

# 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
<b>Anhang C (informativ) Versuche für die Ermüdungsbemessung .....</b>		
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
<b>Anhang D (informativ) Spannungsanalyse .....</b>		
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
<b>Anhang E (informativ) Klebeverbindungen .....</b>		
E.1	Anwendung dieses informativen Anhangs.....	75
E.2	Anwendungsbereich und Anwendungsfeld .....	75
<b>Anhang F (informativ) Bereich der Kurzzeitfestigkeit .....</b>		
F.1	Anwendung dieses informativen Anhangs.....	78
F.2	Anwendungsbereich und Anwendungsfeld .....	78
F.3	Änderung an Ermüdungsfestigkeitskurven.....	78
F.4	Versuchsergebnisse.....	79
<b>Anhang G (informativ) Einfluss des herrschenden Spannungsverhältnisses <math>R</math>.....</b>		
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
<b>Anhang H (informativ) Verbesserung der Ermüdungsfestigkeit von Schweißnähten.....</b>		
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
<b>Anhang I (informativ) Gussstücke.....</b>		
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 $\gamma_{Mf}$ 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