

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 <i>R</i> -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 <i>A</i> und <i>m</i> | 52 |
| B.5 | Geometriefunktion <i>y</i> | 53 |
| B.6 | Integration des Rissfortschritts | 54 |

| | | |
|---|--|----|
| B.7 | Ermittlung der maximalen Risslänge a_2 | 54 |
| Anhang C (informativ) Versuche für die Ermüdungsbemessung | | |
| 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 | | |
| 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 | | |
| E.1 | Anwendung dieses informativen Anhangs..... | 75 |
| E.2 | Anwendungsbereich und Anwendungsfeld | 75 |
| Anhang F (informativ) Bereich der Kurzzeitfestigkeit | | |
| 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..... | | |
| 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..... | | |
| 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..... | | |
| 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 |