

### Inhalt:

- 1 Geltungsbereich
- 2 Begriffe und Definitionen
- 3 Prüfkonzept
- 4 Anzahl und Entnahme der Probekörper
- 5 Probenform und Probenherstellung
- 6 Prüfung
- 7 Auswertung
  - 7.1 Berechnung des Beschleunigungsfaktors
  - 7.2 Statistische Auswertungen zu den Prüfungen von geschweißten Probekörpern bei der höchsten gewählten Prüftemperatur
  - 7.3 Berechnungen zur Nutzungsdauer der Schweißverbindung bei Betriebsbedingungen
  - 7.4 Berechnung der erforderlichen Aktivierungsenergie
  - 7.5 Berechnung der erforderlichen mittleren Standzeit von geschweißten Probekörpern bei der Kontrollbedingung
  - 7.6 Berechnung des geometrischen Mittelwertes aus den Stand- und Prüfzeiten der geschweißten Probekörper bei der Kontrollbedingung
  - 7.7 Bewertung
- 8 Prüfbericht
- 9 Erläuterungen
  - 9.1 Berechnung des Beschleunigungsfaktors
  - 9.2 Statistische Auswertungen zu den Prüfungen von geschweißten Probekörpern bei der höchsten Prüftemperatur
  - 9.3 Berechnungen zur Nutzungsdauer der Schweißverbindung bei Betriebstemperatur
  - 9.4 Berechnung der erforderlichen Aktivierungsenergie bei variabler Spannung aus den Prüfbedingungen bei 80 °C und Betriebsbedingungen bei 20 °C
  - 9.5 Berechnung der erforderlichen mittleren Standzeit von geschweißten Probekörpern bei der Kontrolltemperatur von 60 °C
  - 9.6 Berechnung des geometrischen Mittelwertes aus Stand- und Prüfzeiten von geschweißten Probekörpern bei der Kontrollbedingung
  - 9.7 Bewertung
- 10 Schrifttum

### 1 Geltungsbereich

Dieses Beiblatt gilt im Zusammenhang mit den Richtlinien DVS 2203-4, DVS 2203-1 und DVS 2205-1 für die Zeitstandzugprüfung von Schweißverbindungen aus Polyethylenen<sup>1)</sup> (PE 80 und PE 100). Es dient zum Nachweis des geforderten Zeitstandzug-

<sup>1)</sup> Die Anwendbarkeit der Richtlinie auf Schweißverbindungen aus Polypropylen ist zu vermuten, da die Zeitstandkurven für PP in DIN 8078 bzw. EN 1778 der gleichen Systematik folgen, wie die Zeitstandkurven für PE 80 und PE 100 in DIN 8075 (Zeitstandkurven verlaufen parallel und Abstand der Kurven ist proportional der reziproken absoluten Temperatur).

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.

Schweißfaktors für das angewendete Schweißverfahren und der Ermittlung der Mindestlebensdauer von Schweißverbindungen z. B. bei Betriebsbedingungen für Medien mit  $A_B = 1$  gemäß Richtlinie DVS 2205-1.

### 2 Begriffe und Definitionen

- $E_A$  Aktivierungsenergie  
Die Aktivierungsenergie ist die Energie, die erforderlich ist einen Riss mit einer von der Temperatur abhängigen Geschwindigkeit durch einen thermoplastischen Körper zu treiben. Sie ist eine charakteristische Größe zur Beschreibung des temperatur- und spannungsabhängigen Festigkeitsverhaltens thermoplastischer Werkstoffe.
- $f_B$  Beschleunigungsfaktor  
Verhältnis aus den geometrischen Mittelwerten der Standzeiten z. B. Schweißproben, FNCT- oder 2NCT-Prüben in Wasser und wässriger Netzmittellösung
- MAC Modified Arrhenius Concept  
MAC bewertet Prüfbedingungen für die Zeitstandprüfung. Das Konzept beruht auf der gleichzeitigen Änderung der Prüftemperatur und Prüfspannung. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Aktivierungsenergie zu tiefen Spannungen nicht kleiner wird und derselbe Bruchmechanismus beibehalten wird.
- $n$  Anzahl der geprüften Probekörper
- $t_B$  Mindestnutzungsdauer der Schweißverbindung bei Betriebsbedingungen
- $t_{BN}$  (Absolute) Temperatur bei Betriebsbedingungen
- $t_{BN}$  Mittlere Nutzungsdauer der Schweißverbindung im Prüfmedium bei Betriebsbedingungen
- $t_{BN, min}$  Mindestnutzungsdauer der Schweißverbindung im Prüfmedium bei Betriebsbedingungen
- $t_H$  Geometrischer Mittelwert der Standzeiten von geschweißten Probekörpern bei der höchsten Prüftemperatur
- $T_H$  (Absolute) Temperatur bei Prüfbedingungen
- $t_{H, min}$  Mindeststandzeit von geschweißten Probekörpern bei der höchsten Prüftemperatur
- $t_K$  Geometrischer Mittelwert der Standzeiten von geschweißten Probekörpern bei der Kontrollbedingung
- $T_K$  (Absolute) Temperatur bei Kontrollbedingungen

