

Ersetzt Ausgabe September 2013

Inhalt:

- 1 Geltungsbereich
- 2 Sicherheitskonzept
 - 2.1 Teilsicherheitskonzept
 - 2.2 Globalsicherheitskonzept
- 3 Festigkeitskennwerte
 - 3.1 Allgemeines
 - 3.2 Zeitstandfestigkeit
 - 3.2.1 Berechnen mit der Zeitstandfestigkeit
 - 3.2.2 Zeitstandkurven
 - 3.2.3 Intermittierende Beanspruchung
 - 3.2.4 Wechselbeanspruchung
 - 3.3 Isochrone Spannung-Dehnung-Diagramme
- 3.4 Elastizitätsmodul (Kriechmodul)
 - 3.4.1 Berechnen mit dem Kriechmodul
- 4 Abminderungsbeiwerte
 - 4.1 Abminderungsbeiwert (Zähigkeitsbeiwert) A_1
 - 4.2 Abminderungsbeiwert A_2 , auch A_{2B} genannt (reziproker Resistenzfaktor $f_{CR\sigma}$)
 - 4.3 Abminderungsbeiwert A_{2I}
- 5 Schweißfaktor
- 6 Erläuterungen
- 7 Schrifttum

Betriebs-/Gebrauchsdauer eine ausreichende geringe Eintrittswahrscheinlichkeit eines Versagens des Bauteils sicher.

Die Teilsicherheitsbeiwerte decken neben den Streuungen der Einwirkungen (Beanspruchungen) und der Widerstände (Beanspruchbarkeiten) die Vereinfachungen ab, die bei der Modellierung der Wirklichkeit in dem berechneten Modell gemacht werden.

Es gilt allgemein:

$$\frac{S_d}{R_d} \leq 1 \tag{1}$$

mit S_d Bemessungswert der Beanspruchung (z. B. Spannung aus Belastung),

R_d Bemessungswert der Beanspruchung (z. B. zulässige Spannung).

Der Bemessungswert der vorhandenen Beanspruchung K_d^{vorh} ergibt sich aus dem charakteristischen Wert der vorhandenen Beanspruchung K_k im Bauteil.

$$S_d = K_d^{vorh} = f \cdot K_k^{vorh} \tag{2}$$

Dabei werden die charakteristischen Einwirkungen bzw. die Beanspruchungen mit den Teilsicherheitsbeiwerten γ_F gemäß Tabelle 1 multipliziert.

1 Geltungsbereich

Diese Richtlinie gibt dem Verarbeiter von Halbfabrikaten aus thermoplastischen Kunststoffen Hinweise zur Ermittlung von Kennwerten als Berechnungsgrundlage für den Behälter-, Apparat- und Lüftungsbau sowie für Industrierohrleitungen. Vorausgesetzt wird, dass bei der Wahl der Werkstoffe und ihrer Verarbeitung die Regelwerke gemäß Abschnitt 7 beachtet werden. Die Angaben gelten für überwiegend statische Beanspruchung. Für die Berechnung, Maße, Ausführung und Prüfung von verschiedenen Konstruktionen gelten die jeweiligen DVS-Richtlinien bzw. Merkblätter sowie die einschlägigen DIN, EN- und ISO-Normen. Die Zuständigkeiten bestimmter Rechtsgebiete (zum Beispiel Baurecht, Wasserrecht, Gewerberecht usw.) sind zu beachten.

2 Sicherheitskonzept

2.1 Teilsicherheitskonzept

Es werden stets folgende statische Sicherheitsnachweise nach dem nachfolgend beschriebenen Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte geführt:

- Festigkeitsnachweise,
- Stabilitätsnachweise

Die Teilsicherheitsbeiwerte stellen bei bestimmungsgemäßer Verwendung des Bauteils jederzeit während der zugrunde gelegten

Tabelle 1. Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen.

Einwirkung	Teilsicherheitsbeiwert
Eigengewicht, Füllung, Montage	$\gamma_{F1} = 1,35$
Drücke, Wind, Schnee	$\gamma_{F2} = 1,50$
Beanspruchung verringernes Eigengewicht	$\gamma_{F3} = 0,90$
Außergewöhnliche Lastkombination	$\gamma_{F4} = 1,00$
Zwangsbeanspruchung	$\gamma_{F5} = 1,00$

Die charakteristischen Widerstände bzw. die Beanspruchbarkeiten werden durch den Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M \geq 1,3^{1)}$ und die Abminderungsbeiwerte A_1 und A_2 (Abschnitt 4) dividiert und bei Nachweisen in der Schweißnaht mit dem Fügefaktor f (Abschnitt 5) multipliziert.

