

DIN EN 1999-1-2**DIN**

ICS 13.220.50; 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für
DIN EN 1999-1-2:2007-05 und
DIN EN 1999-1-2
Berichtigung 1:2010-05**Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken –
Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall;
Deutsche Fassung EN 1999-1-2:2007 + AC:2009**Eurocode 9: Design of aluminium structures –
Part 1-2: Structural fire design;
German version EN 1999-1-2:2007 + AC:2009Eurocode 9: Calcul des structures en aluminium –
Partie 1-2: Calcul du comportement au feu;
Version allemande EN 1999-1-2:2007 + AC:2009

Gesamtumfang 61 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 1999-1-2:2010-12

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm (EN 1999-1-2:2007 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist hierfür der Arbeitsausschuss NA 005-52-22 AA „Konstruktiver baulicher Brandschutz“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) zuständig.

Die Norm ist Bestandteil einer Reihe von Einwirkungs- und Bemessungsnormen, deren Anwendung nur im Paket sinnvoll ist. Dieser Tatsache wird durch das Leitpapier L der Kommission der Europäischen Union für die Anwendung der Eurocodes Rechnung getragen, in dem Übergangsfristen für die verbindliche Umsetzung der Eurocodes in den Mitgliedstaaten vorgesehen sind. Die im Vorwort dieser Europäischen Norm angegebenen Fristen korrelieren in etwa mit diesen Übergangsfristen.

Die Anwendung dieser Norm ist in Deutschland nur in Verbindung mit dem Nationalen Anhang.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

In Abhängigkeit von der Bedeutung der einzelnen Absätze wird in dieser Norm zwischen verbindlichen Regeln und Anwendungsregeln unterschieden (siehe auch 1.4 dieser Europäischen Norm). Die verbindlichen Regeln sind durch den Buchstaben P nach der Nummer des Absatzes gekennzeichnet, z. B. (1)P. Bei allen Absätzen, die nicht als verbindliche Regeln gekennzeichnet sind, handelt es sich um Anwendungsregeln.

Der Beginn und das Ende des hinzugefügten oder geänderten Textes wird im Text durch die Textmarkierungen **AC** **AC** angezeigt.

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1999-1-2:1999-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Stellungnahmen der nationalen Normungsinstitute von CEN zu ENV 1999-1-2:1999 wurden berücksichtigt und der Inhalt wurde vollständig überarbeitet;
- b) der Vornormcharakter wurde aufgehoben.

Gegenüber DIN EN 1999-1-2:2007-05 und DIN EN 1999-1-2 Berichtigung 1:2010-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Vorgänger-Norm mit der Berichtigung 1 konsolidiert;
- b) redaktionelle Änderungen durchgeführt.

Frühere Ausgaben

DIN V ENV 1999-1-2: 1999-10
DIN EN 1999-1-2: 2007-05
DIN EN 1999-1-2 Berichtigung 1: 2010-05

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 1999-1-2

Februar 2007

+AC

Oktober 2009

ICS 13.220.50; 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für ENV 1999-1-2:1998

Deutsche Fassung

Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall

Eurocode 9: Design of aluminium structures —
Part 1-2: Structural fire design

Eurocode 9: Calcul des structures en aluminium —
Partie 1-2: Calcul du comportement au feu

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 18. September 2006 angenommen.

Die Berichtigung tritt am 14. Oktober 2009 in Kraft und wurde in EN 1999-1-2:2007 eingearbeitet.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2009 CEN Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern von CEN vorbehalten.

Ref. Nr. EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 D

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

Inhalt

| | Seite |
|--|-----------|
| Vorwort | 4 |
| 1 Allgemeines | 10 |
| 1.1 Anwendungsbereich | 10 |
| 1.1.1 Anwendungsbereich von EN 1999 | 10 |
| 1.1.2 Anwendungsbereich von EN 1999-1-2 | 10 |
| 1.2 Normative Verweisungen | 11 |
| 1.3 Annahmen | 12 |
| 1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln | 12 |
| 1.5 Begriffe | 12 |
| 1.5.1 Besondere Begriffe zur allgemeinen Bemessung | 12 |
| 1.5.2 Begriffe mit Bezug auf thermische Einwirkungen | 12 |
| 1.5.3 Begriffe mit Bezug auf Baustoffe und Bauprodukte | 12 |
| 1.5.4 Begriffe mit Bezug auf Wärmeübertragungsberechnungen | 13 |
| 1.5.5 Begriffe mit Bezug auf die Berechnung des Tragverhaltens | 13 |
| 1.6 Symbole | 14 |
| 2 Grundlagen der Bemessung | 15 |
| 2.1 Anforderungen | 15 |
| 2.1.1 Grundlegende Anforderungen | 15 |
| 2.1.2 Brandbeanspruchung mit nomineller Brandkurve | 16 |
| 2.1.3 Parametrische Brandbeanspruchung | 16 |
| 2.2 Einwirkungen | 16 |
| 2.3 Bemessungswerte der Materialeigenschaften | 16 |
| 2.4 Nachweisverfahren | 17 |
| 2.4.1 Allgemeines | 17 |
| 2.4.2 Bauteilberechnung | 17 |
| 2.4.3 Teiltragwerksberechnung | 19 |
| 2.4.4 Gesamttragwerksberechnung | 20 |
| 3 Materialeigenschaften | 20 |
| 3.1 Allgemeines | 20 |
| 3.2 Mechanischen Eigenschaften von Aluminiumlegierungen | 20 |
| 3.2.1 Festigkeits- und Verformungseigenschaften | 20 |
| 3.2.2 Rohdichte | 23 |
| 3.3 Thermische Eigenschaften | 23 |
| 3.3.1 Aluminiumlegierungen | 23 |
| 3.3.2 Brandschutzbekleidungen | 26 |
| 4 Tragwerksbemessung im Brandfall | 26 |
| 4.1 Allgemeines | 26 |
| 4.2 Vereinfachte Berechnungsverfahren | 26 |
| 4.2.1 Allgemeines | 26 |
| 4.2.2 Tragfähigkeit | 27 |
| 4.2.3 Temperaturentwicklung in Aluminium | 30 |
| 4.3 Allgemeine Berechnungsverfahren | 36 |
| 4.3.1 Allgemeines | 36 |
| 4.3.2 Thermische Analyse | 36 |
| 4.3.3 Mechanische Analyse | 36 |
| 4.3.4 Überprüfung von allgemeinen Berechnungsmodellen | 37 |
| Anhang A (informativ) Eigenschaften von nicht in EN 1999-1-1 angegebenen Aluminiumlegierungen | 38 |
| Anhang B (informativ) Wärmeübertragung auf Außenbauteile aus Aluminiumlegierungen | 39 |
| B.1 Allgemeines | 39 |
| B.1.1 Grundlagen | 39 |
| B.1.2 Vereinbarungen zu den Abmessungen | 39 |

| | Seite |
|---|-------|
| B.1.3 Wärmebilanz | 39 |
| B.1.4 Gesamtkonfigurationsfaktoren | 42 |
| B.2 Nicht direkt beflamnte Stützen..... | 42 |
| B.2.1 Wärmeübertragung durch Strahlung | 42 |
| B.2.2 Emissionswert der Flamme | 43 |
| B.2.3 Flammentemperatur | 47 |
| B.2.4 Absorbtiionswert der Flamme..... | 48 |
| B.3 Nicht direkt beflamnte Träger | 48 |
| B.3.1 Wärmeübertragung durch Strahlung | 48 |
| B.3.2 Emissionswert der Flamme..... | 50 |
| B.3.3 Flammentemperatur | 51 |
| B.3.4 Absorbtiionswert der Flamme..... | 51 |
| B.4 Direkt beflamnte Stützen | 51 |
| B.5 Voll oder teilweise beflamnte Träger..... | 54 |
| B.5.1 Wärmeübertragung durch Strahlung | 54 |
| B.5.2 Emissionswert der Flammen..... | 58 |
| B.5.3 Absorbtiionswert der Flamme..... | 58 |
| Literaturhinweise | 59 |

