DIN EN 1999-1-3:2024-11 (D)

Eurocode 9 - Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken - Teil 1-3: Ermüdungsbeanspruchte Tragwerke; Deutsche Fassung EN 1999-1-3:2023

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort 6

Einleitung 7

1 Anwendungsbereich 10
1.1 Anwendungsbereich von EN 1999-1-3 10
1.2 Annahmen 10

2 Normative Verweisungen 10

3 Begriffe und Symbole 10
3.1 Begriffe 10
3.2 Symbole 15

4 Grundlagen der Bemessung 17
4.1 Grundregeln 17
4.2 Methoden der Ermüdungsbemessung 18
4.2.1 Schwingbruchsichere Bemessung (SLD) 18
4.2.2 Schadenstolerante Bemessung (DTD) 18
4.2.3 Versuchsunterstützte Bemessung 19
4.3 Ermüdungsbelastung 19
4.3.1 Herkunft der Ermüdungsbelastung 19
4.3.2 Herleitung der Ermüdungsbelastung 19
4.3.3 Äquivalente Ermüdungsbelastung 20
4.4 Teilsicherheitsbeiwerte für Ermüdungslasten 20
4.5 Anforderungen an die Ausführung 21
4.5.1 Allgemeines 21
4.5.2 Ausführungsklassen 21
4.5.3 Ausführungsspezifikation 21
4.5.4 Betriebsbuch 21
4.5.5 Prüf- und Wartungsbuch 22

5 Werkstoffe, Produktbestandteile und Verbindungsmittel 22

6 Dauerhaftigkeit 23

7 Strukturanalyse 23
7.1 Globale Analyse 23
7.1.1 Allgemeines 23
7.1.2 Anwendung von Balkenelementen 24
7.1.3 Anwendung von Membran-, Schalen- und Kontinuumselementen 25
7.2 Spannungsarten 25
7.2.1 Allgemeines 25
7.2.2 Nennspannungen 26
7.2.3 Modifizierte Nennspannungen 26
7.2.4 Hot-Spot-Spannungen 27
7.3 Herleitung von Spannungen 28
7.3.1 Herleitung von Nennspannungen 28
7.3.2 Herleitung von modifizierten Nennspannungen 29
7.3.3 Herleitung von Hot-Spot-Spannungen 29
7.3.4 Spannungsrichtung 30
7.4 Spannungsschwingbreiten für bestimmte Rissentstehungsstellen 30

7.4.1 Grundmaterial, Schweißnähte und mechanische Verbindungselemente ... 30
7.4.2 Kehlnähte und partiell durchgeschweißte Stumpfnähte ... 30
7.5 Klebeverbindungen ... 31
7.6 Gussstücke ... 31
7.7 Spannungskollektive ... 31
7.8 Berechnung von äquivalenten Spannungsschwingbreiten für standardisierte Ermüdungsbelastungs-Modelle ... 31
7.8.1 Allgemeines ... 31
7.8.2 Bemessungswert der Spannungsschwingbreite ... 32

8 Ermüdungswiderstand und Detailkategorien ... 32
8.1 Detailkategorien ... 32
8.1.1 Allgemeines ... 32
8.1.2 Einflussfaktoren für die Detailkategorien ... 32
8.1.3 Konstruktionsdetails ... 33
8.2 Ermüdungsfestigkeitsdaten ... 33
8.2.1 Klassifizierte Konstruktionsdetails ... 33
8.2.2 Nicht klassifizierte Details ... 36
8.2.3 Klebeverbindungen ... 36
8.2.4 Bestimmung der Referenzwerte für die Hot-Spot-Ermüdungsfestigkeit ... 36
8.3 Einfluss der Mittelspannung ... 36
8.3.1 Allgemeines ... 36
8.3.2 Grundmaterial und Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln ... 36
8.3.3 Schweißverbindungen ... 37
8.3.4 Klebeverbindungen ... 37
8.3.5 Bereich der Kurzzeitfestigkeit ... 37
8.3.6 Schwingspielzählung für die Berechnung von *R*-Verhältnissen ... 37
8.4 Einfluss der Umgebung ... 37
8.5 Methoden zur Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit ... 38

Anhang A (normativ) Grundlagen der Berechnung der Ermüdungsfestigkeit ... 39
A.1 Anwendung dieses Anhangs ... 39
A.2 Anwendungsbereich und Anwendungsfeld ... 39
A.3 Allgemeines ... 39
A.3.1 Einfluss der Ermüdung auf die Bemessung ... 39
A.3.2 Versagensmechanismus ... 39
A.3.3 Mögliche Stellen für Ermüdungsrisse ... 40
A.3.4 Bedingungen für die Ermüdungsanfälligkeit ... 40
A.4 Schwingbruchsichere Bemessung ... 41
A.4.1 Allgemeines ... 41
A.4.2 Voraussetzungen für die schwingbruchsichere Bemessung ... 42
A.4.3 Bemessungsansatz ... 42
A.4.4 Schwingspielzählung ... 44
A.4.5 Herleitung des Spannungs-Kollektivs ... 46
A.5 Schadenstolerante Bemessung ... 47
A.5.1 Voraussetzungen für schadenstolerante Bemessung ... 47
A.5.2 Wahl der Tragwerksart und deren bauliche Durchbildung ... 47
A.5.3 Festlegung der Inspektionsstrategie bei schadenstoleranter Bemessung ... 47

