

DIN EN 1999-1-2



ICS 13.220.50; 91.010.30; 91.080.17

Einsprüche bis 2021-05-12
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 1999-1-2:2010-12

Entwurf

**Eurocode 9 –
Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken –
Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall;
Deutsche und Englische Fassung prEN 1999-1-2:2021**

Eurocode 9 –
Design of aluminium structures –
Part 1-2: Structural fire design;
German and English version prEN 1999-1-2:2021

Eurocode 9 –
Calcul des structures en aluminium –
Partie 1-2: Calcul du comportement au feu;
Version allemande et anglaise prEN 1999-1-2:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-03-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau), 10772 Berlin oder Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 111 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1999-1-2:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird. CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig. Die Verantwortung für alle Angelegenheiten der Tragwerks- und geotechnischen Planung wurde dem CEN/TC 250 von CEN übertragen.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-52-22 AA „Konstruktiver baulicher Brandschutz (SpA zu ISO/TC 92/SC 2/WG 11 und Teilbereichen von CEN/TC 250)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1991-1-2:2010-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Norm vollständig technisch überarbeitet;
- b) Norm redaktionell überarbeitet.

<i>Titel de:</i>	Eurocode 9 — Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall
<i>Titel en:</i>	Eurocode 9 — Design of aluminium structures — Part 1-2: Structural fire design
<i>Titel fr:</i>	Eurocode 9 — Calcul des structures en aluminium — Partie 1-2: Calcul du comportement au feu

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	8
1.1 Anwendungsbereich von EN 1999-1-2	8
1.2 Annahmen	8
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe und Symbole	9
3.1 Begriffe	9
3.2 Symbole und Abkürzungen	10
4 Grundlagen der Bemessung	14
4.1 Allgemeines	14
4.2 Brandbeanspruchung mit nomineller Brandkurve	14
4.3 Physikalisch begründete Brandbeanspruchung	14
4.4 Einwirkungen	14
4.5 Bemessungswerte der Materialeigenschaften	14
4.6 Nachweisverfahren	15
4.7 Statische Berechnung	15
4.7.1 Allgemeines	15
4.7.2 Bauteilberechnung	16
4.7.3 Teiltragwerksberechnung	16
4.7.4 Gesamttragwerksberechnung	17
5 Werkstoffeigenschaften	17
5.1 Allgemeines	17
5.2 Thermische Eigenschaften	17
5.2.1 Aluminiumlegierungen	17
5.2.2 Brandschutzbekleidungen	19
5.3 Mechanische Eigenschaften von Aluminiumlegierungen	20
5.3.1 Festigkeits- und Verformungseigenschaften	20
5.3.2 Rohdichte	23
6 Tabellierte Bemessungsdaten	23
7 Vereinfachte Bemessungsverfahren	23
7.1 Allgemeines	23
7.2 Tragfähigkeit	24
7.2.1 Querschnittsklassifizierung	24
7.2.2 Zugbeanspruchte Bauteile	24
7.2.3 Träger	25
7.2.4 Stützen	26
7.3 Temperaturentwicklung in Aluminium	28
7.3.1 Ungeschützte Bauteile aus Aluminium innerhalb von Gebäuden	28
7.3.2 Bekleidete Aluminiumbauteile innerhalb von Gebäuden	30
7.3.3 Innen liegende Aluminiumkonstruktionen in Hohlräumen, geschützt durch Wärmeschilde	31
7.3.4 Außen liegende Aluminiumkonstruktionen	32
8 Allgemeine Bemessungsverfahren	33

8.1	Allgemeines	33
8.2	Thermische Analyse	33
8.3	Mechanische Analyse	33
8.4	Überprüfung von allgemeinen Bemessungsverfahren.....	34
Anhang A (informativ) Eigenschaften von nicht in EN 1999-1-1 angegebenen		
	Aluminiumlegierungen	35
A.1	Anwendung dieses informativen Anhangs.....	35
A.2	Anwendungsbereich und Anwendungsfeld	35
Anhang B (informativ) Wärmeübertragung auf Außenbauteile aus Aluminiumlegierungen		
B.1	Anwendung dieses informativen Anhangs.....	36
B.2	Anwendungsbereich und Anwendungsfeld	36
B.3	Allgemeine Regeln.....	36
B.3.1	Grundlagen	36
B.3.2	Vereinbarungen zu den Abmessungen.....	36
B.3.3	Wärmebilanz.....	37
B.3.4	Gesamtkonfigurationsfaktoren.....	40
B.4	Nicht direkt beflammte Stützen	40
B.4.1	Wärmeübertragung durch Strahlung	40
B.4.2	Emissionswert der Flammen	41
B.4.3	Flammentemperatur.....	45
B.4.4	Absorbtionswert der Flamme.....	46
B.5	Nicht direkt beflammte Träger	46
B.5.1	Wärmeübertragung durch Strahlung	46
B.5.2	Emissionswert der Flammen	48
B.5.3	Flammentemperatur.....	48
B.5.4	Absorbtionswert der Flamme.....	49
B.6	Direkt beflammte Stützen	49
B.7	Voll oder teilweise beflammte Träger	51
B.7.1	Wärmeübertragung durch Strahlung	51
B.7.2	Emissionswert der Flammen	54
B.7.3	Absorbtionswert der Flamme.....	54
	Literaturhinweise.....	55

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1999-1-2:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird. CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig. Die Verantwortung für alle Angelegenheiten der Tragwerks- und geotechnischen Planung wurde dem CEN/TC 250 von CEN übertragen.

Dieses Dokument wird EN 1999-1-2:2007 ersetzen.

Die erste Generation der EN-Eurocodes wurde zwischen den Jahren 2002 und 2007 veröffentlicht. Dieses Dokument wurde als Teil der zweiten Generation der Eurocodes im Rahmen des Mandats M/515 erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben.

Die Eurocodes wurden erarbeitet, um in Verbindung mit einschlägigen Ausführungs-, Werkstoff-, Produkt- und Prüfnormen angewendet zu werden und um Anforderungen an Ausführung, Werkstoffe, Produkte und Prüfung zu identifizieren, auf denen die Eurocodes beruhen.

Die Eurocodes erkennen die Verantwortlichkeit aller Mitgliedstaaten an und wahren deren Recht, sicherheitsbezogene Werte auf nationaler Ebene in Nationalen Anhängen festzulegen.

Einleitung

0.1 Einleitung zu den Eurocodes

Die Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus umfassen die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

- EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*
- EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*
- EN 1992, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken*
- EN 1993, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*
- EN 1994, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton*
- EN 1995, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten*
- EN 1996, *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten*
- EN 1997, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*
- EN 1998, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*
- EN 1999, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken*
- <Neue Teile>

Die Eurocodes sind für die Anwendung durch Tragwerksplaner, Bauherren, Hersteller, Ausführende, zuständige Behörden (bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben in Übereinstimmung mit nationalen oder internationalen Vorschriften), Lehrkräfte, Softwareentwickler und Normenausschüsse, in denen verwandte Produktnormen, Prüfnormen und Ausführungsnormen erarbeitet werden, gedacht.

ANMERKUNG Einige Entwurfs- und Bemessungsaspekte werden am zutreffendsten von den zuständigen Behörden festgelegt oder können, sofern keine Festlegungen getroffen wurden, für ein bestimmtes Bauvorhaben zwischen den beteiligten Parteien wie Tragwerksplanern und Bauherren vereinbart werden. In den Eurocodes werden solche Aspekte durch ausdrückliche Bezugnahme auf die zuständigen Behörden und die beteiligten Parteien gekennzeichnet.

0.2 Einleitung zu EN 1999 Eurocode 9

EN 1999 gilt für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Bauwerken und Tragwerken aus Aluminium. Der Eurocode 9 entspricht den Grundsätzen und Anforderungen an die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Tragwerken, sowie den Grundlagen für ihre Bemessung und Nachweise, die in EN 1990, „Grundlagen der Tragwerksplanung“ enthalten sind.

EN 1999 behandelt ausschließlich Anforderungen an die Tragfähigkeit, die Gebrauchstauglichkeit, die Dauerhaftigkeit und den Feuerwiderstand von Tragwerken aus Aluminium. Andere Anforderungen, wie z. B. Wärmeschutz oder Schallschutz, werden nicht berücksichtigt.

EN 1999 behandelt nicht die besonderen Anforderungen an die Erdbebenauslegung. Festlegungen bezüglich dieser Anforderungen sind in EN 1998 enthalten, in Ergänzung zu und im Einklang mit EN 1999.

EN 1999 ist in fünf Teile gegliedert:

- EN 1999-1-1, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln*
- EN 1999-1-2, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall*
- EN 1999-1-3, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-3: Ermüdungsbeanspruchte Tragwerke*
- EN 1999-1-4, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-4: Kaltgeformte Profiltafeln*
- EN 1999-1-5, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-5: Schalentragwerke*

0.3 Einleitung zu EN 1999-1-2

Dieses Dokument behandelt die Bemessungsgrundlagen, Anforderungen und Regeln für die Tragwerksbemessung von Gebäuden aus Aluminium im Brandfall. Der Schwerpunkt von EN 1999-1-2 liegt auf Bemessungsverfahren und -regeln für einzelne Bauteile (Träger, Stützen, Träger-Stützen), Verbindungen und Skelettbauten (Rahmen) mit Bezug auf Tragfähigkeit und Stabilität im Brandfall.

0.4 In den Eurocodes verwendete Verbformen

Das Verb „muss“ beschreibt eine Anforderung, die zwingend zu befolgen ist und von der bei Anwendung der Eurocodes keine Abweichung zulässig ist.

Das Verb „sollte“ beschreibt eine streng empfohlene Auswahl oder Vorgehensweise. In Abhängigkeit von nationalen Regeln und/oder relevanten Vertragsbestimmungen können alternative Lösungen verwendet / angenommen werden, wenn sie technisch verifiziert sind.

Das Verb „darf“ beschreibt eine erlaubte Vorgehensweise innerhalb der Anwendungsgrenzen der Eurocodes.

Das Verb „kann“ beschreibt Möglichkeiten und Fähigkeiten; es wird für Tatsachenfeststellungen und Erklärungen verwendet.

0.5 Nationaler Anhang für prEN 1999-1-2

Nationale Festlegungen sind in dieser Norm zulässig, wo diese Möglichkeit ausdrücklich in Anmerkungen angegeben wird. Nationale Festlegungen umfassen die Auswahl der Werte für national festgelegte Parameter (NDP, en: nationally determined parameters).

Die nationale Ausgabe von EN 1999-1-2 kann einen Nationalen Anhang mit allen national festgelegten Parametern enthalten, die für den Entwurf und die Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauten im jeweiligen Land Verwendung finden.

Wird keine nationale Festlegung angeführt, ist der in dieser Norm angegebene Standardwert anzuwenden.

Wenn keine nationale Festlegung angeführt wird und kein Standardwert in dieser Norm angegeben ist, kann die Festlegung durch eine zuständige Behörde getroffen werden, oder sofern keine Festlegungen getroffen wurden, können die beteiligten Parteien im Einzelfall eine Vereinbarung treffen.