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

Vorwort

Diese Europäische Norm (EN 1999-1-2:2007 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm ersetzt ENV 1999-1-2:1998.

CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Hintergrund des Eurocode-Programms

Im Jahre 1975 beschloss die Kommission der Europäischen Gemeinschaften, für das Bauwesen ein Aktionsprogramm auf der Grundlage des Artikels 95 der Römischen Verträge durchzuführen. Das Ziel des Programms war die Beseitigung technischer Handelshemmnisse und die Harmonisierung technischer Spezifikationen.

Im Rahmen dieses Aktionsprogramms leitete die Kommission die Bearbeitung von harmonisierten technischen Regelwerken für die Tragwerksplanung von Bauwerken ein, die im ersten Schritt als Alternative zu den in den Mitgliedsländern geltenden Regeln dienen und schließlich diese ersetzen sollten.

15 Jahre lang leitete die Kommission mit Hilfe eines Lenkungsausschusses mit Vertretern der Mitgliedsländer die Entwicklung des Eurocode-Programms, das zu der ersten Eurocode-Generation in den 80er Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts führte.

Im Jahre 1989 entschieden sich die Kommission und die Mitgliedsländer der Europäischen Union und der EFTA, die Entwicklung und Veröffentlichung der Eurocodes über eine Reihe von Mandaten an CEN zu übertragen, damit diese den Status von Europäischen Normen (EN) erhielten. Grundlage war eine Vereinbarung¹⁾ zwischen der Kommission und CEN. Dieser Schritt verknüpft die Eurocodes de facto mit den Regelungen der Ratsrichtlinien und Kommissionsentscheidungen, die die Europäischen Normen behandeln (z. B. die Ratsrichtlinie 89/106/EWG zu Bauprodukten, die Bauproduktenrichtlinie, die Ratsrichtlinien 93/37/EWG, 92/50/EWG und 89/440/EWG zur Vergabe öffentlicher Aufträge und Dienstleistungen und die entsprechenden EFTA-Richtlinien, die zur Einrichtung des Binnenmarktes eingeleitet wurden).

Das Eurocode-Programm umfasst die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

EN 1990, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung

EN 1991, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke

1) Vereinbarung zwischen der Kommission der Europäischen Gemeinschaft und dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) zur Bearbeitung der Eurocodes für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauwerken (BC/CEN/03/89).

- 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

Die Eurocode-Normen berücksichtigen die Verantwortlichkeit der Bauaufsichtsorgane in den Mitgliedsländern und haben deren Recht zur nationalen Festlegung sicherheitsbezogener Werte berücksichtigt, so dass diese Werte von Land zu Land unterschiedlich bleiben können.

Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes

Die Mitgliedsländer der EU und von EFTA betrachten die Eurocodes als Bezugsdokumente für folgende Zwecke:

- als Mittel zum Nachweis der Übereinstimmung von Hoch- und Ingenieurbauten mit den wesentlichen Anforderungen der Richtlinie des Rates 89/106/EWG, besonders mit der wesentlichen Anforderung Nr. 1: Mechanische Festigkeit und Standsicherheit und der wesentlichen Anforderung Nr. 2: Brandschutz;
- als Grundlage für die Spezifizierung von Verträgen für die Ausführung von Bauwerken und die dazu erforderlichen Ingenieurleistungen;
- als Rahmenbedingung für die Erstellung harmonisierter, technischer Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs).

Die Eurocodes haben, da sie sich auf Bauwerke beziehen, eine direkte Verbindung zu den Grundlagendokumenten²⁾, auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen³⁾. Daher sind die technischen Gesichtspunkte, die sich aus den Eurocodes ergeben, von den Technischen Komitees von CEN und den Arbeitsgruppen von EOTA, die an Produktnormen arbeiten, zu beachten, damit diese Produktnormen mit den Eurocodes vollständig kompatibel sind.

-
- 2) Entsprechend Artikel 3.3 der Bauproduktenrichtlinie sind die wesentlichen Anforderungen in Grundlagendokumenten zu konkretisieren, um damit die notwendigen Verbindungen zwischen den wesentlichen Anforderungen und den Mandaten für die Erstellung harmonisierter Europäischer Normen und Richtlinien für die europäische Zulassung selbst zu schaffen.
- 3) Nach Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hat das Grundlagendokument
- a) die wesentlichen Anforderungen zu konkretisieren, indem die Begriffe und, soweit erforderlich, die technische Grundlage für Klassen und Anforderungsstufen vereinheitlicht werden,
 - b) Methoden zur Verbindung dieser Klassen oder Anforderungsstufen mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. Berechnungs- oder Nachweisverfahren, technische Entwurfsregeln usw.,
 - c) als Bezugsdokument für die Erstellung harmonisierter Normen oder Richtlinien für Europäische Technische Zulassungen zu dienen.

Die Eurocodes spielen de facto eine ähnliche Rolle für die wesentliche Anforderung Nr. 1 und einen Teil der wesentlichen Anforderung Nr. 2.

DIN EN 1999-1-2:2010-12 **EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)**

Die Eurocodes liefern Regelungen für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von kompletten Tragwerken und Bauteilen für die allgemeine praktische Anwendung. Sie gehen auf traditionelle Bauweisen und Aspekte innovativer Anwendungen ein, liefern aber keine vollständigen Regelungen für außergewöhnliche Baulösungen und Entwurfsbedingungen. Für diese Fälle können zusätzliche Spezialkenntnisse für den Bauplaner erforderlich sein.

Nationale Fassungen der Eurocodes

Die Nationale Fassung eines Eurocodes enthält den vollständigen Text des Eurocodes (einschließlich aller Anhänge), so wie von CEN veröffentlicht, möglicherweise mit einer nationalen Titelseite und einem Nationalen Vorwort sowie einem Nationalen Anhang (informativ).