Anhang B (informativ) Hinweise für die Feststellung des Rissfortschritts mittels Bruchmechanik ... 50
B.1 Anwendung dieses informativen Anhangs ... 50
B.2 Anwendungsbereich und Anwendungsfeld ... 50
B.3 Grundlagen ... 50
B.3.1 Fehlerabmessungen ... 50
B.3.2 Rissfortschrittsabhängigkeit ... 51
B.4 Rissfortschrittsdaten *A* und *m* ... 52
B.5 Geometriefunktion *y* ... 53
B.6 Integration des Rissfortschritts ... 54

B.7 Ermittlung der maximalen Risslänge a_2 54

Anhang C (informativ) Versuche für die Ermüdungsbemessung 62
C.1 Anwendung dieses informativen Anhangs 62
C.2 Anwendungsbereich und Anwendungsfeld 62
C.3 Ermittlung von Belastungsdaten 63
C.3.1 Feste Tragwerke unter mechanischen Belastungen 63
C.3.2 Feste Tragwerke unter Umwelteinflüssen 63
C.3.3 Bewegliche Konstruktionen 64
C.4 Ermittlung der Spannungsdaten 64
C.4.1 Versuchsergebnisse aus Bauteilen 64
C.4.2 Versuchsergebnisse aus Tragwerken 64
C.4.3 Bestätigung des Spannungs-Zeit-Verlaufs 65
C.5 Ermittlung von Lebensdauerdaten 65
C.5.1 Bauteilprüfung 65
C.5.2 Großbauteilprüfung 66
C.5.3 Akzeptanzkriterien 66
C.6 Rissfortschrittsdaten 69
C.7 Berichterstellung 69

Anhang D (informativ) Spannungsanalyse 71
D.1 Anwendung dieses informativen Anhangs 71
D.2 Anwendungsbereich und Anwendungsfeld 71
D.3 Anwendung von Finiten-Elementen für die Ermüdungsanalyse 71
D.3.1 Elementtypen 71
D.3.2 Weitere Hinweise für die Anwendung finiter Elemente 72
D.4 Spannungskonzentrationsbeiwerte 72
D.5 Ermüdungsbegrenzung bei wiederholtem lokalem Beulen 74

Anhang E (informativ) Klebeverbindungen 75
E.1 Anwendung dieses informativen Anhangs 75
E.2 Anwendungsbereich und Anwendungsfeld 75

Anhang F (informativ) Bereich der Kurzzeitfestigkeit 78
F.1 Anwendung dieses informativen Anhangs 78
F.2 Anwendungsbereich und Anwendungsfeld 78
F.3 Änderung an Ermüdungsfestigkeitskurven 78
F.4 Versuchsergebnisse 79

Anhang G (informativ) Einfluss des herrschenden Spannungsverhältnisses *R* 80
G.1 Anwendung dieses informativen Anhangs 80
G.2 Anwendungsbereich und Anwendungsfeld 80
G.3 Erhöhung der Ermüdungsfestigkeit 80
G.4 Fälle für erhöhte Werte 80
G.4.1 Fall 1 80
G.4.2 Fall 2 81
G.4.3 Fall 3 82

Anhang H (informativ) Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit von Schweißnähten 83
H.1 Anwendung dieses informativen Anhangs 83
H.2 Anwendungsbereich und Anwendungsfeld 83
H.3 Maschinelle Bearbeitung oder Schleifen 84
H.4 Nachbearbeitung durch WIG oder Plasma 85
H.5 Strahlen 85

Anhang I (informativ) Gussstücke 86
I.1 Anwendung dieses informativen Anhangs 86
I.2 Anwendungsbereich und Anwendungsfeld 86
I.3 Ermüdungsfestigkeitsdaten 86
I.3.1 Gusswerkstoff 86
I.3.2 Geschweißter Werkstoff 86

I.3.3 Mechanisch verbundene Gussstücke **87**
I.3.4 Geklebte Gussstücke **87**
I.4 Qualitätsanforderungen **87**

Anhang J (informativ) Tabellen der Detailkategorien **89**
J.1 Anwendung dieses informativen Anhangs **89**
J.2 Anwendungsbereich und Anwendungsfeld **89**

Anhang K (informativ) Hot-Spot-Referenz-Detail-Methode **120**
K.1 Anwendung dieses informativen Anhangs **120**
K.2 Anwendungsbereich und Anwendungsfeld **120**
K.3 Hot-Spot-Referenz-Detail-Methode **120**

Anhang L (informativ) Leitfaden für die Anwendung von Bemessungsmethoden, Wahl der Teilsicherheitsbeiwerte, Grenzen für Schadenswerte, Inspektionsintervalle und Kenngrößen für die Ausführung bei Übernahme von Anhang J **121**
L.1 Anwendung dieses informativen Anhangs **121**
L.2 Anwendungsbereich und Anwendungsfeld **121**
L.3 Konzept der schwingbruchsicheren Bemessung **121**
L.3.1 Allgemeines **121**
L.3.2 SLD-I **122**
L.3.3 SLD-II **122**
L.4 Konzept der schadenstoleranten Bemessung **122**
L.4.1 Allgemeines **122**
L.4.2 DTD-I **122**
L.4.3 DTD-II **123**
L.5 Beginn der Inspektion und Inspektionsintervalle **124**
L.6 Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Mf} und Werte für D_{Lim} **125**
L.7 Kenngrößen für die Ausführung **127**
L.7.1 Beanspruchungskategorie **127**
L.7.2 Berechnung des Ausnutzungsgrads **128**

Literaturhinweise **130**