$t_{K, \text{erf}}$	Erforderliche mittlere Standzeit (geometrischer Mittelwert), die von geschweißten Probekörpern bei der Kontrollbedingung erreicht werden muss (Anforderungszeit)
$t_N$	Geometrischer Mittelwert der Standzeiten von Probekörpern in wässriger Netzmittellösung
$t_W$	Geometrischer Mittelwert der Standzeiten von Probekörpern in Wasser
$\sigma_H$	Prüfspannung von geschweißten Probekörpern bei der höchsten Prüftemperatur
$\sigma_K$	Prüfspannung von geschweißten Probekörpern bei der Kontrolltemperatur
$\sigma_B$	Spannung der Schweißverbindung aus den Betriebsbedingungen

### 3 Prüfkonzept

Die Überprüfung des geforderten Zeitstandzug-Schweißfaktors und der Mindestlebensdauer von Schweißverbindungen aus Polyethylenen kann in sechs Teilschritte untergliedert werden.

- 1) Ermittlung des Beschleunigungsfaktors  $f_B$ , der die Zeiten aus der Zeitstand-Zugprüfung von gleichartigen Proben in Wasser und wässriger Netzmittellösung zueinander ins Verhältnis setzt. Der Beschleunigungsfaktor stellt die Verbindung zwischen dem Prüfmedium in der Zeitstandprüfung und dem Betriebsmedium in der Anwendung her.
- 2) Prüfung von Probekörpern aus der Schweißverbindung im Zeitstand-Zugversuch bei der höchsten gewählten Prüftemperatur (z. B. 80 °C) und empfohlener Prüfspannung, die i. d. R. ein sprödes Bruchversagen erwarten lässt. Auswertung der Ergebnisse und Angabe des geometrischen Mittelwertes, des Mindestwertes und der Streuung der Standzeiten.
- 3) Formulierung der Betriebsbedingungen bei denen die Schweißverbindung eingesetzt wird. Übertragung der Anforderungen für den Einsatz der Schweißverbindung im Prüfmedium bei Betriebstemperatur (z. B. 20 °C) mittels Beschleunigungsfaktor und Streuung.
- 4) Berechnung der erforderlichen Aktivierungsenergie der Schweißverbindung bei variabler Spannung aus den Betriebs- und Prüfbedingungen.
- 5) Formulierung der Anforderung an die Schweißverbindung mit Hilfe der Aktivierungsenergie bei mindestens einer weiteren Prüftemperatur (Kontrolltemperatur), die zwischen der ausgewählten höchsten Prüftemperatur und der Betriebstemperatur liegt.
- 6) Überprüfung der Anforderung bei der Kontrollbedingung durch Zeitstand-Zugversuche von weiteren Probekörpern aus der Schweißverbindung.

Zur weiteren Vertiefung der Thematik wird die Veröffentlichung [1] empfohlen.

### 4 Anzahl und Entnahme der Probekörper

Bei der Entnahme der Probekörper aus dem Halbzeug ist zu beachten, dass die Eigenschaften richtungsabhängig (z. B. herstellungsbedingt) unterschiedlich sein können.

Es sind für mindestens zwei Temperaturen und pro Prüftemperatur mindestens jeweils geschweißte Probekörper zu entnehmen<sup>2)</sup>.