Der Bemessungswert der Festigkeit K_d^* ergibt sich aus der charakteristischen Festigkeit K_k^* .

$$R_d = K_d^* = \frac{K_k^* \cdot f}{\gamma_M \cdot A_1 \cdot A_2} \tag{3}$$

¹⁾ Für in Deutschland durch das DIBt zugelassene Werkstoffe gilt $\gamma_M = 1,3$.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

Nachdruck und Kopie, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers

Voransicht

Voransicht

Darin bedeuten

K_k charakteristischer Wert der Festigkeit (Ablesewert im Zeitstandfestigkeitsdiagramm für die Berechnungstemperatur und die Einwirkdauer der Beanspruchung),

f Fügefaktor (soweit Fügeverbindungen zu berücksichtigen sind) ($f = f_s$ bei Belastungen > 1 Stunde, sonst $f = f_z$),

γ_M Teilsicherheitsbeiwert auf der Widerstandsseite für den Werkstoff.

Die Abminderungsbeiwerte sind werkstoffabhängig, sie berücksichtigen im Einzelnen:

A_1 Einfluss der Zähigkeit,

A_2 Einfluss des Umgebungsmediums (reziproker Resistenzfaktor).

Für Stabilitätsnachweise gelten die gleichen Teilsicherheitsfaktoren. Der Medieneinfluss wird auf der Widerstandsseite mit dem Abminderungsbeiwert A_{21} (Abschnitt 4) berücksichtigt. Die Vergrößerung der Vorbeulempfindlichkeit bei langzeitigen Einwirkungen ist zu beachten [15].

2.2 Globalsicherheitskonzept

Um mit früheren Berechnungen vergleichen zu können, wird der Gesamtsicherheitsbeiwert γ_g (früher S) benötigt. Dieser ergibt sich aus dem Produkt der beiden Teilsicherheitsbeiwerte.

$$\gamma_g = \gamma_{F2} \cdot \gamma_M \tag{4}$$

3 Festigkeitskennwerte

3.1 Allgemeines

Die Berechnung von Bauteilen erfolgt grundsätzlich auf der Basis von Langzeitwerten. In Abhängigkeit von der Belastungsart sind stets die drei Versagenskriterien zu beachten:

1. Festigkeit,
2. Verformung (zum Beispiel Durchbiegung),
3. Stabilität (zum Beispiel Knicken und Beulen).

Zu 1. Die Berechnung kann durchgeführt werden unter Bezugnahme auf die Zeitstandfestigkeit. In den meisten Fällen liegen mehrachsige Spannungszustände vor. Hierbei sind die größten in den Hauptspannungsrichtungen auftretenden Spannungen mit der zulässigen Zeitstandfestigkeit zu vergleichen.

Die Bemessungswerte werden unter Benutzung von Abminderungsbeiwerten (Abschnitt 4), Schweißfaktor (Abschnitt 5) und Sicherheitsbeiwerten (Abschnitt 2) von den Materialkennwerten abgeleitet.

Zu 2. und 3. Der bestimmende Kennwert ist hier der Kriechmodul. Er kann in Abhängigkeit von Zeit, Temperatur und Spannung den Kriechmoduldiagrammen entnommen werden.

Die Bemessungswerte werden unter Benutzung von Abminderungsbeiwerten (Abschnitt 4) und Sicherheitsbeiwerten (Abschnitt 2) von den Materialkennwerten abgeleitet.

3.2 Zeitstandfestigkeit

3.2.1 Berechnen mit der Zeitstandfestigkeit

Der Bemessungswert der Festigkeit σ ergibt sich aus der Zeitstandfestigkeit, den Abminderungsbeiwerten, dem Schweißfaktor und dem Sicherheitsbeiwert. Es gilt Formel (3).

Der für die Berechnung zugrunde zu legende Festigkeitskennwert K_k ist für eine bestimmte Betriebszeit und -temperatur aus den Diagrammen in den Beiblättern 1 bis 4 zu entnehmen.