Der Nationale Anhang (informativ) darf nur Hinweise zu den Parametern geben, die im Eurocode für nationale Entscheidungen offen gelassen wurden. Diese national festzulegenden Parameter (NDP) gelten für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauten in dem Land, in dem sie erstellt werden. Sie umfassen:

- Zahlenwerte für Teilsicherheitsbeiwerte und/oder Klassen, wo die Eurocodes Alternativen eröffnen,
- Zahlenwerte, wo die Eurocodes nur Symbole angeben,
- landesspezifische, geographische und klimatische Daten, die nur für ein Mitgliedsland gelten, z. B. Schneekarten,
- Vorgehensweisen, wenn die Eurocodes mehrere Verfahren zur Wahl anbieten,
- Verweise zur Anwendung des Eurocodes, soweit sie diesen ergänzen und nicht widersprechen.

Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETAs)

Es besteht die Notwendigkeit, dass die harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte und die technischen Regelungen für die Tragwerksplanung⁴⁾ konsistent sind. Insbesondere sollten die Hinweise, die mit der CE-Kennzeichnung von Bauprodukten verbunden sind, die die Eurocodes in Bezug nehmen, klar erkennen lassen, welche national festzulegenden Parameter (NDP) zugrunde liegen.

Besondere Hinweise zu EN 1999-1-2

EN 1999-1-2 behandelt die Bemessungsgrundlagen, Anforderungen und Regeln für die Tragwerksbemessung von Gebäuden im Brandfall unter Berücksichtigung der folgenden Punkte.

Sicherheitsanforderungen

EN 1999-1-2 ist für Bauherrn (z. B. für die Aufstellung ihrer speziellen Anforderungen), Planer, Bauunternehmer und relevante Behörden bestimmt.

Die allgemeine Zielsetzung des Brandschutzes ist die Begrenzung der Risiken für Einzelpersonen und die Gesellschaft, benachbarte Bauwerke und, falls erforderlich, die Umgebung oder direkt betroffene Bauwerke im Brandfall.

Die Bauproduktenrichtlinie 89/106/EWG nennt die folgende wesentliche Anforderung für den Brandschutz:

4) Siehe Artikel 3.3 und Art. 12 der Bauproduktenrichtlinie ebenso wie die Abschnitte 4.2, 4.3.1, 4.3.2 und 5.2 des Grundlagendokumentes Nr. 1.

„Das Bauwerk muss derartig entworfen und ausgeführt sein, dass bei einem Brand

- die Tragfähigkeit der Konstruktion während eines bestimmten Zeitraums erhalten bleibt,
- die Entstehung und Ausbreitung von Feuer und Rauch innerhalb des Bauwerks begrenzt bleiben,
- die Ausbreitung von Feuer auf benachbarte Bauwerke begrenzt bleibt,
- die Bewohner das Gebäude unverletzt verlassen oder durch andere Maßnahmen gerettet werden können,
- die Sicherheit der Rettungsmannschaften berücksichtigt ist.“

Gemäß dem Grundlagendokument N°2 „Brandschutz⁵⁾“ darf die wesentliche Anforderung durch Befolgen verschiedener in den Mitgliedsstaaten geltenden Brandschutzstrategien, wie konventionelle Brandszenarien (nominelle Brände) oder „natürliche“ Brandszenarien (parametrische Brände), einschließlich vorbeugender und abwehrender Brandschutzmaßnahmen erfüllt werden.

Die den Brandschutz betreffenden Teile des Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau behandeln bestimmte Aspekte des vorbeugenden Brandschutzes, indem Regeln für die Bemessung und Konstruktion von Bauwerken und Bauteilen hinsichtlich einer ausreichenden Tragfähigkeit und, falls erforderlich, der Begrenzung der Brandausbreitung festgelegt werden.

Die funktionellen Anforderungen und die Leistungsniveaus können entweder als Feuerwiderstandsdauer z. B. bei der Einheits-Temperaturzeitkurve, die im Allgemeinen in nationalen Brandschutzregularien angegeben wird, festgelegt werden, oder, wenn dies nach den nationalen Brandschutzregularien zulässig ist, als Aufgabe des Brandschutzingenieurs unter Berücksichtigung vorbeugender und abwehrender Brandschutzmaßnahmen erreicht werden.

Zusätzliche Anforderungen, die zum Beispiel

- den möglichen Einbau und die Instandhaltung von Sprinkleranlagen,
- die Bedingungen für die Bewohnbarkeit von Gebäude- oder Brandabschnitten,
- die Verwendung von zugelassenen Dämm- und Beschichtungsstoffen einschließlich ihrer Instandhaltung

betreffen, sind nicht Gegenstand dieses Dokuments, da sie von der zuständigen Behörde festgelegt werden.

Zahlenwerte für Teilfaktoren und andere Elemente zuverlässigkeitsabhängiger Größen werden als empfohlene Werte angegeben, die ein annehmbares Niveau der Zuverlässigkeit ergeben. Sie wurden unter der Annahme ausgewählt, dass eine qualifizierte Ausführung vorliegt zusammen mit einem annehmbarem Qualitätsmanagement.

Bemessungsverfahren

Ein vollständig analytisches Verfahren der konstruktiven Bemessung im Brandfall würde das Tragverhalten bei erhöhten Temperaturen, die mögliche Beanspruchung durch Wärme und die positiven Auswirkungen von vorbeugenden und abwehrenden Brandschutzmaßnahmen sowie die mit diesen drei Faktoren verbundenen Ungewissheiten und die Bedeutung des Bauwerks (Konsequenzen bei Versagen) berücksichtigen.

Gegenwärtig ist es möglich, ein Verfahren zur Bestimmung einer adäquaten Leistungsfähigkeit durchzuführen, das, wenn auch nicht alle, so doch einige dieser Parameter beinhaltet, und nachzuweisen, dass das Bauwerk oder seine Bauteile bei einem tatsächlichen Brand eine adäquate Leistungsfähigkeit aufweisen werden. Wenn das Verfahren jedoch auf einer nominellen Brandkurve beruht, berücksichtigt das Klassifizierungssystem, das auf spezifischen Feuerwiderstandsdauern beruht, die oben angegebenen Merkmale und Ungewissheiten (wenn auch nicht explizit).

5) Siehe Abschnitt 2.2, 3.2(4) und 4.2.3.3.

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

Der Ablauf der Bemessung im Brandfall ist in Bild 0.1 dargestellt. Die Ansätze werden durch festgelegte Vorgaben und durch leistungsabhängige Festlegungen bestimmt. Der Ansatz durch festgelegte Vorgaben beruht auf nominellen Bränden, aus denen sich die thermischen Einwirkungen ergeben. Der auf leistungsabhängigen Festlegungen beruhende Ansatz, bei dem der Brandschutzingenieur die Brandschutzbemessung durchführt, bezieht sich auf thermische Einwirkungen, die auf physikalischen und chemischen Parametern beruhen.

ANMERKUNG Tabellierte Daten, wie in Bild 0.1 gezeigt, sind für die Aluminiumteile nicht gegeben.

Um Bemessungen nach diesem Teil durchzuführen, wird EN 1991-1-2 für die Bestimmung der thermischen und mechanischen Einwirkungen benötigt.

