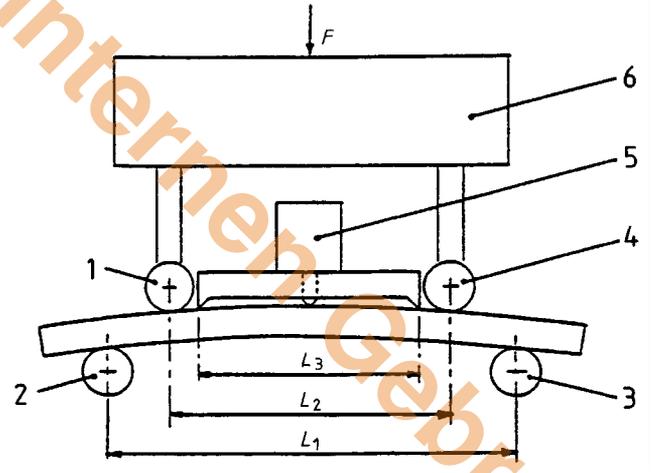


Bild 1: Seitenansicht eines Probekörpers mit Rippe



- 1 Druckfinnen, Durchmesser 30 mm, Kugellager gelagert
- 2 Auflager, Durchmesser 30 mm, Festlager
- 3 Auflager, Durchmesser 30 mm, gelagertes Loslager
- 4 Druckfinnen, Durchmesser 30 mm, Kugellager gelagert
- 5 Meßeinrichtung
- 6 Druckstempel

Bild 2: Vierpunkt-Biegeprüfeinrichtung



- 1 Druckfinnen, Durchmesser 30 mm, Kugellager gelagert
- 2 Auflager, Durchmesser 30 mm, Festlager
- 3 Auflager, Durchmesser 30 mm, gelagertes Loslager
- 4 Druckfinnen, Durchmesser 30 mm, Kugellager gelagert
- 5 Meßeinrichtung
- 6 Druckstempel

Bild 3: Vierpunkt-Biegeprüfeinrichtung mit separater Meßeinrichtung

Der Auflagerabstand L_1 beträgt $0,5 D$, aufgerundet auf volle 100 mm, und der Lastabstand L_2 beträgt $0,25 D$, aufgerundet auf volle 50 mm, wobei D dem Innendurchmesser des Tanks entspricht.

Die Breite der Auflager und der Druckfinnen muß mindestens gleich der Probekörperbreite sein.

Bei Untersuchung einer Rippenbauart muß die Breite der Druckfinnen dem Probekörper angepaßt werden (siehe Bild 1).

5.3 Meßeinrichtung

Die Meßeinrichtung zum Messen der Biegung darf ein Gerät sein, das am Druckstempel befestigt ist (siehe Bild 2) oder ein separates Teil, bei dem sich die Auflagepunkte so nah wie möglich an den Druckfinnen befinden (siehe Bild 3). Die Einrichtung zur Messung der Verformung muß eine Ablesegenauigkeit von 0,01 mm besitzen.

ANMERKUNG: Die Messung der Verformung der Mitte in bezug auf die Lastpunkte ist gegenüber der Messung in bezug auf die Auflagepunkte bevorzugt, um den Einfluß der Scherung in den Probekörperabschnitten zwischen dem Lastpunkt und dem Auflagerpunkt zu vermeiden. Dies kann insbesondere bei Sandwichkonstruktionen zu unrealistischen Steifigkeitswerten führen.

5.4 Wärmeschrank für die Nachhärtung

Es ist ein Wärmeschrank mit Temperaturregelung und zirkulierender Umluft und mit den für die Probekörper ausreichenden Abmessungen zu verwenden, in dem die Temperatur bei dem in 7.3.2 festgelegten Wert innerhalb 5 K gehalten wird.

5.5 Wasserbad

Es ist ein Wasserbad mit zur Aufnahme der Probekörper ausreichenden Abmessungen zu verwenden, in dem das Wasser auf $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ gehalten wird.