Nationale Festlegungen sind in EN 1999-1-2 zu den folgenden Abschnitten gestattet:

4.5(1) ANMERKUNG

4.7(1) ANMERKUNG

7.2.1(1) ANMERKUNG

7.2.3(5) ANMERKUNG

7.2.4(4) ANMERKUNG

Nationale Festlegungen sind in EN 1999-1-2 zu den folgenden informativen Anhängen gestattet:

Anhang (informativ), Eigenschaften von nicht in EN 1999-1-1 angegebenen Aluminiumlegierungen

Anhang B (informativ), Wärmeübertragung auf Außenbauteile aus Aluminiumlegierungen

Der Nationale Anhang kann, direkt oder durch Verweisungen, nicht widersprüchliche ergänzende Informationen zur Erleichterung der Umsetzung enthalten, sofern dadurch keine Bestimmungen der Eurocodes geändert werden.

1 Anwendungsbereich

1.1 Anwendungsbereich von EN 1999-1-2

(1) Dieses Dokument behandelt die Bemessung von Aluminiumkonstruktionen für den außergewöhnlichen Fall der Brandeinwirkung. Seine Anwendung gilt in Verbindung mit EN 1999-1-1, EN 1999-1-3, EN 1999-1-4 und EN 1999-1-5. Dieses Dokument beschränkt sich auf die Unterschiede oder Ergänzungen zur Bemessung bei normaler Temperatur.

(2) Dieses Dokument gilt für Tragwerke aus Aluminium, die eine lasttragende Funktion erfüllen müssen.

(3) Dieses Dokument liefert Grundsätze und Anwendungsregeln für die Bemessung von Tragwerken, für bestimmte Anforderungen im Hinblick auf die vorstehend genannte Funktion und die Leistungsstufen.

(4) Dieses Dokument gilt für Tragwerke oder Teile davon, die in den Anwendungsbereich von EN 1999-1-1 fallen und danach bemessen wurden.

(5) Die Verfahren nach EN 1999-1-2 gelten für die folgenden Aluminiumlegierungen:

EN AW-3004 – H34

EN AW-5083 – O und H12

EN AW-6063 – T5 und T6

EN AW-5005 – O und H34

EN AW-5454 – O und H34

EN AW-6082 – T4 und T6

EN AW-5052 – H34

EN AW-6061 – T6

(6) Die in diesem Dokument angegebenen Verfahren sind auch für andere Aluminiumlegierungen nach EN 1999-1-1 anwendbar, wenn verlässliche Hochtemperatureigenschaften vorliegen oder vereinfachte Annahmen in 5.2.1 angegeben sind.

1.2 Annahmen

(1) Zusätzlich zu den allgemeinen Annahmen in EN 1990 gelten die folgenden Annahmen:

- Die Wahl des maßgebenden Brandszenarios wird durch entsprechend qualifiziertes Personal getroffen oder wird durch die zuständigen nationalen Regeln festgelegt.
- Jede berücksichtigte passive oder aktive Brandschutzmaßnahme wird angemessen gewartet.

(2) Bezüglich der Bemessung neuer Tragwerke ist EN 1999 zur direkten Anwendung in Verbindung mit EN 1990, EN 1991, EN 1992, EN 1993, EN 1994, EN 1995, EN 1997, EN 1998 und EN 1999 vorgesehen.

(3) EN 1999 gilt in Verbindung mit folgenden Regelwerken:

- Europäische Normen für Bauprodukte, die für Tragwerke aus Aluminium Verwendung finden;
- EN 1090-1, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile*;
- EN 1090-3, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 3: Technische Regeln für die Ausführung von Aluminiumtragwerken*.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ANMERKUNG Siehe die Literaturhinweise für eine Liste von weiteren zitierten Dokumenten, die keine normativen Verweisungen sind, einschließlich jenen, die im Rahmen einer Empfehlung (d. h. durch „sollte“-Sätze) bzw. einer Erlaubnis (d. h. durch „darf“-Sätze) in Bezug genommen werden.

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991-1-2, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen — Brandeinwirkungen auf Tragwerke*

EN 1999-1-1, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1990 und EN 1991-1-2 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Teiltragwerk

Teil eines Tragwerks mit entsprechenden Lagerungs- und Randbedingungen

3.1.2

Brandschutzmaterial

Baustoffe oder Baustoffkombinationen, die an einem tragenden Bauteil zur Verbesserung seiner Feuerwiderstandsfähigkeit angebracht werden

3.1.3

Profilfaktor

Verhältnis der brandbeanspruchten Oberfläche zum Volumen des Aluminiums oder, im Fall von bekleideten Bauteilen, der brandbeanspruchten Bekleidung zum Volumen des Aluminiums

3.1.4

Profilfaktor des das Profil umschließenden Kastens

Verhältnis zwischen der beflamten Oberfläche eines gedachten das Aluminiumprofil umhüllenden Kastens und dem Volumen des Aluminiums

3.1.5

kritische Temperatur eines Aluminiumbauteils

Temperatur des Aluminiums, bei der unter einer gegebenen Belastung und gleichförmiger Temperaturverteilung Versagen in einem Aluminiumbauteil erwartet wird

3.1.6

wirksame 0,2 %-Dehngrenze

bei einer vorgegebenen Temperatur das Spannungsniveau, aus dem sich in der Spannungs-Dehnungsbeziehung von Aluminium eine bleibende Dehnung von 0,2 % ergibt

3.2 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Teils von EN 1999 gelten die folgenden Symbole:

Lateinische Großbuchstaben:

A_i	Teilfläche des Querschnitts mit einer Temperatur θ_i
A_m	brandbeanspruchte, längenbezogene Bauteiloberfläche [m^2/m]
A_m/V	Profilfaktor des ungeschützten Bauteils aus Aluminium [m^{-1}]
A_p	auf die Bauteillänge bezogene innere Oberfläche des Bekleidungsmaterials
A_p/V	Profilfaktor für mit Bauteilen aus Brandschutzmaterial bekleidete Aluminiumbauteile [m^{-1}]
C_i	Schutzbeiwert der Bauteilseite i
E_{al}	Elastizitätsmodul für Aluminium für die Bemessung bei Normaltemperatur
$E_{al,\theta}$	Steigung des linear elastischen Bereichs von Aluminium bei erhöhten Temperaturen, θ_{al}
E_d	Bemessungswert der Beanspruchung bei Normaltemperatur, bestimmt nach EN 1990 und EN 1991-1-1
$E_{fi,d}$	Bemessungswert der Beanspruchung im Brandfall nach EN 1991-1-2, einschließlich der Temperaturdehnung und -verformung
I_f	Wärmestrom durch Strahlung aus einer Öffnung
I_z	Strahlungswärmefluss von einer Flamme zu der Trägerseite;
$I_{z,i}$	Strahlungswärmefluss von der Flamme zu einer Stützenseite;
L	Systemlänge einer Stütze im relevanten Geschoss
L_H	horizontale Projektion der Flamme (von der Fassade)
L_i	Länge entlang der Achse zwischen Öffnung und dem relevanten Punkt
L_L	Flammenhöhe (über der Öffnung)
L_x	Abstand von der Öffnung, gemessen entlang der Flammenachse
$M_{b,Rd}$	Bemessungswert der Biegedrillknickmomententragfähigkeit für die Bemessung bei Normaltemperatur nach EN 1999-1-1
$M_{fi,Ed}$	Bemessungswert des Moments im Brandfall
$M_{b,fi,t,Rd}$	Bemessungswert der Biegedrillknickbeanspruchbarkeit im Brandfall zum Zeitpunkt t ;
$M_{fi,t,Rd}$	Bemessungswert der Momententragfähigkeit im Brandfall zum Zeitpunkt t eines Querschnitts mit ungleichförmiger Temperaturverteilung

M_{Rd}	Bemessungswert der Momententragfähigkeit des Querschnitts für die Bemessung bei Normaltemperatur, entweder $M_{c,Rd}$ oder $M_{u,Rd}$
$N_{b,Rd}$	Grenznormalkraft (Biegeknicken) eines druckbeanspruchten Bauteils für Bemessung bei Normaltemperatur nach EN 1999-1-1
$N_{fi,Ed}$	Bemessungswert der Normalkraft im Brandfall
$N_{b,fi,t,Rd}$	Bemessungswert der Grenznormalkraft (Biegeknicken) im Brandfall zum Zeitpunkt t eines druckbeanspruchten Bauteils
$N_{fi,t,Rd}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit im Brandfall zum Zeitpunkt t eines auf Zug beanspruchten Bauteils mit ungleichförmiger Temperaturverteilung über den Querschnitt
$N_{fi,q,Rd}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit eines auf Zug beanspruchten Bauteils mit gleichförmiger Querschnittstemperatur θ_{al}
$R_{fi,d,t}$	Bemessungswert der Tragfähigkeit im Brandfall zum Zeitpunkt t
T_f	Brandtemperatur [K]
T_m	Temperatur des Aluminiumbauteils [K]
T_o	Flammentemperatur an der Öffnung [K]
T_x	Flammentemperatur an der Flammenspitze [813 K]
T_z	Flammentemperatur [K]
$T_{z,1}$	Flammentemperatur [K] nach prEN 1991-1-2:20XX, Anhang B, an einer Trägerunterkante
$T_{z,2}$	Flammentemperatur [K] nach prEN 1991-1-2:20XX, Anhang B, an einer Trägersoberkante
V	längenbezogenes Volumen des Bauteils
V_{Rd}	die Querkrafttragfähigkeit des Nettoquerschnitts für Bemessung bei Normaltemperatur nach EN 1999-1-1.
$V_{fi,Ed}$	Bemessungswert der Querkraft im Brandfall
$V_{fi,t,Rd}$	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit im Brandfall zum Zeitpunkt t
X_k	charakteristischer Wert einer Festigkeits- oder Verformungseigenschaft (im Allgemeinen f_k oder E_k) bei der Bemessung für Normaltemperatur nach EN 1999-1-1

Lateinische Kleinbuchstaben:

a_z	Absorptionswert der Flammen
c_{al}	spezifische Wärmekapazität von Aluminium
c_p	spezifische Wärmekapazität des Brandschutzmaterials
d_{eq}	effektive Bauteilquerschnittsabmessung

d_f	Flammendicke
d_i	Querschnittsabmessung der Bauteilseite i
d_p	Dicke des Brandschutzmaterials
$f_{o,\theta}$	Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze bei erhöhten Temperaturen, θ_{al}
h_{eq}	äquivalente Höhe der Öffnung
$h_{net,d}$	flächenbezogener Bemessungswert des Netto-Wärmestroms
h_z	Höhe der Flammenspitze über der Trägerunterkante
k_θ	bezogener Wert einer Festigkeits- oder Verformungseigenschaft von Aluminium bei erhöhter Temperatur θ_a
$k_{o,\theta}$	Abminderungsfaktor für die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze bei der Temperatur θ_{al}
$k_{o,\theta,i}$	Abminderungsfaktor für Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze bei der Temperatur θ_i in der Teilfläche A_i
$k_{o,\theta,max}$	Abminderungsfaktor für die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze bei der maximalen Aluminiumtemperatur
k_{sh}	Korrekturbeiwert für die Abschattung
l	Länge bei 20 °C; ein Abstand von der Öffnung, gemessen entlang der Flammenachse
l_{fi}	Knicklänge einer Stütze für die Bemessung im Brandfall
m	Anzahl der Öffnungen auf der Seite m
n	Anzahl der Öffnungen auf der Seite n
s	horizontaler Abstand der Stützenachse zur Wand eines Brandabschnitts
t	Dauer der Brandbeanspruchung
w_t	Breite einer Öffnung
z_i	Abstand des Schwerpunktes der Teilfläche A_i von der plastischen Nulllinie

