

E DIN EN 1999-1-1:2021-04 (D/E)

Erscheinungsdatum: 2021-02-26

Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln; Deutsche und Englische Fassung prEN 1999-1-1:2021

Eurocode 9: Design of aluminium structures - Part 1-1: General structural rules; German and English version prEN 1999-1-1:2021

Inhalt	Seite
Europäisches Vorwort	10
Einleitung	11
1 Anwendungsbereich	15
1.1 Anwendungsbereich von EN 1999-1-1	15
1.2 Annahmen	15
2 Normative Verweisungen	15
3 Begriffe und Symbole	16
3.1 Begriffe	16
3.2 Symbole	19
3.3 Definition der Bauteilachsen	36
4 Grundlagen für die Tragwerksplanung	38
4.1 Allgemeine Regeln	38
4.1.1 Grundlegende Anforderungen	38
4.1.2 Tragwerkszuverlässigkeit	38
4.1.3 Geplante Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Robustheit	38
4.2 Grundlagen der Bemessung nach Grenzzuständen	39
4.3 Basisvariable	39
4.3.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse	39
4.3.2 Werkstoff- und Produkteigenschaften	39
4.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten	39
4.4.1 Bemessungswerte von Werkstoffeigenschaften	39
4.4.2 Bemessungswerte der geometrischen Größen	39
4.4.3 Bemessungswerte der Beanspruchbarkeit	40
4.5 Versuchsgestützte Bemessung	41
4.6 Anforderungen an die Ausführung	41
5 Werkstoffe	41
5.1 Allgemeines	41
5.2 Aluminium für Bauteile	41
5.2.1 Werkstoffarten	41
5.2.2 Werkstoffeigenschaften von Aluminiumknetlegierungen	43
5.2.3 Werkstoffeigenschaften von Aluminiumgusslegierungen	50
5.2.4 Abmessungen, Gewichte und Toleranzen	51
5.2.5 Bemessungswerte der Werkstoffkennwerte	51
5.3 Verbindungsmittel	52
5.3.1 Allgemeines	52
5.3.2 Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben sowie gewindefurchende Schrauben und selbstbohrende Schrauben	52
5.3.3 Niete	54
5.3.4 Schweißzusätze	54
5.3.5 Klebstoffe	55
6 Dauerhaftigkeit	55
7 Tragwerksberechnung	56
7.1 Statische Systeme	56
7.1.1 Grundlegende Annahmen	56