6 Probekörper

6.1 Anzahl der Probekörper

Für die Bestimmung des Faktors α und des Faktors β ist die folgende Anzahl von Probekörpern notwendig:

- a) Tanks mit einem Sandwich-Aufbau und nicht verrippte GFK-Tanks (Bestimmung von α_s und β_s nach EN 976-1):
 - zweimal zwei Probekörper.
- b) Tanks mit Rippenkonstruktion:
 - zweimal zwei Probekörper einschließlich einer Rippe (zur Bestimmung von α_s und β_s nach EN 976-1);
 - zweimal zwei zwischen den Rippen entnommene Probekörper (zur Bestimmung von α_t und β_t nach EN 976-1).

6.2 Form und Größe der Probekörper

6.2.1 Die Probekörper sind dem zylindrischen Teil des Tanks in Umfangsrichtung entnommene Ringsegmente.

6.2.2 Die Ringsegmente haben eine Sehnenlänge von $(0,5 \times D + 100)$ mm, über die Sehne gemessen, wobei D der Innendurchmesser des Tanks ist.

6.2.3 Die Breite der Probekörper muß sein für:

- Tanks, nicht verrippt: mindestens 100 mm.
- Tanks mit Rippenkonstruktion (siehe Bild 1):
 - zwischen den Rippen: mindestens 100 mm;
 - mit der Rippe: Mitte zu Mitte zwischen den Rippen; die Rippe muß in der Mitte der Probekörperbreite sein.
- Tanks mit Sandwich-Aufbau: mindestens 100 mm.

7 Prüfverfahren

7.1 Bestimmung der Anfangsbiegesteifigkeit

7.1.1 Probekörper

- Bei Tanks, nicht verrippt oder in Sandwich-Bauweise, sind der Wandung 4 Probekörper mit Form und Größe nach 6.2 zu entnehmen.
- Bei einem Tank in Rippenbauweise sind zweimal 4 Probekörper mit Form und Größe nach 6.2 zu entnehmen. Eine Reihe Probekörper ist zwischen den Rippen und eine Reihe mit einem Rippenabschnitt zu entnehmen.

7.1.2 Bestimmung der Dicke/Höhe der Probekörper

Die Dicke (e) bei nicht verrippten oder bei Sandwich-Probekörpern oder die Gesamthöhe (h) bei Probekörpern mit Rippe ist durch 8 gleichmäßig über die Probekörperlänge verteilte Messungen in Millimeter zu ermitteln. Die Gesamthöhe (h) ist die Höhe der Rippe einschließlich der Wanddicke. Aus diesen Meßwerten ist je Probekörper die mittlere Dicke (e_m) bzw. die mittlere Höhe (h_m) in Millimeter zu errechnen.

7.1.3 Prüfbedingungen

Vor der Prüfung sind die Probekörper bei $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ und $(50 \pm 5)\%$ relativer Luftfeuchte über mindestens 16 h und höchstens 72 h auszulagern. Die Prüfung muß unter den gleichen Temperatur- und Feuchtebedingungen durchgeführt werden.

7.1.4 Prüfung mit der Vier-Punkt-Biegeprüfeinrichtung und Meßeinrichtung nach Bild 2

- Die Prüfeinrichtung ist in die Prüfmaschine einzubauen.
- Die Auflager und die Druckfinnen sind im erforderlichen Abstand anzuordnen.
- Der Probekörper ist in die Prüfeinrichtung mit der konvexen Seite nach oben einzulegen und die Meßeinrichtung ist zu justieren.
- die Biegeprüfung muß mit einer konstanten Prüfgeschwindigkeit, in Millimeter je Minute, durchgeführt werden von etwa

$$1,4 \cdot 10^{-4} \frac{L_2^2}{e_m}, \text{ bzw. } 1,4 \cdot 10^{-4} \frac{L_2^2}{h_m}$$

Dabei ist:

- e_m die mittlere Wanddicke, in Millimeter;
- h_m die mittlere Gesamthöhe bei einem Probekörper mit Rippe, in Millimeter;
- L_2 der Abstand zwischen den Druckfinnen, in Millimeter.