Griechische Kleinbuchstaben:

α_c	konvektiver Wärmeübergangskoeffizient [kW/m²K]
α_r	Wärmeübergangskoeffizient für Strahlung [kW/m²K]
$\gamma_{M,fi}$	Teilsicherheitsbeiwert für die betrachtete Werkstoffeigenschaft im Brandfall
η_{fi}	auf E_d angewendeter Abminderungsfaktor, um $E_{fi,d}$ zu ermitteln
θ	Temperatur, in °C

θ_{al}	Aluminiumtemperatur
$\theta_{(t)}$	Umgebungstemperatur des Brandraums zur Zeit t (°C)
$\theta_{\text{al}(t)}$	Aluminiumtemperatur zur Zeit t (°C)
$\theta_{\text{al,max}}$	zum Zeitpunkt t erreichte maximale Temperatur des Querschnitts
ε_{f}	Emissionswert einer Flamme; Emissionswert für eine Öffnung
ε_{m}	Emissivität der Oberfläche eines Bauteils
ε_{z}	Emissionswert einer Flamme
$\varepsilon_{\text{z,m}}$	Gesamtemissionswert der Flammen auf der Seite m
$\varepsilon_{\text{z,n}}$	Gesamtemissionswert der Flammen auf der Seite n
κ	Anpassungsfaktor
λ_{al}	Wärmeleitfähigkeit von Aluminium
λ_{p}	Wärmeleitfähigkeit des Brandschutzmaterials
μ_0	Ausnutzungsgrad zum Zeitpunkt $t = 0$
ρ_{al}	Dichte des Aluminiums
ρ_{p}	Rohdichte des Brandschutzmaterials
σ	Stefan-Boltzmann-Konstante [$56,7 \times 10^{-12} \text{ kW}/(\text{m}^2\text{K}^4)$]
ϕ_{f}	Gesamtkonfigurationsfaktor des Bauteils für die Wärmestrahlung aus der Öffnung
$\phi_{\text{f,i}}$	Konfigurationsfaktor einer Bauteilseite i zu der Öffnung
ϕ_{z}	Gesamtkonfigurationsfaktor des Bauteils für die Wärmestrahlung der Flamme
$\phi_{\text{z,i}}$	Konfigurationsfaktor einer Bauteilseite i für eine Flamme
$\phi_{\text{z,m}}$	Gesamtkonfigurationsfaktor der Stütze für die Wärmestrahlung der Flammen auf der Seite m
$\phi_{\text{z,n}}$	Gesamtkonfigurationsfaktor der Stütze für die Wärmestrahlung der Flammen auf der Seite n
μ_0	Ausnutzungsgrad zum Zeitpunkt $t = 0$
ρ_{al}	Dichte des Aluminiums
ρ_{p}	Rohdichte des Brandschutzmaterials

4 Grundlagen der Bemessung

4.1 Allgemeines

(1) Falls Tragfähigkeit im Brandfall gefordert wird, müssen Tragwerke aus Aluminium so konstruiert und bemessen werden, dass ihre Tragfähigkeitsfunktion während der maßgebenden Brandbeanspruchung aufrechterhalten bleibt.

(2) Die Verformungskriterien müssen angewendet werden, wenn die Schutzmaßnahmen die Berücksichtigung der Verformung der lastabtragenden Konstruktion erfordern.

(3) Die Berücksichtigung der Verformung der lastabtragenden Konstruktion darf vernachlässigt werden, wenn die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen nach 5.2.2 bewertet wurde.

(4) Die Verformungskriterien müssen angewendet werden, wenn die Bemessungskriterien für raumabschließende Bauteile die Berücksichtigung der Verformung der lastabtragenden Konstruktion erfordern.

(5) Die Berücksichtigung der Verformung der lastabtragenden Konstruktion darf vernachlässigt werden, wenn die raumabschließenden Bauteile die Anforderungen bei einer Normbrandbeanspruchung erfüllen, siehe 4.2.

4.2 Brandbeanspruchung mit nomineller Brandkurve

(1) Bei einer Beanspruchung durch die Einheits-Temperaturzeitkurve müssen die Bauteile die folgende Funktion nach EN 1991-1-2 erfüllen:

— ausschließlich lastabtragende Funktion: mechanische Tragfähigkeit (R).

(2) Es darf angenommen werden, dass die Funktion R erfüllt ist, wenn die Tragfähigkeit über die geforderte Dauer der Brandbeanspruchung erhalten bleibt.

(3) Bei der Verwendung der externen Brandkurve muss die gleiche Funktion gelten, wobei der Bezug auf diese spezielle Kurve durch die Buchstaben „ef“ kenntlich gemacht wird.

4.3 Physikalisch begründete Brandbeanspruchung

(1) Die lastabtragende Funktion darf als sichergestellt betrachtet werden, wenn kein Versagen während der gesamten Brandeinwirkung einschließlich der Abkühlphase oder innerhalb einer nach prEN 1991-1-2:20XX, 4.4 (4), geforderten Widerstandsdauer eintritt.

4.4 Einwirkungen

(1) Die thermischen und mechanischen Einwirkungen müssen EN 1991-1-2 entnommen werden.

4.5 Bemessungswerte der Materialeigenschaften

(1) Die Bemessungswerte der mechanischen Materialeigenschaften (Festigkeit und Steifigkeit) $X_{fi,d}$ werden in Gleichung (4.1) festgelegt:

$$X_{fi,d} = k_{\theta} X_k / \gamma_{M,fi} \quad (4.1)$$

Dabei ist

- X_k der charakteristische Wert einer Festigkeits- oder Steifigkeitseigenschaft (im Allgemeinen f_k oder E_k) bei der Bemessung für Normaltemperatur nach EN 1999-1-1;
- k_θ der temperaturabhängige Abminderungsfaktor einer Festigkeits- oder Steifigkeitseigenschaft ($X_{k,\theta}/X_k$);
- $\gamma_{M,fi}$ der Teilsicherheitsbeiwert für die betrachtete mechanische Werkstoffeigenschaft im Brandfall.

ANMERKUNG Der Wert von $\gamma_{M,fi}$ beträgt 1,0, es sei denn im Nationalen Anhang wird ein anderer Wert angegeben.

(2) Die Bemessungswerte der thermischen Materialeigenschaften im Brandfall müssen als ihren charakteristischen Werten entsprechend angenommen werden, siehe Abschnitt 5.

ANMERKUNG Die charakteristischen Werte der thermischen Materialeigenschaften entsprechen den Mittelwerten.

4.6 Nachweisverfahren

(1) Die mechanische Tragfähigkeit muss für die geforderte Dauer der Brandbeanspruchung t nach Gleichung (4.2) nachgewiesen werden:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t} \quad (4.2)$$

Dabei ist

- $E_{fi,d}$ der Bemessungswert der Einwirkungen im Brandfall nach prEN 1991-1-2:20XX, 6.3, einschließlich temperaturbedingter Längenänderungen und Durchbiegungen;
- $R_{fi,d,t}$ der entsprechende Bemessungswert der Tragfähigkeit im Brandfall bei erhöhter Temperatur.

4.7 Statische Berechnung

4.7.1 Allgemeines

(1) Das Tragwerksmodell, das der Bemessung zugrunde gelegt wird, muss das Tragverhalten der Konstruktion im Brandfall widerspiegeln.

(2) Die statische Berechnung im Brandfall sollte nach prEN 1990:2020, 5.1 durchgeführt werden.

ANMERKUNG 1 Für den Nachweis der Tragfähigkeitsanforderungen auf Grundlage der Einheits-Brandkurve ist eine Bauteilberechnung ausreichend.

ANMERKUNG 2 Wenn die in diesem Teil von EN 1999 angegebenen Anwendungsregeln ausschließlich für die Einheits-Brandkurve gültig sind, dann wird in den entsprechenden Abschnitten darauf hingewiesen.

(3) Die folgenden Bemessungsverfahren dürfen angewendet werden, um 4.6 (2) zu erfüllen:

- die Verwendung von tabellierten Daten für spezifische Bauteilarten, siehe Abschnitt 6;
- die Anwendung von vereinfachten Bemessungsverfahren für spezifische Bauteilarten, siehe Abschnitt 7;
- die Anwendung von allgemeinen Bemessungsverfahren für die Berechnung von Bauteilen, Teilen des Tragwerks oder des Gesamttragwerks, siehe Abschnitt 8.

(4) Alternativ zu einer Bemessung mit den rechnerischen Nachweismethoden darf sich die Bemessung im Brandfall auch auf Ergebnisse von Brandversuchen oder auf Brandversuche in Verbindung mit Berechnungen stützen.

4.7.2 Bauteilberechnung

(1) Bei der Durchführung einer Bauteilberechnung sollte die Größe der Einwirkung für die Zeit $t = 0$ unter Verwendung der Kombinationsfaktoren nach prEN 1991-1-2:20XX, 6.3.1, bestimmt werden.

ANMERKUNG Der Wert des Abminderungsfaktors η_{fi} nach prEN 1991-1-2:20XX, Gleichung (6.1), beträgt 0,7, es sei denn im Nationalen Anhang wird ein anderer Wert angegeben.

(2) Als Vereinfachung zu (1), darf die Größe der Einwirkung $E_{fi,d}$ aus der statischen Berechnung für die Bemessung bei Normaltemperatur abgeleitet werden:

$$E_{fi,d} = h_{fi} E_d \quad (4.3)$$

Dabei ist

E_d der Bemessungswert für die entsprechende Schnittgröße aus der Bemessung bei Normaltemperatur für eine Grundkombination der Einwirkungen (siehe prEN 1990:2020, 8.3.4.2);

h_{fi} ein auf E_d angewendeter Abminderungsfaktor, um $E_{fi,d}$ zu ermitteln.

ANMERKUNG Der Wert von h_{fi} ist 0,65; allerdings ist der Wert für Verkehrslasten der Lastgruppe E nach EN 1991-1-1 $h_{fi} = 0,7$ (Bereiche, wo eine Anhäufung von Gegenständen zu erwarten ist; einschließlich Zugangsbereiche), es sei denn im Nationalen Anhang werden andere Werte angegeben.