Bemessungshilfe

Es wird erwartet, dass auf den Berechnungsmodellen nach EN 1999-1-2 beruhende Planungshilfen von den interessierten externen Organisationen erarbeitet werden.

Der Haupttext der EN 1999-1-2 beinhaltet zusammen mit den informativen Anhängen die meisten der prinzipiellen Konzepte und Regeln, die für die Brandschutz-Bemessung von Tragwerken aus Aluminium erforderlich sind.

Nationaler Anhang zu EN 1999-1-2

Diese Norm enthält alternative Verfahren und Werte sowie Empfehlungen für Klassen mit Hinweisen, an welchen Stellen nationale Festlegungen zu treffen sind. Dazu sollte die jeweilige nationale Ausgabe von EN 1999-1-2 einen Nationalen Anhang mit den festzulegenden Parametern enthalten, mit dem die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauten, die in dem Ausgabeland gebaut werden sollen, möglich ist.

Nationale Festlegungen sind nach EN 1999-1-2 in den folgenden Abschnitten vorgesehen:

2.3 (1)

2.3 (2)

2.4.2 (3)

4.2.2.1 (1)

4.2.2.3 (5)

4.2.2.4 (5)

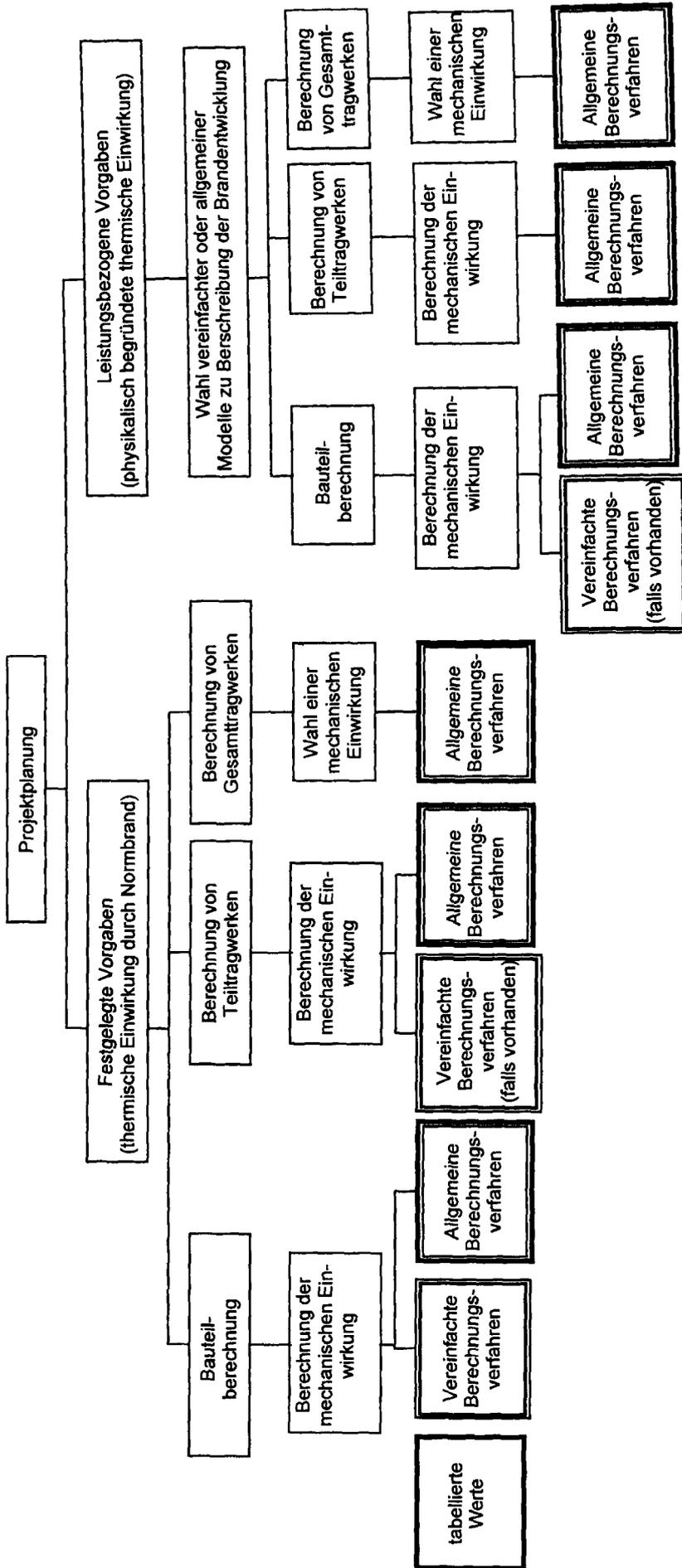


Bild 0.1 — Alternative Bemessungsverfahren

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

1.1.1 Anwendungsbereich von EN 1999

(1)P EN 1999 behandelt die Bemessung von Hochbauten und Ingenieurbauten 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 der EN 1990 „Grundlagen der Tragwerksplanung“ enthalten sind.

(2)P 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.

(3) Die Anwendung von EN 1999 ist in Verbindung mit folgenden Regelwerken beabsichtigt:

- EN 1990 „Grundlagen der Tragwerksplanung“;
- EN 1991 „Einwirkungen auf Tragwerke“, alle relevanten Teile;
- Europäische Normen für Bauprodukte, die für Tragwerke aus Aluminium Verwendung finden;
- EN 1998 „Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben“, soweit Aluminiumtragwerke in Erdbebengebieten errichtet werden.

(4) EN 1999 ist in fünf Teile eingeteilt:

- EN 1999-1-1 „Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln“;
- EN 1999-1-2 „Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall“;
- EN 1999-1-3 „Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-3: Zusätzliche Regeln für ermüdungsanfällige Tragwerke“;
- EN 1999-1-4 „Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-4: Ergänzende Regeln für Trapezbleche“;
- EN 1999-1-5 „Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-5: Schalentragswerke“.

1.1.2 Anwendungsbereich von EN 1999-1-2

(1) EN 1999-1-2 behandelt die Bemessung von Aluminiumkonstruktionen für den außergewöhnlichen Fall der Brandeinwirkung. Seine Anwendung gilt Verbindung mit EN 1999-1-1 und EN 1991-1-2. Der Inhalt von EN 1999-1-2 beschränkt sich auf die Unterschiede oder Ergänzungen zur Bemessung bei normaler Temperatur.

(2) EN 1999-1-2 behandelt ausschließlich passive (vorbeugende) Verfahren des Brandschutzes. Aktive (abwehrende) Brandschutzmaßnahmen werden nicht behandelt.

(3) EN 1999-1-2 gilt für Aluminiumkonstruktionen, für die eine lastabtragende Funktion im Brandfall gefordert wird, wobei ein vorzeitiges Versagen des Tragwerks zu vermeiden ist.

ANMERKUNG Dieser Teil enthält keine Regeln für raumabschließende Bauteile.

(4) EN 1999-1-2 liefert Grundsätze und Anwendungsregeln für die Bemessung von Tragwerken, für die bestimmte Anforderungen im Hinblick auf die Tragfähigkeitsfunktion und die Leistungsstufen.