7.1.2	Berechnungsmodelle für Anschlüsse.....	56
7.1.3	Wechselwirkung zwischen Bauwerk und Baugrund.....	56
7.2	Untersuchung von Gesamttragwerken.....	56
7.2.1	Einflüsse der Tragwerksverformung.....	56
7.2.2	Stabilität von Tragwerken	57
7.3	Imperfektionen	58
7.3.1	Allgemeines	58
7.3.2	Imperfektionen für die Tragwerksberechnung.....	58
7.3.3	Imperfektionen zur Berechnung aussteifender Systeme.....	65
7.3.4	Bauteilimperfektionen.....	67
7.4	Berechnungsmethoden	67
7.4.1	Allgemeines	67
7.4.2	Elastische Tragwerksberechnung.....	68
7.4.3	Plastische Tragwerksberechnung.....	68
8	Grenzzustände der Tragfähigkeit von Bauteilen.....	68
8.1	Grundlage	68
8.1.1	Allgemeines	68
8.1.2	Charakteristische Festigkeitswerte.....	69
8.1.3	Teilsicherheitsbeiwerte.....	69
8.1.4	Klassifizierung von Querschnitten.....	69
8.1.5	Widerstand gegen örtliches Beulen bei Bauteilen der Klasse 4.....	77
8.1.6	Entfestigung in der Wärmeeinflusszone von Schweißungen.....	78
8.2	Beanspruchbarkeit der Querschnitte	82
8.2.1	Allgemeines	82
8.2.2	Querschnittswerte	83
8.2.3	Zugbeanspruchung	84
8.2.4	Druckbeanspruchung	85
8.2.5	Biegemoment.....	86
8.2.6	Querkraftbeanspruchung.....	89
8.2.7	Torsionsbeanspruchung.....	90
8.2.8	Beanspruchung aus Biegung und Querkraft	92
8.2.9	Beanspruchung aus Biegung und Normalkraft	93
8.2.10	Beanspruchung aus Biegung, Querkraft und Normalkraft	93
8.2.11	Stegkrüppeln.....	94
8.3	Stabilitätsnachweise für Bauteile.....	94
8.3.1	Bauteile mit planmäßig zentrischem Druck	94
8.3.2	Bauteile mit Biegung	101
8.3.3	Bauteile mit Biegung und zentrischem Druck.....	104
8.4	Vereinfachte Berechnung der Beanspruchbarkeit	109
8.5	Mehrteilige druckbeanspruchte Bauteile	110
8.5.1	Allgemeines	110
8.5.2	Gitterstützen	112
8.5.3	Stützen mit Bindeblechen (Rahmenstützen)	114
8.5.4	Mehrteilige Bauteile mit geringer Spreizung.....	115
8.6	Unausgesteifte, in ihrer Ebene belastete Platten.....	116
8.6.1	Allgemeines	116
8.6.2	Beanspruchbarkeit unter gleichförmigem Druck N_{Ed}	117
8.6.3	Beanspruchbarkeit bei Biegung in der Ebene	118
8.6.4	Beanspruchbarkeit bei in Quer- oder Längsrichtung veränderlichen Normalspannungen ..	119
8.6.5	Schubbeanspruchbarkeit	119
8.6.6	Beanspruchbarkeiten bei Lasten außerhalb der Ebene	120
8.6.7	Beanspruchbarkeit bei kombinierten Einwirkungen.....	121
8.7	Ausgesteifte, in ihrer Ebene belastete Platten.....	122
8.7.1	Allgemeines	122
8.7.2	Ausgesteifte Platten unter gleichförmigem Druck.....	123

8.7.3	Ausgesteifte Platten unter Biegung in ihrer Ebene.....	125
8.7.4	Gleichförmig versteifte Platten mit in Längsrichtung veränderlichen Spannungen.....	126
8.7.5	Gleichförmig versteifte Platten unter Schubbeanspruchung.....	126
8.7.6	Beullasten orthotroper Platten.....	127
8.7.7	Lasten außerhalb der Plattenebene	129
8.7.8	Beanspruchbarkeit bei kombinierter Belastung.....	131
8.8	Vollwandträger mit schlanken Stegen.....	133
8.8.1	Allgemeines	133
8.8.2	Beanspruchbarkeit von Vollwandträgern mit schlanken Stegen bei Biegung in der Trägerebene	133
8.8.3	Vollwandträger mit Längssteifen am Steg.....	135
8.8.4	Schubbeanspruchbarkeit	137
8.8.5	Beanspruchbarkeit unter Querlasten.....	142
8.8.6	Interaktion.....	146
8.8.7	Gurtinduziertes Stegblechbeulen.....	148
8.8.8	Stegblechsteifen	148
8.9	Bauteile mit Trapezblechstegen	150
8.9.1	Allgemeines	150
8.9.2	Beanspruchbarkeit durch Biegemomente	150
8.9.3	Schubkraftbeanspruchbarkeit	151
9	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.....	152
9.1	Allgemeines	152
9.2	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit für den Hochbau.....	152
9.2.1	Durchbiegungen.....	152
9.2.2	Dynamische Einflüsse	153
10	Bemessung von Anschlüssen.....	153
10.1	Bemessungsgrundlagen	153
10.1.1	Einleitung	153
10.1.2	Schnittgrößen	153
10.1.3	Beanspruchbarkeit von Anschlüssen.....	154
10.1.4	Bemessungsannahmen.....	154
10.1.5	Herstellung und Ausführung.....	154
10.2	Schnittpunkte in geschraubten, genieteten und geschweißten Anschlüssen	155
10.3	Schubbeanspruchte Anschlüsse mit Stoßbeanspruchung, Schwingungsbeanspruchung und/oder Lastumkehr	155
10.4	Klassifizierung von Anschlüssen	155
10.5	Schrauben-, Niet- und Bolzenverbindungen.....	155
10.5.1	Rand- und Lochabstände für Schrauben und Nieten.....	155
10.5.2	Lochabminderungen	158
10.5.3	Kategorien von Schraubenverbindungen.....	160
10.5.4	Bemessungswerte der Tragfähigkeit von Schrauben	163
10.5.5	Beanspruchbarkeit von Nieten.....	166
10.5.6	Senkschrauben und Senkniete	166
10.5.7	Gewindefurchende Schrauben, selbstbohrende und Blindniete	167
10.5.8	Schrauben in gleitfesten Verbindungen.....	167
10.5.9	Lange Anschlüsse.....	169
10.5.10	Einschnittige Verbindungen von Flachmaterial mit nur einer Reihe von Verbindungsmitteln.....	170
10.5.11	Verbindungsmittel durch Futterbleche.....	170
10.5.12	Bolzenverbindungen	171
10.5.13	Verbindungsmittel aus Aluminium.....	173
10.6	Schweißverbindungen.....	174
10.6.1	Allgemeines	174
10.6.2	Bemessung von Schweißverbindungen	175