(3) Die temperaturbedingten Verformungen, die aus Temperaturgradienten über den Querschnitt resultieren, müssen berücksichtigt werden. Die Auswirkungen axialer oder ebener thermischer Dehnung dürfen vernachlässigt werden.

(4) Die kinematischen Randbedingungen an Auflagern und Enden von Bauteilen, die zum Zeitpunkt $t = 0$ gelten, dürfen während des gesamten Brandverlaufes als unveränderlich angenommen werden.

(5) Tabulierte Bemessungsdaten, vereinfachte oder allgemeine Bemessungsverfahren nach Abschnitt 6, Abschnitt 7 bzw. Abschnitt 8, dürfen für den Nachweis von Bauteilen im Brandfall als geeignet betrachtet werden.

4.7.3 Teiltragwerksberechnung

(1) Bei der Durchführung einer Teiltragwerksberechnung sollte die Größe der Einwirkung für die Zeit $t = 0$ unter Verwendung der Kombinationsfaktoren nach EN 1991-1-2:20XX, 6.3.1, bestimmt werden.

(2) Für das zu bemessene Teiltragwerk müssen die maßgebende Versagensart im Brandfall, die temperaturabhängigen Materialparameter und Bauteilsteifigkeiten sowie Auswirkungen von temperaturabhängigen Ausdehnungen und Verformungen (indirekte Einwirkungen im Brandfall) berücksichtigt werden.

(3) Das zu bemessene Teiltragwerk sollte auf Basis der zu erwartenden temperaturbedingten Längenänderungen und Verformungen so ausgewählt werden, dass sein Zusammenwirken mit anderen Tragwerksteilen durch zeitunabhängige Lagerungs- und Randbedingungen während der Brandbeanspruchung angenähert werden kann.

(4) Alternativ zu (1) dürfen die Schnittgrößen an den Auflagern und Rändern des Teiltragwerks aus der statischen Berechnung für die Bemessung bei Normaltemperatur nach 4.7.2 ermittelt werden.

4.7.4 Gesamttragwerksberechnung

(1) Gesamttragwerksberechnungen für den Brandfall müssen berücksichtigen:

- die maßgebende Versagensart im Brandfall;
- die temperaturabhängigen Werkstoffeigenschaften und Bauteilsteifigkeiten;
- die Auswirkungen temperaturbedingter Ausdehnungen und Verformungen (indirekte Einwirkungen im Brandfall).

5 Werkstoffeigenschaften

5.1 Allgemeines

(1) Die in Abschnitt 5 angegebenen Werte der Werkstoffeigenschaften müssen als charakteristische Werte betrachtet werden, es sei denn, sie werden direkt als Bemessungswerte angegeben (siehe 4.5).

(2) Die mechanischen Werkstoffeigenschaften von Aluminiumlegierungen bei einer Normaltemperatur von 20 °C müssen EN 1999-1-1 hinsichtlich der Bemessung bei Normaltemperatur entnommen werden.

5.2 Thermische Eigenschaften

5.2.1 Aluminiumlegierungen

5.2.1.1 Thermische Dehnung

(1) Die bezogene thermische Dehnung von Aluminiumlegierungen $\Delta l/l$ sollte nach Gleichung (5.1) bestimmt werden:

für $0\text{ °C} < \theta_{\text{al}} < 500\text{ °C}$

$$\Delta l/l = 0,1 \cdot 10^{-7} \theta_{\text{al}}^2 + 22,5 \cdot 10^{-6} \theta_{\text{al}} - 4,5 \cdot 10^{-4} \quad (5.1)$$

Dabei ist

l die Länge bei 20 °C;

Δl die temperaturbedingte Dehnung des Bauteils.

ANMERKUNG Den Verlauf der bezogenen thermischen Dehnung in Abhängigkeit von der Temperatur zeigt Bild 5.1.

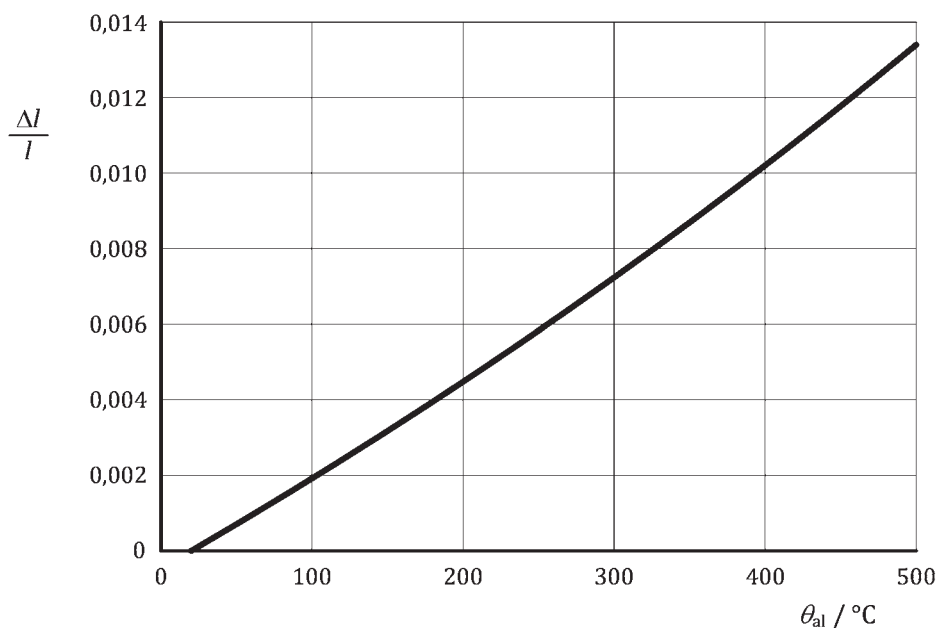


Bild 5.1 — Bezogene thermische Dehnung von Aluminiumlegierungen als Funktion der Temperatur

5.2.1.2 Spezifische Wärme

(1) Die spezifische Wärme von Aluminium c_{al} sollte nach Gleichung (5.2) bestimmt werden:

für $0\text{ }^\circ\text{C} < \theta_{al} < 500\text{ }^\circ\text{C}$

$$c_{al} = 0,41 \theta_{al} + 903 \text{ (J/kg } ^\circ\text{C)} \quad (5.2)$$

ANMERKUNG Den Verlauf der spezifischen Wärme zeigt Bild 5.2.

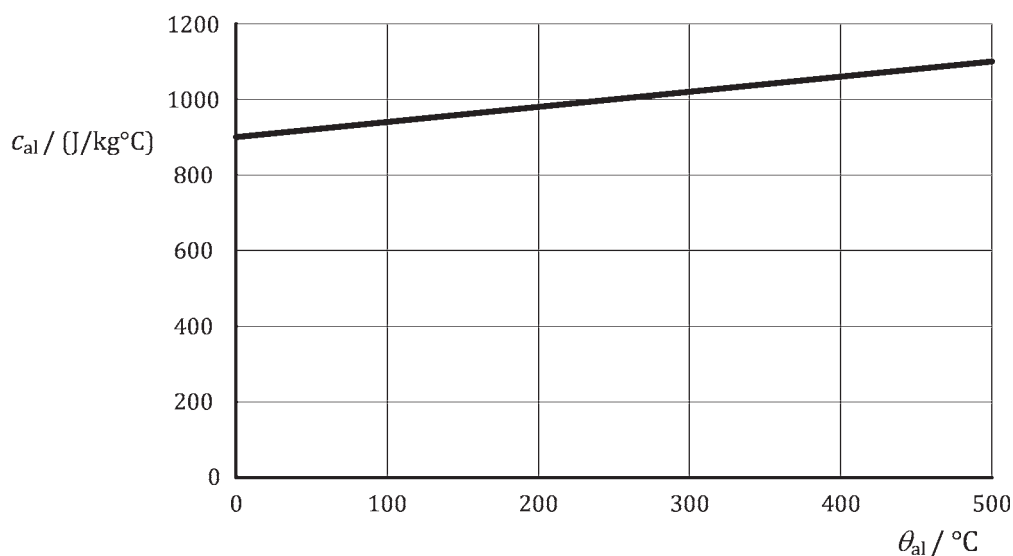


Bild 5.2 — Spezifische Wärme von Aluminiumlegierungen als Funktion der Temperatur

5.2.1.3 Wärmeleitfähigkeit

(1) Die Wärmeleitfähigkeit einer Aluminiumlegierung, λ_{al} , für $0\text{ °C} < \theta_{al} < 500\text{ °C}$ sollte nach Gleichung (5.3) und Gleichung (5.4) bestimmt werden:

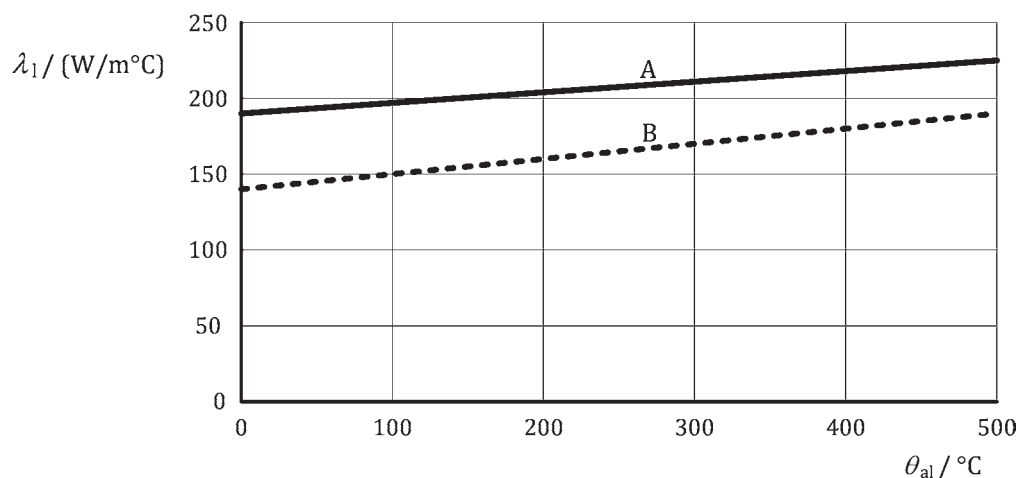
— für Legierungen in 3xxx- und 6xxx-er Serien:

$$\lambda_{al} = 0,07 \theta_{al} + 190 \text{ (W/m°C)} \quad (5.3)$$

— für Legierungen in 5xxx- und 7xxx-er Serien:

$$\lambda_{al} = 0,1 \theta_{al} + 140 \text{ (W/m°C)} \quad (5.4)$$

ANMERKUNG Den Verlauf der Wärmeleitfähigkeit zeigt Bild 5.3.



Legende

A 3xxx, 6xxx-er Serien

B 5xxx, 7xxx-er Serien

Bild 5.3 — Wärmeleitfähigkeit als Funktion der Temperatur

5.2.1.4 Emissivitätskoeffizient

(1) In Ergänzung zu EN 1991-1-2, muss der Emissivitätskoeffizient für die Aluminiumoberfläche, e_m , für saubere, unverdeckte Oberflächen mit 0,3 und für beschichtete und verdeckte (z. B. verrußte) Oberflächen mit 0,7 angesetzt werden.