(5) EN 1999-1-2 gilt für Tragwerke oder Teile davon, die in den Anwendungsbereich von EN 1999-1-1 fallen und danach bemessen wurden.

(6) Die in diesem Teil 1-2 von EN 1999 angegebenen Eigenschaften von Aluminium gelten für die folgenden Legierungen:

| | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| 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 | |

(7) Die in diesem Teil 1-2 von EN 1999 angegebenen Verfahren sind auch für andere Aluminiumlegierungen von EN 1999-1-1 anwendbar, wenn verlässliche Hochtemperatureigenschaften vorliegen oder vereinfachte Annahmen in 3.2.1 angegeben sind.

1.2 Normative Verweisungen

(1) Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

EN 485-2; *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Bänder, Bleche und Platten — Teil 2: Mechanische Eigenschaften*

EN 755-2; *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Stranggepresste Stangen, Rohre und Profile — Teil 2: Mechanische Eigenschaften*

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 Aluminiumbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln; Bemessungsregeln für Hochbauten*

AC EN 1090-3; *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 3: Technische Regeln für die Ausführung von Aluminiumtragwerken* AC

EN 13501-2, *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten — Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen*

CEN/TS 13381-1, *Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen — Teil 1: Horizontal angeordnete Brandschutzbekleidungen*

ENV 13381-2, *Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen — Teil 2: Vertikal angeordnete Brandschutzbekleidungen*

ENV 13381-4, *Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen — Teil 4: Brandschutzmaßnahmen für Stahlbauteile*

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

1.3 Annahmen

- (1) Zusätzlich zu den allgemeinen Annahmen in EN 1990 gilt die Folgende:

Jede berücksichtigte passive oder aktive Brandschutzmaßnahme wird angemessen gewartet.

1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln

- (1) Es gelten die Regelungen nach EN 1990, 1.4.

1.5 Begriffe

- (1) Es gelten die Regelungen nach EN 1990, 1.5.

- (2) Die folgenden Begriffe werden in dieser Norm EN 1999-1-2 mit der folgenden Bedeutung verwendet:

1.5.1 Besondere Begriffe zur allgemeinen Bemessung

1.5.1.1

Teiltragwerk (en: part of structure)

Teil eines Gesamttragwerks mit entsprechenden Lagerungs- und Randbedingungen

1.5.1.2

geschützte Bauteile (en: protected members)

Bauteile mit Maßnahmen zur Verzögerung des Temperaturanstiegs infolge Brandeinwirkung

1.5.2 Begriffe mit Bezug auf thermische Einwirkungen

1.5.2.1

Einheits-Temperaturzeitkurve (en: standard temperature-time curve)

nominelle Temperaturzeitkurve, die in EN 13501-2 definiert ist, um einen voll entwickelten Brand in einem Brandabschnitt abzubilden

1.5.2.2

Temperaturzeitkurven (en: temperature-time curves)

Brandgastemperaturen in der Umgebung von der Bauteiloberfläche als Funktion der Zeit. Das können sein:

- **nominelle Temperaturzeitkurven:** in Form konventioneller Kurven, die für die Klassifizierung oder den Nachweis des Feuerwiderstandes anerkannt sind, z. B. die Einheits-Temperaturzeitkurve, Außenbrandkurve, Hydrokarbon-Brandkurve
- **parametrische Temperaturzeitkurven:** ermittelt auf der Grundlage von Brandmodellen und den spezifischen physikalischen Parametern, die die Bedingungen im Brandabschnitt beschreiben

1.5.3 Begriffe mit Bezug auf Baustoffe und Bauprodukte

1.5.3.1

Brandschutzmaterial (en: fire protection material)

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

1.5.4 Begriffe mit Bezug auf Wärmeübertragungsberechnungen

1.5.4.1

Konfigurationsfaktor (en: configuration factor)

Einstrahlzahl

der Konfigurationsfaktor für die Wärmestrahlung der Oberfläche A auf die Oberfläche B ist der Anteil der diffus von der Oberfläche A abgestrahlten Wärmeenergie, die auf der Oberfläche B einfällt

1.5.4.2

konvektiver Wärmeübergangskoeffizient (en: convective heat transfer coefficient)

konvektiver Wärmefluss zum Bauteil hin bezogen auf die Differenz zwischen Umgebungs- und Oberflächentemperatur

1.5.4.3

Emissivität (en: emissivity)

entspricht der Absorbitivität einer Oberfläche, die das Verhältnis der von der betrachteten Oberfläche absorbierten Strahlung zu der von einer schwarzen Oberfläche absorbierten Strahlung angibt

1.5.4.4

Netto-Wärmestrom (en: net heat flux)

von Bauteilen absorbierte Energie je Zeiteinheit und Oberfläche

1.5.4.5

resultierende Emissivität (en: resulting emissivity)

Verhältnis zwischen der tatsächlichen vom Bauteil aufgenommenen Wärmestrahlung und der Wärmestrahlung, die das Bauteil aufnehmen würde, wenn es sich bei dem Bauteil und seiner Umgebung jeweils um schwarze Körper handeln würde

1.5.4.6

Profilmfaktor (en: section factor)

für unbedeckte Bauteile aus Aluminium das Verhältnis der brandbeanspruchten Oberfläche zum Volumen des Aluminiums und für bedeckte Bauteile aus Aluminium das Verhältnis der inneren Oberfläche der brandbeanspruchten Bekleidung zum Volumen des Aluminiums

1.5.4.7

Profilmfaktor des das Profil umschließenden Kastens (en: box value of section factor)

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

1.5.5 Begriffe mit Bezug auf die Berechnung des Tragverhaltens

1.5.5.1

kritische Temperatur eines Aluminiumbauteils (en: critical temperature of a structural aluminium element)

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

1.5.5.2

wirksame 0,2 %-Dehngrenze (en: effective 0,2 % proof strength)

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

1.5.5.3

Außenbauteil (en: external member)

Bauteil außerhalb eines Gebäudes, das einer Brandbeanspruchung über Öffnungen in seinen Außenbauteilen ausgesetzt sein kann

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

1.6 Symbole

(1) Für die Anwendung dieser Norm gelten in Ergänzung zu EN 1999-1-1 die folgenden Formelzeichen:

Lateinische Großbuchstaben

- A_m brandbeanspruchte, längenbezogene Bauteiloberfläche;
 A_p auf die Bauteillänge bezogene innere Oberfläche des Bekleidungsmaterials;
 E_{al} Elastizitätsmodul für Aluminium bei Normaltemperatur;
 $E_{al,\theta}$ Steigung des linear elastischen Bereichs von Aluminium bei erhöhten Temperaturen, θ_{al} ;
 V längenbezogenes Volumen des Bauteils;