Zur Bestimmung des Beschleunigungsfaktors  $f_B$  und zur Beurteilung des Sprödbrechanteils der Bruchflächen bei unterschiedlichen Prüftemperaturen können folgende Probekörper verwendet werden:

- Geschweißte Probekörper gemäß der Richtlinie DVS 2203-2 oder

- FNCT Probekörper gemäß der Richtlinie DVS 2203-4 Beiblatt 2 oder
- 2NCT Probekörper gemäß DIN EN12814-3 Anhang A.2

Zur gesicherten statistischen Auswertung sind mindestens 6 Probekörper pro Medium erforderlich. Tendenzen lassen sich auch mit geringerer Probenanzahl erkennen.

### 5 Probenform und Probenherstellung

Für die Form und Abmessungen der geschweißten Probekörper gelten die Angaben der Richtlinie DVS 2203-2. Für die Form 1 mit den Angaben aus Tabelle 1 zu empfehlen.

Die Schweißverbindungen werden erprobt und der tatsächlichen Ausführung geprüft, d.h. mit oder ohne Schweißwulst. Die Verbindungsstelle liegt in der Mitte des Probekörpers. Vor dem Versuch ist das Aussehen des Probekörpers, insbesondere die Schweißausführung und der Kerbverlauf messtechnisch zu erfassen und im Prüfbericht zu dokumentieren.

Für die Form und Abmessungen der FNCT Probekörper gelten die Angaben der Richtlinie DVS 2203-4, Beiblatt 2.

Für die Form und Abmessungen der 2NCT Probekörper gelten die Angaben der DIN EN 12814-3, Anhang A.2.

Die Schnittkanten der Probekörper sind kerbfrei<sup>3)</sup> herzustellen und gegebenenfalls die Schnittfläche durch Schleifen in Längsrichtung nachzuarbeiten. Geeignete Herstellungsmethoden sind zum Beispiel Sägen (Kreissäge mit Hartmetall-bestücktem Doppelsägenblatt), Fräsen und Wasserstrahlchneiden mit optimierten Parametern. Stanzen ist nicht zulässig. Die Schnittbedingungen sind so zu wählen, dass keine thermisch bedingten Veränderungen auftreten (gegebenenfalls Wasserkühlung).

### 6 Prüfung

Ergebnis Zeitstand-Zugversuche an geschweißten und ggf. FNCT- bzw. NCT-Probekörpern durchzuführen. Empfohlene Ausgangsspannungen und Prüftemperaturen für Probekörper aus PE 80 und PE 100 sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1. Ausgangsspannungen und Prüftemperaturen für PE 80 und PE 100.

Prüftemperatur	PE 80	PE 100	Bemerkung
20 °C	8,00 N/mm <sup>2</sup>	10,00 N/mm <sup>2</sup>	Mindestzeitstandfestigkeit <sup>1)</sup> nach DIN EN ISO 12162
40 °C	6,16 N/mm <sup>2</sup>	7,71 N/mm <sup>2</sup>	Spannungen aus Arrhenius-Ansatz
60 °C	4,90 N/mm <sup>2</sup>	6,13 N/mm <sup>2</sup>	
80 °C	4,00 N/mm <sup>2</sup>	5,00 N/mm <sup>2</sup>	Sprödbrüche <sup>2)</sup> )
*) 50 Jahre bei 20 °C unter Einwirkung von Wasser			
**) Spannungen bei denen nach DIN 8075 Sprödbrüche zu erwarten sind			

Die Prüfspannungen der geschweißten Probekörper sind durch Multiplikation der Spannungen aus Tabelle 1 mit dem geforderten Mindest-Zeitstandzug-Schweißfaktor  $f_S$  gemäß Richtlinie DVS 2203-1, Beiblatt 2 bzw. dem Langzeit-Schweißfaktor  $f_S$  gemäß Richtlinie DVS 2205-1, Beiblatt 6 zu ermitteln.

Tabelle 2 enthält die Prüfspannungen für den geforderten Langzeit-Schweißfaktor  $f_S$  von geschweißten Probekörpern aus PE 80.

<sup>2)</sup> Die Entnahme von ungeschweißten Vergleichsproben (Grundmaterialproben) ist nicht erforderlich.

<sup>3)</sup> Während der Präparation der Probekörper erzeugte Kerben oder Riefen dürfen das Prüfergebnis nicht beeinflussen. D. h. Brüche, die von den Schnittflächen der Probekörper ausgehen, sind nicht zu werten. Hierfür sind zusätzliche Probekörper zu präpfen.