5.2.2 Brandschutzbekleidungen

(1) Die Eigenschaften und das Verhalten des zur Bemessung verwendeten Brandschutzmaterials sollten beurteilt werden, um sicherzustellen, dass die Brandschutzbekleidung während der entsprechenden Brandbeanspruchung an den Befestigungspunkten haften bleibt.

ANMERKUNG Ein Nachweis für die Eigenschaften von Brandschutzbekleidung wird in der Regel auf der Grundlage von Versuchen geführt. Eine Europäische Norm für die Prüfung derartiger Materialien in Verbindung mit Aluminiumtragwerken wird derzeit unter dem Arbeitstitel „CEN Work Item WI 00127357 *Protection of aluminium systems*“ erarbeitet.

5.3 Mechanische Eigenschaften von Aluminiumlegierungen

5.3.1 Festigkeits- und Verformungseigenschaften

(1) Die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze sollte für unterschiedliche Aluminiumlegierungen bei erhöhten Temperaturen unter Verwendung von Tabelle 5.1 nach Gleichung (5.5) bewertet werden; sie gilt für Brandbeanspruchung bis zu 2 Stunden:

$$f_{0,\theta} = k_{0,\theta} \cdot f_0 \quad (5.5)$$

Dabei ist

$f_{0,\theta}$ die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze bei erhöhten Temperaturen;

f_0 die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze bei Raumtemperatur nach EN 1999-1-1;

$k_{0,\theta}$ der Abminderungsfaktor.

(2) Für Zwischenwerte der Aluminiumtemperatur darf Bild 5.4 oder Bild 5.5 verwendet oder linear interpoliert werden.

Tabelle 5.1 — Abminderungsfaktor $k_{0,\theta}$ für die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze von Aluminiumlegierungen bei erhöhten Temperaturen und einer Temperaturbeanspruchung bis zu 2 Stunden

Legierung	Zustand	Temperatur der Aluminiumlegierung °C							
		20	100	150	200	250	300	350	550
EN AW-3004	H34	1,00	1,00	0,98	0,57	0,31	0,19	0,13	0
EN AW-5005	O	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	0,58	0,39	0
EN AW-5005	H14 ^a	1,00	0,93	0,87	0,66	0,37	0,19	0,10	0
EN AW-5052	H34 ^b	1,00	1,00	0,92	0,52	0,29	0,20	0,12	0
EN AW-5083	O	1,00	1,00	0,98	0,90	0,75	0,40	0,22	0
EN AW-5083	H12 ^c	1,00	1,00	0,80	0,60	0,31	0,16	0,10	0
EN AW-5454	O	1,00	1,00	0,96	0,88	0,50	0,32	0,21	0
EN AW-5454	H34	1,00	1,00	0,85	0,58	0,34	0,24	0,15	0
EN AW-6061	T6	1,00	0,95	0,91	0,79	0,55	0,31	0,10	0
EN AW-6063	T5	1,00	0,92	0,87	0,76	0,49	0,29	0,14	0
EN AW-6063	T6 ^d	1,00	0,91	0,84	0,71	0,38	0,19	0,09	0
EN AW-6082	T4 ^e	1,00	1,00	0,84	0,77	0,77	0,34	0,19	0
EN AW-6082	T6	1,00	0,90	0,79	0,65	0,38	0,20	0,11	0

^a Die Werte dürfen auch für Zustand H24/H34/H12/H32 verwendet werden.

^b Die Werte dürfen auch für Zustand H12/H22/H32 verwendet werden.

^c Die Werte dürfen auch für Zustand H22/H32 verwendet werden.

^d Die Werte dürfen auch für EN AW-6060 T6 und T66 verwendet werden.

^e Die Werte enthalten keinen Anstieg der Beanspruchbarkeit aufgrund von Alterungseffekten. Es wird empfohlen, solche Effekte zu ignorieren.

(3) Die 0,2 %-Dehngrenze von Aluminiumlegierungen bei erhöhten Temperaturen, die nicht durch Tabelle 5.1 abgedeckt, aber in prEN 1999-1-1:20XX, Tabelle 5.3 und Tabelle 5.4, aufgeführt sind, sollten durch Versuche dokumentiert werden; ansonsten dürfen die unteren Grenzwerte für die 0,2 %-Dehngrenze, unter Verwendung der Werte des Abminderungsfaktors $k_{0,\theta}$ nach Tabelle 5.2, verwendet werden.

Tabelle 5.2 — Untere Grenzwerte des Abminderungsfaktors $k_{0,\theta}$ für die Spannung an der 0,2%-Dehngrenze von Aluminiumlegierungen bei erhöhten Temperaturen und einer Temperaturbeanspruchung bis zu 2 Stunden

	Temperatur der Aluminiumlegierung °C							
	20	100	150	200	250	300	350	550
Unterer Grenzwert	1,00	0,90	0,75	0,50	0,23	0,11	0,06	0

ANMERKUNG Der Anhang A gibt Hinweise zu Festigkeitsreduktionsfaktoren $k_{0,\theta}$ für einige Legierungen und Zustände, die nicht in prEN 1999-1-1:20XX, Tabelle 5.3 und Tabelle 5.4 aufgelistet sind. Die 0,2 %-Dehngrenze des Materials bei Raumtemperatur f_0 kann EN 485-2 oder EN 755-2 entnommen werden.

(4) Der Elastizitätsmodul von Aluminiumlegierungen bei erhöhten Temperaturen $E_{al,\theta}$, nach zweistündiger Temperaturbeanspruchung sollte Tabelle 5.3 entnommen werden.

Tabelle 5.3 — Elastizitätsmodul $E_{al,\theta}$ von Aluminiumlegierungen bei erhöhten Temperaturen und zweistündiger Temperaturbeanspruchung

Temperatur der Aluminiumlegierung, θ (°C)	Elastizitätsmodul, $E_{al,\theta}$ (N/mm ²)
20	70 000
50	69 300
100	67 900
150	65 100
200	60 200
250	54 600
300	47 600
350	37 800
400	28 000
550	0

(5) Der Abminderungsfaktor $k_{0,\theta}$, für die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze und das Verhältnis $E_{al,\theta}/E_{al}$ von Aluminiumlegierungen bei der erhöhten Temperatur $\theta_{al}/^{\circ}\text{C}$ nach Bild 5.4 und Bild 5.5 sollten für eine Temperaturbeanspruchung bis zu 2 Stunden verwendet werden.

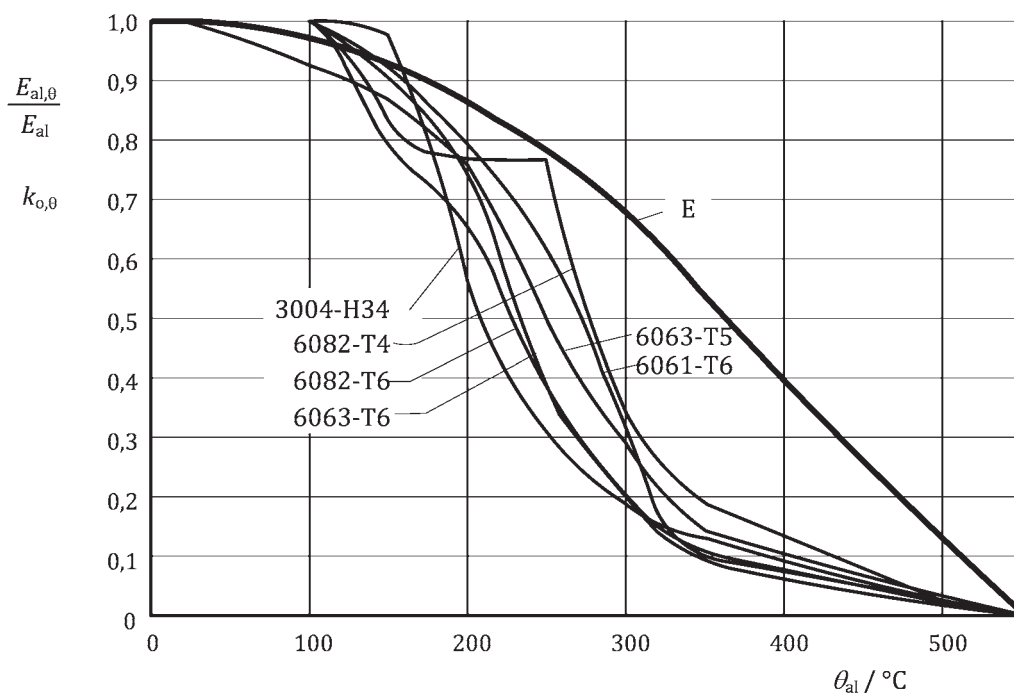


Bild 5.4 — Der Abminderungsfaktor $k_{o,\theta}$ für die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze und das Verhältnis $E = E_{al,\theta}/E_{al}$ von Aluminiumlegierungen bei der erhöhten Temperatur $\theta_{al}/^{\circ}\text{C}$ mit einer Temperaturbeanspruchung bis zu 2 h, EN-AW 3004 und 6xxx-Legierungen aus Tabelle 5.1

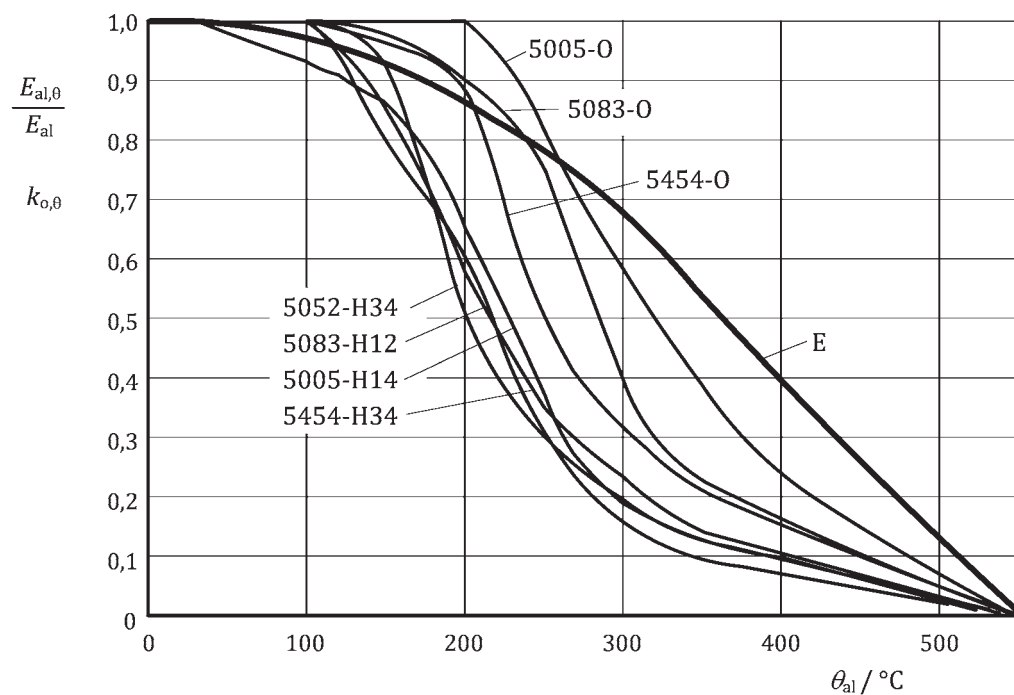


Bild 5.5 — Der Abminderungsfaktor $k_{o,\theta}$ für die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze und das Verhältnis $E = E_{al,\theta}/E_{al}$ von Aluminiumlegierungen bei der erhöhten Temperatur $\theta_{al}/^{\circ}\text{C}$ mit einer Temperaturbeanspruchung bis zu 2 h, 5xxx-Legierungen aus Tabelle 5.1

5.3.2 Rohdichte

(1) Die Rohdichte von Aluminium ρ_{al} darf als temperaturunabhängig betrachtet werden. Der folgende Wert sollte verwendet werden:

$$\rho_{al} = 2\,700 \text{ kg/m}^3$$

6 Tabellierte Bemessungsdaten

(1) Tabellierte Bemessungsdaten dürfen verwendet werden, um anerkannte Bemessungslösungen, die im Allgemeinen in Zusammenhang zur Querschnittstypologie (Abmessungen) stehen, ohne Rückgriff auf irgendeine Form von Gleichgewichtsgleichung zu ermitteln.