Lateinische Kleinbuchstaben

- c_{al} spezifische Wärmekapazität von Aluminium;
 c_p spezifische Wärmekapazität von Aluminium des Brandschutzmaterials;
 d_p Dicke des Brandschutzmaterials;
 $f_{\sigma,\theta}$ Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze bei erhöhten Temperaturen θ_{al} ;
 $\dot{h}_{net,d}$ Flächenbezogener Bemessungswert des Netto-Wärmestroms;
 I_z Strahlungswärmefluss von der Flamme zu einer Bauteilseite;
 k_{θ} bezogener Wert einer Festigkeitseigenschaft von Aluminium bei erhöhten Temperaturen, θ_{al} ;
 $k_{\sigma,\theta}$ Reduktionsfaktor für die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze bei erhöhten Temperaturen;
 $k_{\sigma,\theta,max}$ Reduktionsfaktor für die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze bei der maximalen Aluminiumtemperatur;
 l Länge bei 20 °C;
 t Dauer der Brandbeanspruchung;

Griechische Großbuchstaben

- Δt Zeitintervall;

Griechische Kleinbuchstaben

- $\gamma_{M,fi}$ Teilsicherheitsbeiwert für die betrachtete Werkstoffeigenschaft im Brandfall;
 η_{fi} Abminderungsfaktor für die Bemessungslasten im Brandfall;
 θ Temperatur;
 θ_{al} Aluminiumtemperatur;
 ϵ_m Emissivität der Oberfläche eines Bauteils;

| | |
|----------------|--|
| κ | Anpassungsfaktor; |
| λ_{al} | Wärmeleitfähigkeit von Aluminium; |
| λ_p | Wärmeleitfähigkeit des Brandschutzmaterials; |
| μ_0 | Ausnutzungsgrad zum Zeitpunkt $t = 0$; |
| ρ_{al} | Rohdichte von Aluminium; |
| ρ_p | Rohdichte des Brandschutzmaterials. |

2 Grundlagen der Bemessung

2.1 Anforderungen

2.1.1 Grundlegende Anforderungen

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

(2)P Wird eine Unterteilung in Brandabschnitte gefordert, müssen die betreffenden Bauteile so bemessen und ausgeführt werden, dass ihre raumabschließende Wirkung während der maßgebenden Brandbeanspruchung aufrechterhalten bleibt, d. h.:

- kein Raumabschlussversagen infolge von Rissen, Löchern oder anderen Öffnungen, die groß genug sind, um eine Brandausbreitung durch heiße Gase oder Flammen zu verursachen – Kriterium E;
- kein Wärmedämmversagen infolge von Temperaturen höher als Entzündungstemperaturen auf der brandabgewandten Oberfläche – Kriterium I.

(3) Die Einhaltung von dem Kriterium I darf vorausgesetzt werden, wenn der Temperaturanstieg bei Normbrandbeanspruchung auf der abgewandten Oberfläche im Mittel 140 K und maximal 180 K nicht überschreitet.

(4)P Bauteile müssen die Versagenskriterien R, E und I wie folgt erfüllen:

- für raumabschließende Funktion nur E und I;
- für Tragfähigkeitsfunktion nur R;
- für raumabschließende und Tragfähigkeitsfunktion R, E und I.

ANMERKUNG EN 1999-1-2 behandelt ausschließlich das Kriterium R. Die in dieser Norm angegebenen Materialeigenschaften können verwendet werden, um die Temperaturen für das Kriterium I zu berechnen.

(5) Verformungskriterien für die lastabtragende Konstruktion sind in der Regel zu beachten, wenn Schutzziele oder Anforderungen an raumabschließende Bauteile dies erfordern.

(6) Mit Ausnahme von (5) brauchen die Verformungen der lastabtragenden Konstruktion nicht berücksichtigt werden, wenn eines der folgenden Kriterien zutrifft:

- die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen wird nach 3.3.2 nachgewiesen;
- die raumabschließenden Bauteile erfüllen die Anforderungen bei einer Normbrandbeanspruchung.

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

2.1.2 Brandbeanspruchung mit nomineller Brandkurve

(1) Bei einer Beanspruchung durch die Einheits-Temperaturzeitkurve müssen die Bauteile das Kriterium R in der Regel wie folgt erfüllen:

Nur lastabtragend: mechanischer Widerstand (Kriterium R).

(2) Es wird unterstellt, dass das Kriterium R erfüllt ist, wenn die lastabtragende Funktion über die geforderte Dauer der Brandbeanspruchung erhalten bleibt.

(3) Bei der Verwendung der Hydrokarbonbrandkurve gelten in der Regel die gleichen Kriterien. Jedoch ist in dem Falle der Bezug auf diese spezielle Kurve durch die Buchstaben HC deutlich zu machen.

2.1.3 Parametrische Brandbeanspruchung

(1) Die lastabtragende Funktion ist sichergestellt, wenn kein Versagen während der gesamten Brandeinwirkung einschließlich der Abkühlphase oder innerhalb einer geforderten Widerstandsdauer eintritt.

2.2 Einwirkungen

(1) Die thermischen und mechanischen Einwirkungen sind in der Regel EN 1991-1-2 zu entnehmen.

(2) Die Werte für $\dot{h}_{\text{net,d}}$ sind in der Regel der EN 1991-1-2 zu entnehmen. Dabei gilt:

$\varepsilon_m = 0,3$ für saubere, unverdeckte Oberflächen und

$\varepsilon_m = 0,7$ für beschichtete und verdeckte (z. B. verrußte) Oberflächen.

2.3 Bemessungswerte der Materialeigenschaften

(1) Die Bemessungswerte der mechanischen Materialeigenschaften $X_{\text{fi,d}}$ sind wie folgt definiert:

$$X_{\text{fi,d}} = k_{\theta} X_k / \gamma_{\text{M,fi}} \quad (2.1)$$

Dabei ist

X_k der charakteristische Wert einer Festigkeits- oder Verformungseigenschaft (im Allgemeinen f_k oder E_k) bei der Bemessung für Normaltemperatur nach EN 1999-1-1;

$X_{k,\theta}$ der Wert einer Materialeigenschaft im Brandfall und hängt im Allgemeinen von der Materialtemperatur ab, siehe Abschnitt 3;

k_{θ} der Reduktionsfaktor einer Festigkeits- oder Verformungseigenschaft ($X_{k,\theta} / X_k$) in Abhängigkeit von der Werkstofftemperatur, siehe Abschnitt 3.

ANMERKUNG Der Teilsicherheitsbeiwert für die mechanischen Eigenschaften von Aluminium im Brandfall ist im Nationalen Anhang geregelt. Die Verwendung von $\gamma_{\text{M,fi}} = 1,0$ wird empfohlen.

(2) Die Bemessungswerte der thermischen Materialeigenschaften $X_{\text{fi,d}}$ sind wie folgt definiert:

— wenn sich eine Vergrößerung der Eigenschaft günstig auf die Sicherheit auswirkt:

$$X_{\text{fi,d}} = X_{k,\theta} / \gamma_{\text{M,fi}} \quad (2.2a)$$

— wenn sich eine Vergrößerung der Eigenschaft ungünstig auf die Sicherheit auswirkt:

$$X_{fi,d} = \gamma_{M,fi} X_{k,0} \quad (2.2b)$$

ANMERKUNG Der Teilsicherheitsbeiwert für die thermischen Eigenschaften von Aluminium im Brandfall ist im Nationalen Anhang geregelt. Die Verwendung von $\gamma_{M,fi} = 1,0$ wird empfohlen.