10.7	Bemessung von Rührreißschweißungen.....	189
10.8	Hybride Verbindungen.....	190
10.9	Spezielle Anschlüsse.....	190
10.9.1	Allgemeines	190
10.9.2	T-Nutanschlüsse.....	191
10.9.3	Schraubkanäle.....	194
10.10	Äquivalenter T-Stummel mit Zugbeanspruchung.....	194
10.10.1	Allgemeines	194
10.10.2	Abstützkräfte in einer typischen T-Stummel-Einzelverbindung.....	195
10.10.3	Allgemeine Regeln für die Bestimmung der Tragfähigkeit.....	197
10.10.4	Geometrische Grenzwerte.....	205
10.11	Stützensteg mit Beanspruchung durch Querzug und Querdruck.....	205
10.11.1	Allgemeines	205
10.11.2	Stützensteg mit Beanspruchung durch Querzug	206
10.11.3	Stützensteg mit Beanspruchung durch Querdruck.....	210
10.12	Geklebte Anschlüsse.....	212
10.13	Andere Verbindungsverfahren	212
Anhang A (normativ) Qualitätsanforderungen an die Ausführung		213
A.1	Anwendung dieses Anhangs.....	213
A.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	213
A.3	Allgemeines	213
A.3.1	Grundlegende Anforderungen.....	213
A.3.2	Ausführungsstufe.....	213
A.3.3	Ausnutzungsgrad.....	214
A.4	Wahl der Ausführungsstufe	214
A.5	Definition von Ausnutzungsgraden.....	216
Anhang B (informativ) Berechnungen mit Finite-Elemente-Methoden (FEM).....		217
B.1	Anwendung dieses Anhangs.....	217
B.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	217
B.3	Anwendung.....	218
B.4	Modellierung.....	218
B.5	Wahl des Programms und Dokumentation.....	218
B.6	Ansatz von Imperfektionen	219
B.7	Werkstoffeigenschaften.....	220
B.8	Belastungen	221
B.9	Kriterien für den Grenzzustand	221
B.10	Teilsicherheitsbeiwerte.....	223
Anhang C (informativ) Werkstoffauswahl		224
C.1	Anwendung dieses Anhangs.....	224
C.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	224
C.3	Allgemeines	224
C.4	Knethalbzeuge.....	224
C.4.1	Aushärtbare Knetlegierungen.....	224
C.4.2	Nichtaushärtbare Knetlegierungen.....	228
C.5	Gussprodukte.....	229
C.5.1	Allgemeines	229
C.5.2	Aushärtbare Gusslegierungen EN AC-42100, EN AC-42200, EN AC-43000 und EN AC-43300.....	229
C.5.3	Nichtaushärtbare Gusslegierungen EN AC-44200 und EN AC-51300.....	229
Anhang D (informativ) Korrosion und Oberflächenschutz.....		230
D.1	Anwendung dieses Anhangs.....	230
D.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	230
D.3	Korrosion von Aluminium unter verschiedenen Umgebungsbedingungen.....	230