ANMERKUNG Dieses Dokument enthält keine tabellierten Bemessungsdaten.

(2) Tabellierte Daten dürfen durch Prüfungen, Berechnungsmodelle oder eine Kombination davon erzielt werden, und sie dürfen entweder in Form einer Tabelle oder einer Gleichung dargestellt werden.

(3) Tabellierte Bemessungsdaten sollten im Vergleich mit relevanten Prüfungen oder vereinfachten oder allgemeinen Bemessungsverfahren konservative Ergebnisse ergeben. Sie dürfen ausschließlich im Rahmen ihres Anwendungsbereiches ohne eine darüberhinausgehende Extrapolation angewendet werden.

7 Vereinfachte Bemessungsverfahren

7.1 Allgemeines

(1) Vereinfachte Bemessungsverfahren dürfen auf Grundlage von allgemeinen Gleichgewichtsgleichungen (en: global equilibrium equations) angewendet werden.

ANMERKUNG Das Lösen der allgemeinen Gleichgewichtsgleichung eines vereinfachten Bemessungsverfahrens führt zur Bestimmung einer einzelnen Größe: z. B. einer Temperatur in einem Querschnitt oder einem Teil davon, einer Tragfähigkeit für einen Querschnitt oder ein Bauteil.

(2) Allgemeine Bemessungsmodelle sollten im Vergleich mit relevanten Prüfungen oder allgemeinen Bemessungsverfahren konservative Ergebnisse ergeben. (8) sollte beachtet werden.

(3) Die Tragfähigkeit eines Aluminiumtragwerks oder -bauteils ist innerhalb einer Zeit t im Brandfall als sichergestellt anzusehen, wenn Gleichung (7.1) erfüllt wird:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t} \quad (7.1)$$

Dabei ist

$E_{fi,d}$ der Bemessungswert der Beanspruchung im Brandfall nach EN 1991-1-2;

$R_{fi,d,t}$ der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit von Aluminiumtragwerken oder -bauteilen im Brandfall zu einem Zeitpunkt t .

(4) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit $R_{fi,d,t}$ zum Zeitpunkt t sollte, üblicherweise mit der Annahme einer gleichförmigen Temperaturverteilung im Querschnitt, durch Veränderung der Bemessungstragfähigkeit für die Bemessung bei Normaltemperatur nach EN 1999-1-1 bestimmt werden, um die mechanischen Eigenschaften von Aluminiumlegierungen bei erhöhter Temperatur zu berücksichtigen, siehe 7.2.

ANMERKUNG In 7.2 wird $R_{fi,d,t}$ zu $M_{fi,t,Rd}$, $N_{fi,t,Rd}$ usw. (einzeln oder kombiniert) und die entsprechenden Werte von $M_{fi,Ed}$, $N_{fi,Ed}$ usw. stehen für $E_{fi,d}$.

(5) Falls eine ungleichförmige Temperaturverteilung verwendet wird, darf die Bemessungstragfähigkeit $R_{fi,d,t}$ auf Grundlage der Temperaturverteilung des Bauteils bestimmt werden.

(6) Der Feuerwiderstand einer Schraub- oder Schweißverbindung darf als ausreichend betrachtet werden, sofern die folgenden Bedingungen erfüllt werden:

- a) Der thermische Widerstand $(d_p/\lambda_p)_c$ der Brandschutzbekleidung der Verbindung ist gleich oder größer als der kleinste Wert des thermischen Widerstandes $(d_p/\lambda_p)_m$ der Brandschutzbekleidung der anschließenden Bauteile;

Dabei ist

d_p die Dicke des Brandschutzmaterials ($d_p = 0$ für nicht geschützte Bauteile);

λ_p die wirksame Wärmeleitfähigkeit des Brandschutzmaterials.

- b) Der Ausnutzungsgrad der Verbindung ist gleich oder größer als der Höchstwert des Ausnutzungsgrads der anschließenden Bauteile.

Als eine Vereinfachung darf der Vergleich des Ausnutzungsgrades in der Verbindung und verbundenen Bauteilen bei Normaltemperatur durchgeführt werden.

(7) Bei geschweißten Verbindungen sollte der Festigkeitsabfall im Bereich der Wärmeeinflusszone berücksichtigt werden.

(8) Es sollte davon ausgegangen werden, dass (2), (3) und (5) entsprochen wird, wenn zum Zeitpunkt t die Aluminiumtemperatur θ_{al} an allen Querschnitten nicht mehr als 170 °C beträgt.

7.2 Tragfähigkeit

7.2.1 Querschnittsklassifizierung

(1) Für die Bemessung im Brandfall darf die Querschnittsklassifizierung wie für die Bemessung bei Normaltemperatur nach prEN 1999-1-1:2021, 8.1.4, vorgenommen werden.

ANMERKUNG Diese Regel basiert auf dem gleichen relativen Abfall der 0,2 %-Dehngrenze und des Elastizitätsmoduls. Wenn der tatsächliche Abfall des Elastizitätsmoduls nach Bild 5.1 verwendet wird, kann sich die Querschnittsklasse ändern, gegebenenfalls ergibt sich eine günstigere Klassenzugehörigkeit. Der Nationale Anhang kann dazu Berücksichtigungsmöglichkeiten festlegen.

7.2.2 Zugbeanspruchte Bauteile

(1) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit $N_{fi,t,Rd}$ zum Zeitpunkt t eines auf Zug beanspruchten Bauteils mit ungleichförmiger Temperaturverteilung über den Querschnitt sollte nach Gleichung (7.2) berechnet werden:

$$N_{fi,t,Rd} = \sum A_i k_{0,\theta,i} f_o / \gamma_{M,fi} \quad (7.2)$$

Dabei ist

A_i die Teilfläche des Nettoquerschnitts mit der Temperatur θ_i , einschließlich einer Abminderung zur Berücksichtigung des Einflusses der Entfestigung in der WEZ. Die Abminderung beruht auf einer verminderten Dicke $\rho_{0,HAZ,t}$;

$k_{0,\theta,i}$ der Abminderungsfaktor für Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze mit der Temperatur θ_i in der Teilfläche A_i .

(2) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit $N_{fi,\theta,Rd}$ eines auf Zug beanspruchten Bauteils mit gleichförmiger Querschnittstemperatur θ_{al} sollte nach Gleichung (7.3) bestimmt werden:

$$N_{fi,\theta,Rd} = k_{o,\theta} N_{Rd} (\gamma_{Mx} / \gamma_{M,fi}) \quad (7.3)$$

Dabei ist

N_{Rd} der Bemessungswert der Tragfähigkeit bei der Bemessung unter Normaltemperatur nach EN 1999-1-1. N_{Rd} ist entweder $N_{o,Rd}$ oder $N_{u,Rd}$;

γ_{Mx} der Teilsicherheitsbeiwert für die Werkstoffeigenschaft nach EN 1999-1-1. γ_{M1} wird in $N_{o,Rd}$ und γ_{M2} in $N_{u,Rd}$ verwendet.

(3) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit $N_{fi,\theta,Rd}$ sollte als die Kombination von N_{Rd} und γ_{Mx} ermittelt werden, die die geringste Tragfähigkeit ergibt.

7.2.3 Träger

(1) Der Bemessungswert der Momententragfähigkeit $M_{fi,t,Rd}$ von Querschnitten der Klassen 1 oder 2 zum Zeitpunkt t mit ungleichförmiger Temperaturverteilung über den Querschnitt sollte nach Gleichung (7.4) bestimmt werden:

$$M_{fi,t,Rd} = \sum A_i z_i k_{o,\theta,i} f_o / \gamma_{M,fi} \quad (7.4)$$

Dabei ist

z_i der Abstand des Schwerpunktes der Teilfläche A_i von der plastischen Nulllinie.

(2) Der Bemessungswert der Momententragfähigkeit $M_{fi,t,Rd}$ von Querschnitten der Klassen 3 oder 4 zum Zeitpunkt t mit ungleichförmiger Temperaturverteilung über den Querschnitt sollte nach Gleichung (7.5) bestimmt werden:

$$M_{fi,t,Rd} = k_{o,\theta_{max}} M_{Rd} (\gamma_{Mx} / \gamma_{M,fi}) \quad (7.5)$$

Dabei ist

$k_{o,\theta_{max}}$ der Abminderungsfaktor für die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze der Aluminiumlegierung bei einer Temperatur θ_{al} , die der zum Zeitpunkt t erreichten maximalen Temperatur $\theta_{al,max}$ entspricht;

M_{Rd} der Bemessungswert der Momententragfähigkeit des Querschnitts der Klasse 3 oder 4 für die Bemessung bei Normaltemperatur nach EN 1999-1-1. M_{Rd} ist entweder $M_{c,Rd}$ oder $M_{u,Rd}$;

γ_{Mx} ist der Teilsicherheitsbeiwert des Materials nach EN 1999-1-1; dabei sollte γ_{M1} in Kombination mit $M_{c,Rd}$ verwendet werden und γ_{M2} mit $M_{u,Rd}$.

Der Bemessungswert der Tragfähigkeit $M_{fi,t,Rd}$ sollte aus der Kombination von M_{Rd} und γ_{Mx} ermittelt werden, die die Momententragfähigkeit ergibt.