2.4 Nachweisverfahren

2.4.1 Allgemeines

(1)P Das Tragwerksmodell, das der Bemessung nach dieser Norm EN 1999-1-2 zugrunde gelegt wird, muss das zu erwartende Tragverhalten der Konstruktion im Brandfall widerspiegeln.

ANMERKUNG Wenn die in dieser Norm EN 1999-1-2 angegebenen Regeln ausschließlich für Brandbeanspruchung nach der Einheits-Temperaturzeitkurve gültig sind, dann wird in den entsprechenden Abschnitten darauf hingewiesen.

(2)P Es ist nachzuweisen, dass für die maßgebende Dauer t der Brandbeanspruchung gilt:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t} \quad (2.3)$$

Dabei ist

$E_{fi,d}$ der Bemessungswert der Einwirkungen im Brandfall nach EN 1991-1-2 einschließlich temperaturbedingter Längenänderungen und Durchbiegungen;

$R_{fi,d,t}$ der entsprechende Bemessungswert der Tragfähigkeit im Brandfall bei erhöhter Temperatur.

(3) Die Tragwerksbemessung im Brandfall ist in der Regel nach EN 1990, 5.1.4 (2) durchzuführen.

ANMERKUNG 1 Für die Bauteilberechnung siehe 2.4.2; für die Berechnung von Teiltragwerken siehe 2.4.3; für die Gesamttragwerksberechnung siehe 2.4.4.

ANMERKUNG 2 Zum Nachweis der Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer ist eine Bauteilberechnung ausreichend.

(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.

2.4.2 Bauteilberechnung

(1) Die mechanischen Einwirkungen sind in der Regel zum Zeitpunkt $t = 0$ unter Verwendung der Kombinationsfaktoren $\psi_{1,1}$ oder $\psi_{2,1}$ nach EN 1991-1-2, 4.3.1, zu bestimmen.

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

$$E_{fi,d} = \eta_{fi} E_d \quad (2.4)$$

Dabei ist

E_d der Bemessungswert für die entsprechende Schnittgröße aus der Bemessung bei Normaltemperatur für eine Grundkombination der Einwirkungen (siehe EN 1990).

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

(3) Der Reduktionsfaktor η_{fi} ist in der Regel für die Lastkombination (6.10) aus EN 1990 wie folgt zu bestimmen:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}} \quad (2.5)$$

oder für die Lastkombination (6.10a) und (6.10b) nach EN 1990 durch den kleineren Wert der beiden folgenden Gleichungen:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}} \quad (2.5a)$$

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} Q_{k,1}}{\xi \gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}} \quad (2.5b)$$

Dabei ist

- $Q_{k,1}$ die maßgebende veränderliche Einwirkung;
- G_k der charakteristische Wert für ständige Einwirkungen;
- γ_G der Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen;
- $\gamma_{Q,1}$ der Teilsicherheitsbeiwert für die 1. veränderliche Einwirkung;
- ψ_{fi} der Kombinationsbeiwert für häufige Einwirkungen, gegeben durch $\psi_{1,1}$ oder $\psi_{2,1}$;
- ξ der Reduktionsfaktor für ungünstige ständige Einwirkungen G .

ANMERKUNG 1 Die Werte von γ_G , $\gamma_{Q,1}$, ψ_{fi} und ξ dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. EN 1990 gibt hierzu Vorschläge an. In EN 1991-1-2 wird vorgeschlagen, anstelle von ψ_{fi} den Wert von $\psi_{2,1}$ zu wählen.

ANMERKUNG 2 Bild 1 zeigt den Verlauf des Reduktionsfaktors η_{fi} in Abhängigkeit von dem Lastverhältnis $Q_{k,1}/G_k$ für verschiedene Werte des Kombinationsfaktors $\psi_{fi} = \psi_{1,1}$ nach Gleichung (2.5) unter folgenden Annahmen: $\gamma_{GA} = 1,0$, $\gamma_G = 1,35$ und $\gamma_Q = 1,5$. Teilsicherheitsbeiwerte werden in den Nationalen Anhängen von EN 1990 als empfohlene Werte angegeben. Die Gleichungen (2.5a) und (2.5b) ergeben leicht höhere Werte.

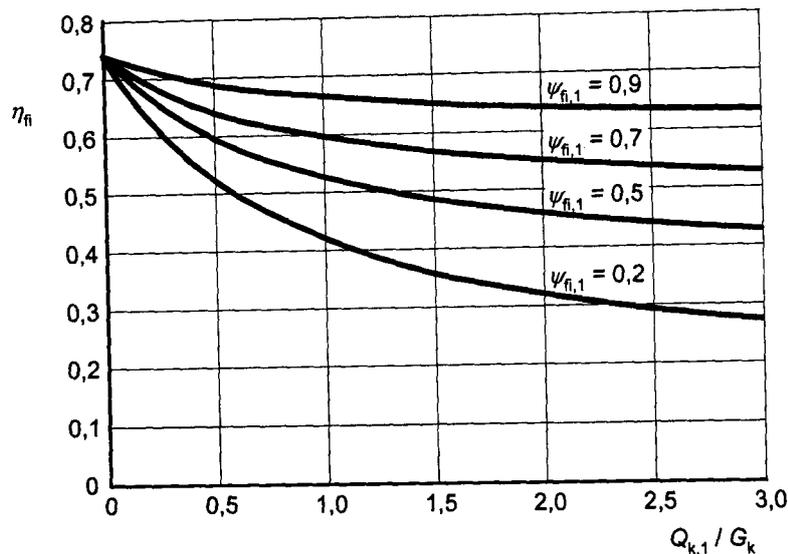


Bild 1 — Verlauf des Reduktionsfaktors η_n in Abhängigkeit des Lastverhältnisses $Q_{k,1}/G_k$

ANMERKUNG 3 Vereinfacht darf ein empfohlener Wert von $\eta_n = 0,65$ verwendet werden; allerdings wird für Verkehrslasten der Lastgruppe E nach EN 1991-1-1 der Wert 0,7 empfohlen (Bereiche, wo eine Anhäufung von Gegenständen zu erwarten ist; einschließlich Zugangsbereiche).

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

(5) Die Randbedingungen an Auflagern und Enden von Bauteilen dürfen während des gesamten Brandverlaufes als unveränderlich angenommen werden.

(6) Die vereinfachten oder die allgemeinen Bemessungsverfahren, die in 4.2 und 4.3 angegeben sind, sind für den Nachweis von Bauteilen im Brandfall geeignet.

2.4.3 Teiltragwerksberechnung

(1) Es gilt Regel 2.4.2 (1)

(2) Alternativ zur Durchführung einer Tragwerksberechnung für den Brandfall zum Zeitpunkt $t = 0$, dürfen die Schnittgrößen an den Auflagern und Rändern des Teiltragwerks aus der Berechnung bei Normaltemperatur nach 2.4.2 ermittelt werden.