Die Kraft-Verformungskurve ist aufzuzeichnen und der Aufzeichnungsmaßstab ist so zu wählen, daß die Kurve einen Winkel von annähernd 45° mit der Achse bildet.

e) Die Prüfung ist zu beenden, wenn die Verformung y in Millimetern einen Wert erreicht hat von:

$$4,5 \cdot 10^{-4} \frac{L_2^2}{e_m}, \text{ bzw. } 4,5 \cdot 10^{-4} \frac{L_2^2}{h_m}$$

f) Die Biegesteifigkeit S , in Newton mal Quadratmillimeter, ist mit Hilfe der folgenden Gleichung für jeden Probekörper zu berechnen:

$$S = \frac{(L_1 - L_2) L_2^2}{32} \times \frac{F}{y}$$

Dabei ist:

- F die zur Verformung y führende Kraft, in Newton;
- y die Verformung, in Millimeter;
- L_1 der Auflagerabstand, in Millimeter;
- L_2 der Abstand der Druckfinnen, in Millimeter.

g) Es ist der Mittelwert der Steifigkeit je Reihe zu bestimmen.

7.1.5 Prüfung mit der Vier-Punkt-Biegeprüfeinrichtung und der Meßeinrichtung nach Bild 3

- Die Prüfeinrichtung ist in die Prüfmaschine einzubauen (siehe 5.1).
- Die Auflager und Druckfinnen sind im erforderlichen Abstand einzuordnen.
- Der Probekörper ist mit der konvexen Seite nach oben in die Prüfeinrichtung einzulegen.
- Die separate Meßeinrichtung ist auf dem Probekörper zu justieren.
- Der Biegeversuch ist mit einer konstanten Prüfgeschwindigkeit in Millimeter je Minute von etwa

$$1,4 \cdot 10^{-4} \frac{L_3^2}{e_m}, \text{ bzw. } 4,5 \cdot 10^{-4} \frac{L_3^2}{h_m}$$

durchzuführen.

Dabei ist:

- e_m die mittlere Wanddicke, in Millimeter;
- h_m die mittlere Gesamthöhe bei einem Probekörper mit Rippe, in Millimeter;
- L_3 der Abstand zwischen den Meßpunkten, in Millimeter.

Die Kraft-Verformungskurve ist aufzuzeichnen und der Aufzeichnungsmaßstab ist so zu wählen, daß die Kurve einen Winkel von annähernd 45° mit der Achse bildet.

f) Der Versuch ist zu beenden, wenn die Verformung y in Millimeter einen Wert erreicht hat von:

$$4,5 \cdot 10^{-4} \frac{L_3^2}{e_m}, \text{ bzw. } 4,5 \cdot 10^{-4} \frac{L_3^2}{h_m}$$

g) Die Biegesteifigkeit S , in Newton mal Quadratmillimeter, ist mit Hilfe der folgenden Gleichung für jeden Probekörper zu berechnen:

$$S = \frac{(L_1 - L_2) L_3^2}{32} \times \frac{F}{y}$$

Dabei ist:

- F die zur Verformung y führende Kraft, in Newton;
- y die Verformung, in Millimeter;

- L_1 der Auflagerabstand, in Millimeter;
- L_2 der Abstand der Druckfinnen, in Millimeter;
- L_3 der Meßpunktabstand, in Millimeter.

h) Es ist der Mittelwert der Steifigkeit je Reihe zu bestimmen.

7.2 Bestimmung des Faktors α

7.2.1 Probekörper

Es sind zwei Probekörper je Reihe zu verwenden, von denen die Anfangssteifigkeit nach 7.1 bestimmt wird.

7.2.2 Prüfbedingungen

Prüfbedingungen nach 7.1.3.

7.2.3 Prüfung mit einer Vier-Punkt-Biegeprüfeinrichtung

- a) Die Meßanzeige ist bei Auflage der Meßeinrichtung und des Druckstempels auf dem Probekörper auf Null zu setzen.
- b) Die Last F (von der die Masse des Biegestempels abgezogen werden muß) ist mit etwa der gleichen Geschwindigkeit wie bei der Bestimmung der Biegesteifigkeit sorgfältig auf den Probekörper aufzubringen (7.1.4 oder 7.1.5).
- c) Bei Auflage der vollen Last auf dem Probekörper ist die Verformung nach 6 min (= 0,1 h), 24 h, 50 h, 100 h, 200 h, 500 h und 1 000 h zu messen.
- d) Aus den gemessenen Verformungen (y_t) beginnend bei 24 h und den entsprechenden Zeiten erfolgt die Berechnung von y_x nach der Methode der kleinsten Quadrate mit der Gleichung:

$$\log y_x = A + B \log x$$

Dabei ist:

- A $\log y_{0,1h}$;
- B Steigung;
- x vorgegebener Zeitraum der Extrapolation, in Stunden.

e) Je Probekörper ist der Faktor α nach folgender Gleichung zu bestimmen:

$$\alpha = \frac{y_{0,1h}}{y_x}$$

Dabei ist:

- $y_{0,1h}$ die Verformung, in Millimeter, nach 6 min Belastung;
- y_x der extrapolierte Wert der Verformung, in Millimeter, nach dem vorgegebenen Zeitraum.

f) Es ist der Mittelwert des Faktors α für zwei Probekörper aus demselben Prüfmuster zu bestimmen.