3.2.2 Zeitstandkurven

Die Zeitstandkurven zeigen die Festigkeit in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur. Sie sind durch jahrelange Innendruckversuche an Rohrproben mit Wasserfüllung ermittelt worden und stellen Mindestwerte dar (siehe Beiblätter 1 bis 4).

1) niemals zulässige Spannung

Die Zeitstandkurven basieren auf der Beziehung

$$\lg t = A + \frac{B}{T} \cdot \lg \sigma + \frac{C}{T} + D \cdot \lg \sigma \tag{1a}$$

Darin bedeuten:

A, B, C, D Koeffizienten, enthalten in den Zeitstand-Diagrammen
 T Temperatur in Kelvin,
 t Standzeit in Stunden.

Die Zeitstandkennwerte der verwendeten Halbzeuge müssen mindestens denen der vorgenannten Grundlagen entsprechen.

3.2.3 Intermittierende Beanspruchung

Für Anwendungsfälle, bei denen regelmäßig wechselnde (intermittierende) Beanspruchungen auftreten, kann zur Ermittlung von Betriebszeiten näherungsweise die Theorie der linearen Schadensakkumulation (Miner'sche Regel) zugrunde gelegt werden [1]. Hierbei wird die zu erwartende Standzeit (t_M) durch Addition der Schädigungsraten aus den intermittierenden Betriebsbedingungen ermittelt. Da die zulässige Gebrauchsdauer von Bauteilen aus Polyolefinen nicht nur von der mechanischen Beanspruchung abhängig ist, sondern auch von der Wärmealterung, muss durch eine zweite Berechnung der Einfluss der Alterung (t_A) ermittelt werden.

Grundlage für die Berechnung sind die Zeitstandkurven (Beiblätter 1 bis 4) sowie die Wärmealterungsgrenzen der betreffenden Werkstoffe (Beiblatt 1, Abschnitt 5 und Beiblatt 2, Abschnitt 5). Die Miner'sche Regel ist nicht anwendbar bei Stabilitätsbetrachtungen. Die zulässige Betriebszeit t_X ergibt sich durch Vergleich der berechneten Standzeiten t_M und t_A .

Nach dieser Regel gilt für die mechanische Beanspruchung

$$\sum_{i=1}^n \frac{t_{M_i}}{100 \cdot t_{M_i}} = 1 \tag{5}$$

Für zwei Beanspruchungen gilt dann

$$\frac{a_1 \cdot t_{M1}}{100 \cdot t_{M1}} + \frac{a_2 \cdot t_{M2}}{100 \cdot t_{M2}} = 1 \tag{6}$$

oder

$$t_M = \frac{100 \cdot t_{M1} \cdot t_{M2}}{a_1 \cdot t_{M2} + a_2 \cdot t_{M1}} \tag{7}$$

und sinngemäß für den Einfluss der Alterung

$$\sum_{i=1}^n \frac{a_i \cdot t_{A_i}}{100 \cdot t_{A_i}} = 1 \tag{8}$$

Darin bedeuten

- i Anzahl der Teilbeanspruchungen,
 - $a_1, a_2 \dots a_n$ Anteile der Teilbeanspruchungszeiten von der Gesamtbeanspruchungszeit in %,
 - $t_{M1}, t_{M2} \dots t_{Mn}$ Standzeit bei den einzelnen Betriebsbedingungen (Druck und Temperatur konstant),
 - $t_{A1}, t_{A2} \dots t_{An}$ Alterungszeiten bei den entsprechenden Temperaturen,
 - t_M rechnerische Standzeit bei mechanischer Beanspruchung,
 - t_A rechnerische Standzeit bei Einfluss der Alterung,
 - t_X zulässige Betriebszeit, $\min(t_M, t_A)$.
- Vergleiche hierzu die Beispiele in Beiblatt 7.

3.2.4 Wechselbeanspruchung

Die Behandlung dieses Themas würde den Rahmen dieser Richtlinie sprengen. Es wird auf das folgende Schrifttum verwiesen [2...4].

3.3 Isochrone Spannung-Dehnung-Diagramme

Die isochronen Spannung-Dehnung-Diagramme zeigen den Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung über der Bean-