D.4	Beständigkeitsklassen von Aluminiumlegierungen.....	233
D.5	Korrosionsschutz.....	234
D.5.1	Allgemeines	234
D.5.2	Vollflächiger Korrosionsschutz von Aluminiumbauteilen.....	234
D.5.3	Aluminium bei Kontakt mit Aluminium und anderen Metallen	235
D.5.4	Aluminiumoberflächen in Kontakt mit Nichtmetallen.....	235
Anhang E (normativ) Gussstücke.....		240
E.1	Anwendung dieses Anhangs	240
E.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen.....	240
E.3	Allgemeine Vorschriften für die Bemessung von Gussstücken	240
E.3.1	Allgemeine Vorschriften für die Bemessung.....	240
E.3.2	Qualitätsanforderungen, Prüfungen und Dokumentation der Qualität.....	241
Anhang F (informativ) Analytische Modelle für die Spannungs-Dehnungs-Beziehung		243
F.1	Anwendung dieses Anhangs	243
F.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen.....	243
F.3	Analytische Modelle.....	243
F.3.1	Modelle mit abschnittsweiser linearer Beschreibung.....	243
F.3.2	Kontinuierliche Modelle	247
F.4	Näherungsweise Ermittlung von $\epsilon_{uni,max}$	251
Anhang G (informativ) Geometrische Eigenschaften von Querschnitten.....		252
G.1	Anwendung dieses Anhangs	252
G.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen.....	252
G.3	Torsionsträgheitsmoment I_t	252
G.4	Torsionswiderstandsmoment W_t	253
G.5	Lage des Schubmittelpunkts S	253
G.6	Wölbwiderstand I_w	253
G.7	Querschnittswerte offener dünnwandiger Querschnitte	256
G.8	Torsionsträgheitsmoment von Querschnitten mit geschlossenen Zellen.....	259
G.9	Schubfläche	260
G.10	Plastisches Widerstandsmoment und Interaktionsgleichung.....	261
G.10.1	Plastisches Widerstandsmoment	261
G.10.2	Plastische Interaktionsgleichung.....	262
Anhang H (informativ) Tragverhalten von Querschnitten oberhalb der Elastizitätsgrenze.....		263
H.1	Anwendung dieses Anhangs	263
H.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen.....	263
H.3	Definition der Querschnittsgrenzzustände	264
H.4	Klassifizierung von Querschnitten nach Grenzzuständen	264
H.5	Grenzwerte der Traglast unter Normalkraft.....	265
H.6	Grenzwerte der Momententragfähigkeit.....	266
H.7	Tragfähigkeit.....	267
Anhang I (informativ) Biegedrillknicken von Trägern sowie Drillknicken und Biegedrillknicken von druckbeanspruchten Bauteilen		268
I.1	Anwendung dieses Anhangs	268
I.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen.....	268
I.3	Ideales Biegedrillknickmoment und Schlankheitsgrad	268
I.3.1	Grundlage	268
I.3.2	Allgemeine Gleichungen für Träger mit konstantem zur schwachen oder starken Achse symmetrischem Querschnitt.....	269
I.3.3	Träger mit konstantem Querschnitt, der zur starken Achse symmetrisch, zentralsymmetrisch oder doppelsymmetrisch ist.....	275
I.3.4	Kragträger mit konstantem, zur schwachen Achse symmetrischem Querschnitt	276
I.4	Schlankheitsgrad für Biegedrillknicken ohne Normalkraft.....	279