(3) Der Bemessungswert der Momententragfähigkeit $M_{fi,t,Rd}$ eines Querschnitts beliebiger Klasse zum Zeitpunkt t mit gleichförmiger Temperaturverteilung über den Querschnitt sollte nach Gleichung (7.6) bestimmt werden:

$$M_{fi,t,Rd} = k_{o,\theta} M_{Rd} (\gamma_{Mx} / \gamma_{M,fi}) \quad (7.6)$$

Dabei ist

- $k_{0,\theta}$ der Abminderungsfaktor für die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze der Festigkeit der Aluminiumlegierung bei einer Temperatur θ_{al} ;
- M_{Rd} der Bemessungswert der Momententragfähigkeit des Querschnitts für die Bemessung bei Normaltemperatur, entweder $M_{c,Rd}$ oder $M_{u,Rd}$;
- γ_{Mx} ist der Werkstoff nach EN 1999-1-1. γ_{M1} wird mit $M_{c,Rd}$ und γ_{M2} mit $M_{u,Rd}$ verwendet.

Der Bemessungswert der Tragfähigkeit $M_{fi,t,Rd}$ sollte aus der Kombination von M_{Rd} und γ_{Mx} ermittelt werden, die die geringste Tragfähigkeit ergibt.

(4) Für biegedrillknickgefährdete Träger, die nicht seitlich gehalten sind, sollte der Bemessungswert des Biegedrillknicktragfähigkeitsmoments $M_{b,fi,t,Rd}$ zum Zeitpunkt t nach Gleichung (7.7) bestimmt werden:

$$M_{b,fi,t,Rd} = k_{0,\theta,max} M_{b,Rd} (\gamma_{M1}/\gamma_{M,fi}) \quad (7.7)$$

Dabei ist

- $M_{b,Rd}$ der Bemessungswert des Biegedrillknicktragfähigkeitsmoments für die Bemessung bei Normaltemperatur nach EN 1999-1-1.

(5) Der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit $V_{fi,t,Rd}$ eines Trägers zum Zeitpunkt t sollte nach Gleichung (7.8) berechnet werden:

$$V_{fi,t,Rd} = k_{0,\theta} V_{Rd} (\gamma_{M1}/\gamma_{M,fi}) \quad (7.8)$$

Dabei ist

- $k_{0,\theta}$ der Abminderungsfaktor für die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze der Festigkeit der Aluminiumlegierung bei einer Temperatur θ_{al} , die der maximalen Temperatur von dem Querschnittsteil entspricht, der die Querkraft überträgt;
- V_{Rd} die Querkrafttragfähigkeit des Nettoquerschnitts für die Bemessung bei Normaltemperatur nach EN 1999-1-1.

ANMERKUNG Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit nach Gleichung (7.5), Gleichung (7.7) und Gleichung (7.8) basieren auf dem gleichen relativen Abfall der 0,2 %-Dehngrenze und des Elastizitätsmoduls bei erhöhten Temperaturen. Wenn der tatsächliche Abfall des Elastizitätsmoduls berücksichtigt wird, kann sich die Querschnittsklasse ändern, gegebenenfalls ergibt sich eine günstigere Klassenzugehörigkeit. Der Nationale Anhang kann dazu Berücksichtigungsmöglichkeiten festlegen.

7.2.4 Stützen

(1) Der Bemessungswert der Grenznormalkraft (Biegeknicken) zentrisch gedrückter Bauteile $N_{b,fi,t,Rd}$ zum Zeitpunkt t sollte nach Gleichung (7.9) bestimmt werden:

$$N_{b,fi,t,Rd} = k_{0,\theta,max} N_{b,Rd} (\gamma_{M1}/1,2 \gamma_{M,fi}) \quad (7.9)$$

Dabei ist

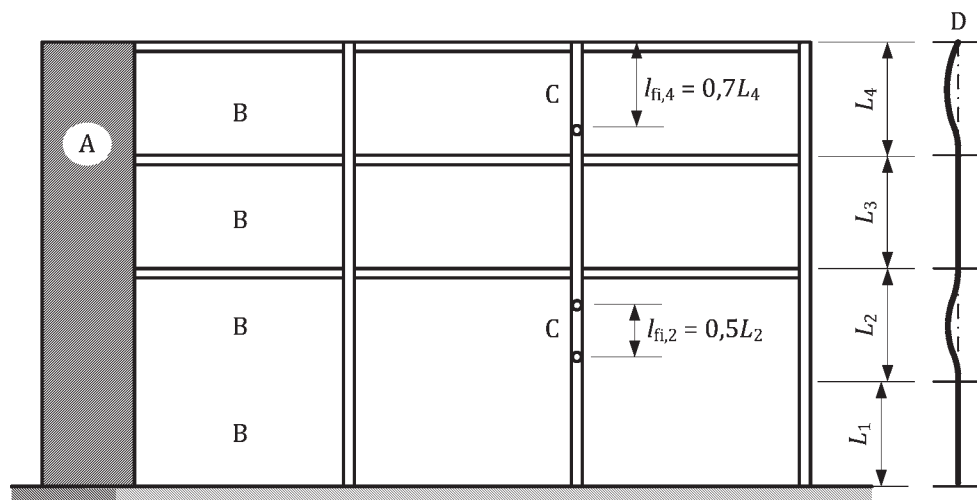
- $N_{b,Rd}$ der Bemessungswert der Grenznormalkraft für die Bemessung bei Normaltemperatur nach EN 1999-1-1;
- 1,2 der Abminderungsfaktor für den Bemessungswert der Tragfähigkeit aufgrund von temperaturbedingten Kriechdehnungen von Aluminiumlegierungen.

(2) Für die Bestimmung des bezogenen Schlankheitsgrades sollten die Bestimmungen der EN 1999-1-1 gelten.

(3) Für die Bestimmung der Knicklänge l_{fi} von Stützen sollten die Regeln nach EN 1999-1-1 gelten mit der im Folgenden aufgeführten Ausnahme: Stützen in einem betrachteten Stockwerk, die vollständig an die darüber und darunter liegenden Stützen angeschlossen sind, sollten in diesen Verbindungen als eingespannt angesehen werden, wenn die Feuerwiderstandsklassen der raumabschließenden Bauteile, die die Stockwerke trennen, mindestens gleich der Feuerwiderstandsklasse der Stützen sind.

(4) Im Falle von Rahmentragwerken, bei denen jedes Stockwerk als ein Brandabschnitt mit ausreichendem Feuerwiderstand angesehen wird, sollte die Knicklänge einer Stütze l_{fi} eines brandbeanspruchten mittleren Stockwerks mit $l_{fi} = 0,5L$ und für eine Stütze eines brandbeanspruchten obersten Stockwerks mit $l_{fi} = 0,7L$ angesetzt werden; dabei ist L die Systemlänge in dem betrachten Stockwerk, siehe Bild 7.1.

ANMERKUNG Der Bemessungswert der Tragfähigkeit nach Gleichung (7.9) basiert auf dem gleichen relativen Abfall der 0,2 %-Dehngrenze und des Elastizitätsmoduls. Wenn der tatsächliche Abfall des Elastizitätsmoduls berücksichtigt wird, kann sich die Querschnittsklasse ändern, gegebenenfalls ergibt sich eine günstigere Klassenzugehörigkeit. Der Nationale Anhang kann dazu Berücksichtigungsmöglichkeiten festlegen.



Legende

- A aussteifendes System
- B Brandabschnitt auf ein Stockwerk begrenzt
- C Knicklänge im Brandfall
- D Knickfigur im Brandfall

Bild 7.1 — Knicklängen l_{fi} von Stützen in ausgesteiften Tragwerken

(5) Der Bemessungswert der Grenztragfähigkeit eines Bauteils unter kombinierter Biege- und Druckbeanspruchung sollte nach EN 1999-1-1 bestimmt werden, unter Verwendung der Kombinationsregeln für die Bemessung unter Normaltemperatur:

$$N_{Ed} = N_{fi,Ed}$$

$$M_{y,Ed} = M_{y,fi,Ed}$$

$$M_{z,Ed} = M_{z,fi,Ed}$$

als Bemessungswerte der Einwirkung.

ANMERKUNG Die Tragfähigkeit des Bauteils im Brandfall wird nach 7.2.3 und 7.2.4 bestimmt.

7.3 Temperaturentwicklung in Aluminium

7.3.1 Ungeschützte Bauteile aus Aluminium innerhalb von Gebäuden

(1) Bei einer gleichförmigen Querschnittstemperatur sollte der Temperaturanstieg $\Delta\theta_{\text{al}(t)}$ eines ungeschützten Bauteils während eines Zeitintervalls Δt nach Gleichung (7.10) bestimmt werden:

$$\Delta\theta_{\text{al}(t)} = k_{\text{sh}} \frac{1}{c_{\text{al}} \rho_{\text{al}}} \frac{A_{\text{m}}}{V} h_{\text{net}} \Delta t \quad (7.10)$$

Dabei ist

- k_{sh} der Korrekturfaktor für den Abschattungseffekt nach Gleichung (7.11) in (2);
- A_{m}/V der Profilmfaktor des ungeschützten Bauteils aus Aluminium (m^{-1}), siehe (5) und (6);
- h_{net} der flächenbezogene Bemessungswert des Nettowärmestroms, siehe EN 1991-1-2 und (3).

(2) Der Korrekturfaktor für den Abschattungseffekt sollte wie folgt bestimmt werden:

— Bei I-Querschnitten unter nominaler Brandeinwirkung nach Gleichung (7.11):

$$k_{\text{sh}} = 0,9 \frac{(A_{\text{m}}/V)_{\text{b}}}{A_{\text{m}}/V} \quad (7.11)$$

Dabei ist

$(A_{\text{m}}/V)_{\text{b}}$ der Profilmfaktor für den das Profil umschließenden Kasten.

— In allen anderen Fällen nach Gleichung (7.12):

$$k_{\text{sh}} = \frac{(A_{\text{m}}/V)_{\text{b}}}{A_{\text{m}}/V} \leq 1,0 \quad (7.12)$$

ANMERKUNG 1 Bei Querschnitten mit einer konvexen Form (z. B. rechteckige oder runde Hohlquerschnitte), die allseitig beflammt sind, hat der Abschattungseffekt einen vernachlässigbaren Einfluss und der Korrekturfaktor k_{sh} kann dementsprechend mit 1,0 gesetzt werden.

ANMERKUNG 2 Eine Vernachlässigung des Abschattungseffektes (d. h.: $k_{\text{sh}} = 1,0$) führt zu konservativen Ergebnissen.

(3) Der Wert von $h_{\text{net,d}}$ sollte nach EN 1991-1-2 ermittelt werden, unter Verwendung von $\varepsilon_{\text{f}} = 1,0$ und ε_{m} nach 5.2.1.4; dabei sind ε_{f} und ε_{m} wie nach EN 1991-1-2 festgelegt.

(4) Der Wert für Δt sollte nicht mehr als 5 s betragen.

(5) In Gleichung (7.10) sollte der Wert des Profilmfaktors A_{m}/V nicht weniger als 10 (m^{-1}) betragen.

(6) Bei der Berechnung des Profilmfaktors A_{m}/V sollten Vertiefungen mit Spaltbreiten kleiner als 20 mm nicht in der brandbeanspruchten Oberfläche berücksichtigt werden. Bei Vertiefungen mit Spaltbreiten von mehr als 20 mm sollte die Vertiefung für die brandbeanspruchte Fläche mit angesetzt werden, (siehe Bild 7.2).