7.3 Bestimmung des Faktors β

7.3.1 Probekörper

Es sind zwei Probekörper je Reihe zu verwenden, für die die Anfangssteifigkeit nach 7.1 bestimmt wird.

7.3.2 Nachhärtung

Die Probekörper sind im Wärmeschrank nach 5.4 unter folgenden Bedingungen zu lagern:

- Tanks mit Sandwich-Aufbau:

In Abhängigkeit vom Kernmaterial der Sandwichkonstruktion 4 h bei $(80 \pm 2)^\circ\text{C}$ oder 16 h bei $(60 \pm 2)^\circ\text{C}$.

- alle anderen Konstruktionen:

Zeit und Temperatur sind zwischen den Beteiligten entsprechend dem verwendeten Material zu vereinbaren.

7.3.3 Behandlung der Probekörper

Bevor weitere Prüfungen durchgeführt werden, können alle Schnittkanten der Probekörper mit einer elastischen Beschichtung, die bei einer Wassertemperatur von 50°C beständig ist, versiegelt werden.

7.3.4 Bestimmung der Biegesteifigkeit nach der Nachhärtung

An jedem Probekörper ist die Biegesteifigkeit S_1 in Newton mal Quadratmillimeter nach 7.1 zu bestimmen.

7.3.5 Lagerung in Wasser von 50°C

Die Probekörper sind über 1 000 h in Leitungswasser mit einer Temperatur von $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ zu lagern.

Nach dieser Lagerung sind die Probekörper zu trocknen.

7.3.6 Bestimmung der Biegesteifigkeit nach Wasserlagerung

Die Biegesteifigkeit S_2 ist nach der Wasserlagerung nach 7.3.5 für jeden Probekörper in Newton mal Quadratmillimeter zu bestimmen.

7.3.7 Berechnung des Faktors β

Der Faktor β ist für jeden Probekörper nach der Formel:

$$\beta = \frac{S_2}{S_1} \text{ zu berechnen.}$$

Dabei ist:

- S_1 die Biegesteifigkeit nach der Nachhärtung, in Newton mal Quadratmillimeter;
- S_2 die Biegesteifigkeit nach 1 000 h in Wasser von 50°C , in Newton mal Quadratmillimeter.

Es ist der Mittelwert des Faktors β für zwei Probekörper aus demselben Prüfmuster zu bestimmen.

8 Prüfbericht

Der Prüfbericht muß mindestens enthalten:

- a) Einen Hinweis auf diese Europäische Norm.
- b) Die vollständige Bezeichnung des Probekörpers:
 - Name des Herstellers und des Herstellungsortes;
 - Zusammensetzung, Bezeichnung und Art des Werkstoffes;
 - Tankbezeichnung, einschließlich Herstellnummer;
 - Abmessungen des Probekörpers.
- c) Für jeden Probekörper den e_m und/oder h_m -Wert, in Millimeter.
- d) Für die Vier-Punkt-Biegeprüfung die Längen L_1 und L_2 , in Millimeter.
- e) Die Nachhärtebedingungen.
- f) Die einzelnen Werte für:
 - Anfangs-Biegesteifigkeit (S);
 - Faktor α ;
 - Biegesteifigkeit (S_1) nach der Nachhärtung;
 - Biegesteifigkeit (S_2) nach Wasserlagerung bei 50° über 1 000 h;
 - Faktor β .
- g) Die Mittelwerte für α und β .
- h) Jede Abweichung von dem in dieser Norm beschriebenen Prüfverfahren.
- i) Alle Details, die bei der hier beschriebenen Vorgehensweise nicht berücksichtigt sind und alle zufälligen Umstände, die die Prüfergebnisse beeinflusst haben könnten.
- j) Das Prüfungsdatum.