I.5	Ideale Drillknicklast und Biegedrillknicklast bei Axialbelastung	281
I.6	Schlankheitsgrad für Drillknicken und Biegedrillknicken.....	282
Anhang J (informativ) Mittragende Breite bei der Bauteilbemessung.....		287
J.1	Anwendung dieses Anhangs.....	287
J.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	287
J.3	Als wirksam anzusetzende mittragende Breiten	287
J.3.1	Beiwert für die mittragende Breite	287
J.3.2	Spannungsverteilung im Falle der mittragenden Breite	290
J.3.3	Lasteinleitung in der Scheibenebene.....	290
J.4	Mittragende Breite bei Grenzzuständen der Tragfähigkeit	291
Anhang K (informativ) Fließgelenkverfahren bei Durchlaufträgern		292
K.1	Anwendung dieses Anhangs.....	292
K.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	292
K.3	Ermittlung des Tragemoments M_u	292
Anhang L (informativ) Duktilität und Rotationskapazität im Querschnitt.....		295
L.1	Anwendung dieses Anhangs.....	295
L.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	295
L.3	Momenten-Krümmungs-Berechnung des Querschnitts	296
L.4	Bestimmung der Rotationskapazität	301
L.5	Empirische Beziehungen der Tragfähigkeit.....	301
L.6	Empirische Beziehungen für die Rotationskapazität.....	303
Anhang M (informativ) Klassifizierung von Anschlüssen		304
M.1	Anwendung dieses Anhangs.....	304
M.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	304
M.3	Allgemeines	304
M.4	Voll wirksame Anschlüsse.....	306
M.5	Teilweise wirksame Anschlüsse	306
M.6	Klassifizierung nach der Steifigkeit.....	306
M.7	Klassifizierung nach der Tragfähigkeit.....	306
M.8	Klassifizierung nach der Duktilität.....	306
M.9	Allgemeine Bemessungsanforderungen für Anschlüsse.....	308
M.10	Anforderungen an Anschlüsse in Rahmentragwerken	308
M.10.1	Allgemeines	308
M.10.2	Gelenkige Anschlüsse.....	308
M.10.3	Momentenübertragende Anschlüsse	310
Anhang N (informativ) Anwendung des Bauteilverfahrens für Anschlüsse.....		312
N.1	Anwendung dieses Anhangs.....	312
N.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	312
Anhang O (informativ) Schraubkanäle.....		313
O.1	Anwendung dieses Anhangs.....	313
O.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	313
O.3	Zugtragfähigkeit	314
O.4	Schubbeanspruchbarkeit	315
Anhang P (informativ) Geklebte Anschlüsse.....		318
P.1	Anwendung dieses Anhangs.....	318
P.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	318
P.3	Allgemeines	318
P.4	Klebstoffe	319
P.5	Bemessung geklebter Anschlüsse	320
P.5.1	Allgemeines	320
P.5.2	Charakteristische Festigkeit von Klebstoffen.....	321
P.5.3	Bemessungswert der Scherspannung.....	321