ANMERKUNG Tabelle 7.1 stellt Gleichungen für die Berechnung des Bemessungswertes von A_{m}/V von ungeschützten Aluminiumbauteilen zur Verfügung.

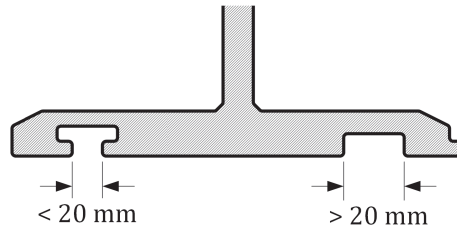
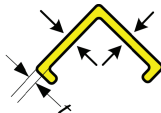
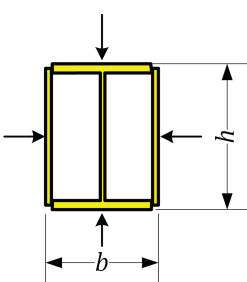
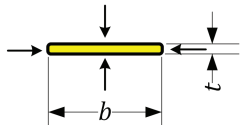
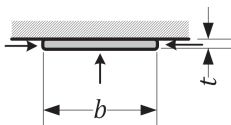


Bild 7.2 — Beispiele für Vertiefungen mit Spaltbreiten < 20 mm und > 20 mm

Tabelle 7.1 — Profilmfaktor A_m/V für ungeschützte Bauteile aus Aluminium für eine Erwärmungsberechnung mit einer einheitlichen Querschnittstemperatur

<p>Offener Querschnitt mit allseitiger Brandbeanspruchung:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{p}{A}$ <p>Dabei ist p der Umfang und A die Querschnittsfläche</p>	<p>Rohr mit allseitiger Brandbeanspruchung</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{1}{t}$
<p>Offener Querschnitt mit dreiseitiger Brandbeanspruchung:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{brandbeanspruchte Oberfläche}}{\text{Querschnittsfläche}}$ <p>Dabei ist A die Querschnittsfläche</p>	<p>Hohlquerschnitt (oder geschweißter Kastenquerschnitt mit konstanter Blechdicke) mit allseitiger Brandbeanspruchung:</p> <p>für $t \ll b$: $\frac{A_m}{V} \approx \frac{1}{t}$</p>
<p>Flansch eines I-Querschnitts mit dreiseitiger Brandbeanspruchung:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{b + 2t_f}{bt_f}$ <p>für $t_f \ll b$: $\frac{A_m}{V} \approx \frac{1}{t_f}$</p>	<p>Kastenquerschnitt mit allseitiger Brandbeanspruchung:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{2(b + h)}{A}$ <p>Dabei ist A die Querschnittsfläche</p>

<p>Winkel (oder beliebiger offener Querschnitt mit konstanter Blechdicke) mit allseitiger Brandbeanspruchung:</p>  $\frac{A_m}{V} = \frac{2}{t}$	<p>I-Querschnitt mit Kastenverstärkung und allseitiger Brandbeanspruchung</p>  $\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{A}$ <p>Dabei ist A die Querschnittsfläche</p>
<p>Flachstahl mit allseitiger Brandbeanspruchung:</p>  $\frac{A_m}{V} = \frac{2b+2t}{bt}$ <p>für $t \ll b$: $\frac{A_m}{V} \approx \frac{2}{t}$</p>	<p>Flachstahl mit dreiseitiger Brandbeanspruchung:</p>  $\frac{A_m}{V} = \frac{b+2t}{bt}$ <p>für $t \ll b$: $\frac{A_m}{V} \approx \frac{1}{t}$</p>

7.3.2 Bekleidete Aluminiumbauteile innerhalb von Gebäuden

(1) Für eine gleichförmige Querschnittstemperatur sollte der Temperaturanstieg $\Delta\theta_{al(t)}$ bekleideter Bauteile im Zeitintervall Δt nach Gleichung (7.13) ermittelt werden:

$$\Delta\theta_{al(t)} = \frac{\lambda_p/d_p}{c_{al}\rho_{al}} \frac{A_p}{V} \left[\frac{1}{1+\varphi/3} \right] (\theta_{(t)} - \theta_{al(t)}) \Delta t - (e^{\varphi/10} - 1) \Delta\theta_{(t)} \quad (7.13)$$

jedoch $\Delta\theta_{al(t)} \geq 0$

mit

$$\varphi = \frac{c_p\rho_p}{c_{al}\rho_{al}} d_p \frac{A_p}{V} \quad (7.14)$$

Dabei ist

A_p/V der Profilkfaktor des bekleideten Bauteils aus Aluminium (m^{-1});

$\theta_{(t)}$ die Umgebungstemperatur des Brandraums zur Zeit t ($^{\circ}C$);

$\theta_{al(t)}$ die Aluminiumtemperatur zur Zeit t ($^{\circ}C$);

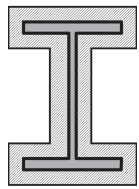
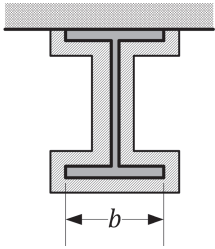
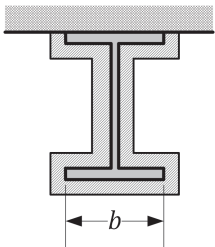
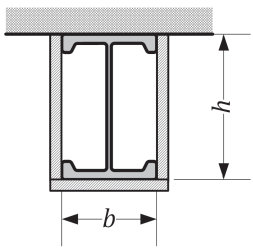
$\Delta\theta_{(t)}$ Anstieg der Umgebungstemperatur im Brandraum innerhalb eines Zeitintervalls Δt ($^{\circ}C$).

(2) Der Wert für Δt sollte nicht mehr als 30 s betragen.

(3) Der Wert für den Profilkfaktor A_p/V bekleideter Aluminiumbauteile kann Tabelle 7.2 entnommen werden.

(4) Bei den meisten Bekleidungsmaterialien darf die zeitliche Verzögerung beim Erreichen der Temperatur von $100^{\circ}C$ im Temperaturanstieg des Aluminiums $\Delta\theta_{al(t)}$ berücksichtigt werden.

Tabelle 7.2 — Profilmfaktor A_p/V für bekleidete Bauteile aus Aluminium für eine Erwärmungsberechnung mit einer einheitlichen Querschnittstemperatur.

Skizze	Beschreibung	Profilfaktor (A_p/V)
	Profilfolgende Bekleidung mit konstanter Dicke bei allseitiger Beflammung	$\frac{p}{A}$ Dabei ist p die Aluminiumoberfläche und A die Aluminiumquerschnittsfläche
	Kastenbekleidung mit konstanter Dicke bei allseitiger Beflammung	$\frac{2(b+h)}{A}$ Dabei ist A die Aluminiumquerschnittsfläche
	Profilfolgende Bekleidung mit konstanter Dicke und dreiseitiger Beflammung	$\frac{p-b}{A}$ Dabei ist p die Aluminiumoberfläche und A die Aluminiumquerschnittsfläche
	Kastenbekleidung mit konstanter Dicke und dreiseitiger Beflammung	$\frac{2h+b}{A}$ Dabei ist A die Aluminiumquerschnittsfläche

7.3.3 Innen liegende Aluminiumkonstruktionen in Hohlräumen, geschützt durch Wärmeschilde

(1) Die Festlegungen nach 7.3.3 gelten für:

- Aluminiumbauteile in einem Raum, der oben durch eine Decke und unten durch einen horizontalen Wärmeschilde eingeschlossen ist;
- Aluminiumbauteile in einem Raum, der auf beiden Seiten durch vertikale Wärmeschilde eingeschlossen ist.

(2) Der Temperaturzuwachs $\Delta\theta_{al}$ von durch Wärmeschilde geschützten Aluminiumbauteilen im Gebäudeinneren sollte auf der Grundlage der Verfahren nach 7.3.1 oder 7.3.2 beruhen; dabei wird die Umgebungstemperatur θ_e als die Temperatur im Hohlraum angenommen.

(3) Die Eigenschaften und das Verhalten der Wärmeschilde sollten durch Versuche nach EN 13381-1, EN 13381-2 oder WI 00127357 bestimmt werden.

(4) Die Temperaturentwicklung um die Aluminiumbauteile sollte durch einen Normbrandversuch nach EN 13381-1, EN 13381-2 oder WI 00127357 bestimmt oder mit einem anerkannten Verfahren berechnet werden, wie durch die zuständige Behörde festgelegt oder, wenn keine Festlegungen bestehen, wie für das spezifische Projekt vereinbart.

(5) Bei der Berechnung von $\Delta\theta_{al}$ sollten die Wärmeübergangskoeffizienten für Konvektion und für Strahlung (α_c bzw. α_r) alternativ zu den Werten nach EN 1991-1-2 durch Versuche nach EN 13381-1, EN 13381-2 oder WI 00127357 bestimmt werden.

7.3.4 Außen liegende Aluminiumkonstruktionen

(1) Bei der Bestimmung der Temperatur von außen liegenden Aluminiumkonstruktionen sollten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- der Wärmestrom infolge Strahlung in dem Brandabschnitt;
- der Wärmestrom infolge Strahlung und Konvektion durch Flammen, die durch Öffnungen herausschlagen;
- die Wärmeabgabe durch Strahlung und Konvektion der Aluminiumkonstruktion an die Umgebung;
- die Größe und Lage der Bauteile.

(2) Zum Schutz von Außenbauteilen aus Aluminium vor Wärmestrahlung dürfen Wärmeschilde auf einer, zwei oder drei Seiten angeordnet werden.

(3) Wärmeschilde sollten entweder:

- direkt auf der Seite des Aluminiumbauteils anzuordnen, die zu schützen ist; oder
- groß genug gewählt werden, um die Seite vollkommen gegen die zu erwartende Wärmestrahlung zu schützen.

(4) Wärmeschilde sollten nichtbrennbar sein und eine Feuerwiderstandsklasse von mindestens EI 30 nach EN 13501-2 einhalten.

ANMERKUNG Anhang B enthält Hinweise zur Wärmeübertragung auf Außenbauteile aus Aluminiumlegierungen.

(5) Die Temperatur in Außenbauteilen aus Aluminium, die durch Wärmeschilde geschützt sind, sollte wie in (1) beschrieben bestimmt werden, wobei an den geschützten Seiten kein Wärmeübergang durch Strahlung anzusetzen ist.

(6) Die Berechnungen dürfen auf der Grundlage von Gleichgewichtsbedingungen aus einer stationären Wärmebilanz durchgeführt werden.

ANMERKUNG 1 In Anhang B sind Hinweise zu Verfahren angegeben.

ANMERKUNG 2 Für eine Bemessung nach Anhang B kann das Verfahren nach EN 1991-1-2 angewendet werden. Die dort beschriebenen Randbedingungen für den Brandfall in einem Brandabschnitt und für die aus Öffnungen schlagenden Flammen sollten als Grundlage für die Berechnung des Wärmeübergangs durch Strahlung und Konvektion berücksichtigt werden.