P.6	Versuche	321
Anhang Q (informativ) Bestimmen der Ausdehnung der WEZ mithilfe von Härteprüfungen.....		322
Q.1	Anwendung dieses Anhangs	322
Q.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen.....	322
Q.3	Bestimmen der Ausdehnung der WEZ mithilfe von Härteprüfungen	322
Anhang R (informativ) Bolzen, die mittels Lichtbogenbolzenschweißung mit Spitzenzündung angeschlossen werden.....		324
R.1	Anwendung dieses Anhangs	324
R.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen.....	324
R.3	Konstruktion	325
R.4	Bemessung	325
Anhang S (normativ) Aluminiumbrücken		327
S.1	Anwendung dieses Anhangs	327
S.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen.....	327
S.3	Allgemeine Regeln.....	327
S.3.1	Robustheit.....	327
S.3.2	Geplante Nutzungsdauer	327
S.3.3	Dauerhaftigkeit	328
S.4	Brückenkomponenten außerhalb des Anwendungsbereichs dieser Norm	328
S.4.1	Zugglieder.....	328
S.4.2	Lager	328
S.5	Tragwerksberechnung	328
S.5.1	Tragwerksmodelle von Aluminiumbrücken	328
S.5.2	Imperfektionen	329
S.5.3	Einflüsse aus Torsion und Querschnittsverformungen.....	329
S.6	Nachweis der Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	329
S.6.1	Globaler Teilsicherheitsbeiwert.....	329
S.6.2	Tragfähigkeits- und Stabilitätsnachweise	329
S.6.3	Mittragende Breite	330
S.7	Nachweis von Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit.....	330
S.7.1	Allgemeines	330
S.7.2	Leistungsanforderungen.....	331
S.8	Nachweis der Bemessungssituation mit Ermüdung	331
S.8.1	Allgemeines	331
S.8.2	Ermüdungsbeanspruchung.....	331
S.8.3	Teilsicherheitsbeiwerte für den Nachweis der Ermüdungssicherheit.....	332
S.8.4	Schädigungsäquivalente Beiwerte	332
S.8.5	Ermüdungsfestigkeit	332
S.8.6	Wärmenachbehandlung der Schweißnaht.....	332
S.9	Konstruktive Durchbildung und Ausführung	333
S.9.1	Allgemeines	333
S.9.2	Straßen- und Fußgängerbrücken	333
S.9.3	Aluminium-Vollwandträger	342
Anhang T (informativ) Räumliche Fachwerk-Dachtragwerke		345
T.1	Anwendung dieses Anhangs	345
T.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen.....	345
T.3	Allgemeine Anforderungen.....	345
T.4	Zweischichtige Gitterstrukturen	345
T.4.1	Allgemeines	345
T.4.2	Klassifizierung der Verbindungen entsprechend ihrer axialen Steifigkeit	346
T.4.3	Klassifizierung der Verbindungen entsprechend ihrer Tragfähigkeit in axialer Richtung....	348
T.4.4	Verbindungen mithilfe von scherbeanspruchten Schrauben	349
T.4.5	Versuchsgestützte Bemessung von Verbindungen	350

T.5	Einschichtige Gitterstrukturen	353
T.5.1	Stabilitätsnachweise	353
T.5.2	Knicklänge der durch Knotenbleche verbundenen Bauteile.....	353
T.5.3	Klassifizierung der Verbindungen für Bauteile unter Axialkraft- und Biegebeanspruchung	356
T.5.4	Modellierung von Knotenblechverbindungen unter Axialkraft- und Biegebeanspruchung .	357
Anhang U (informativ) Verbundträger aus Aluminium und Beton		361
U.1	Anwendung dieses Anhangs.....	361
U.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	361
U.3	Allgemeine und grundlegende Probleme.....	361
U.4	Berechnung von Schnittkräften	363
U.4.1	Methoden der Berechnung des gesamten Tragwerks	363
U.4.2	Linear-elastische Berechnung.....	363
U.4.3	Elastische Tragwerksberechnung mit Schnittgrößenumlagerung.....	363
U.4.4	Globale nichtlineare und starr-plastische Berechnung	364
U.5	Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	364
U.5.1	Allgemeines	364
U.5.2	Biegemomententragfähigkeit.....	364
U.6	Verbundmittel	369
U.6.1	Allgemeine Regeln.....	369
U.6.2	Herkömmliche Verbundmittel	370
U.6.3	Innovative Verbundmittel.....	371
Anhang V (normativ) Modifizierte Knickbedingungen.....		372
V.1	Anwendung dieses Anhangs.....	372
V.2	Anwendungsbereich und Anwendungsgrenzen	372
V.3	Bemessung auf Biegeknicken mit Vorkrümmungen von $L/500$	372
Literaturhinweise.....		374