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

(4) Für das zu bemessene Teiltragwerk sind in der Regel die maßgebende Versagensart im Brandfall, die temperaturabhängigen Materialparameter und Bauteilsteifigkeiten sowie Auswirkungen von temperaturabhängigen Ausdehnungen und Verformungen (indirekte Einwirkungen im Brandfall) zu berücksichtigen.

(5) Während der Brandbeanspruchung dürfen die Randbedingungen an den Lagern sowie die Schnittgrößen an den Rändern des Teiltragwerkes als unveränderlich angenommen werden.

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

2.4.4 Gesamttragwerksberechnung

(1) Gesamttragwerksberechnungen für den Brandfall sind in der Regel unter Berücksichtigung des maßgebenden Versagenszustandes unter Brandbeanspruchung, der temperaturabhängigen Werkstoffeigenschaften und Bauteilsteifigkeiten und der Auswirkungen temperaturbedingter Längenänderungen und Verformungen durchzuführen.

3 Materialeigenschaften

3.1 Allgemeines

(1) Die in diesem Abschnitt angegebenen Werte der Werkstoffeigenschaften sind in der Regel als charakteristische Werte zu betrachten, es sei denn, sie werden direkt als Bemessungswerte angegeben.

(2) Die mechanischen Werkstoffeigenschaften von Aluminium bei 20 °C sind in der Regel EN 1999-1-1 zu entnehmen.

3.2 Mechanischen Eigenschaften von Aluminiumlegierungen

3.2.1 Festigkeits- und Verformungseigenschaften

(1) Die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze ist für unterschiedliche Aluminiumlegierungen bei erhöhten Temperaturen unter Verwendung von Tabelle 1 nach folgender Gleichung zu berechnen. Sie gilt für Brandbeanspruchung bis zu 2 h:

$$f_{0,\theta} = k_{0,\theta} \cdot f_0$$

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 Normaltemperatur nach EN 1999-1-1.

(2) Für Zwischenwerte der Aluminiumtemperatur darf Bild 2a oder 2b verwendet oder linear interpoliert werden.

Tabelle 1a — Reduktionsfaktor $k_{0,0}$ für die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze von Aluminiumlegierungen bei erhöhten Temperaturen und einer Temperaturbeanspruchung bis zu 2 h

| 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 ¹⁾ | 1,00 | 0,93 | 0,87 | 0,66 | 0,37 | 0,19 | 0,10 | 0 |
| EN AW-5052 | H34 ²⁾ | 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 ³⁾ | 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 ⁴⁾ | 1,00 | 0,91 | 0,84 | 0,71 | 0,38 | 0,19 | 0,09 | 0 |
| EN AW-6082 | T4 ⁵⁾ | 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 |

1) Die Werte dürfen auch für Zustand H24/H34/H12/H32 verwendet werden.
2) Die Werte dürfen auch für Zustand H12/H22/H32 verwendet werden.
3) Die Werte dürfen auch für Zustand H22/H32 verwendet werden.
4) Die Werte dürfen auch für EN AW-6060 T6 und T66 verwendet werden.
5) 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 1a abgedeckt, aber in EN 1999-1-1, Tabelle 3.2a und 3.2b aufgelistet sind, sind in der Regel durch Versuche zu dokumentieren. Alternativ können die unteren Grenzwerte für die 0,2 %-Dehngrenze nach Tabelle 1b verwendet werden.

Tabelle 1b — Unterer Grenzwert des Reduktionsfaktors $k_{0,0}$ für die Spannung an der 0,2%-Dehngrenze von Aluminiumlegierungen bei erhöhten Temperaturen und einer Temperaturbeanspruchung bis zu 2 h

| | Temperatur der Aluminiumlegierung in °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 |

Der Anhang A gibt Festigkeitsreduktionsfaktoren $k_{0,0}$ für einige Legierungen und Zustände, die nicht in EN 1999-1-1, Tabelle 3.2a und 3.2b 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 $E_{al,0}$ nach zweistündiger Temperaturbeanspruchung ist in der Regel Tabelle 2 zu entnehmen.

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

Tabelle 2 — 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 Reduktionsfaktor $k_{o,\theta}$ für die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze und das Verhältnis $E_{al,\theta}/E_{al}$ von Aluminiumlegierungen bei der erhöhten Temperatur $\theta_{al}/^{\circ}\text{C}$ werden in den Bildern 2a und 2b für eine Temperaturbeanspruchung bis zu 2 h gezeigt.

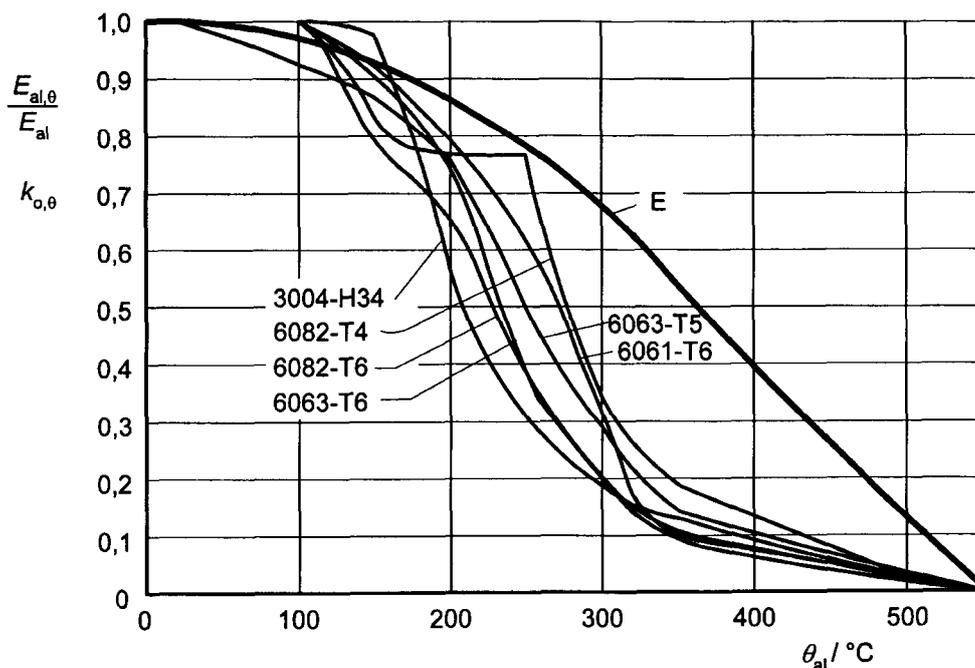


Bild 2a — Der Reduktionsfaktor $k_{o,\theta}$ für die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze und das Verhältnis $E_{al,\theta}/E_{al}$ von Aluminiumlegierungen bei der erhöhten Temperatur $\theta_{al}/^{\circ}\text{C}$ mit einer Temperaturbeanspruchung bis zu 2 h, EN-AW 3004 und 6xxx-Legierungen aus Tabelle 1a

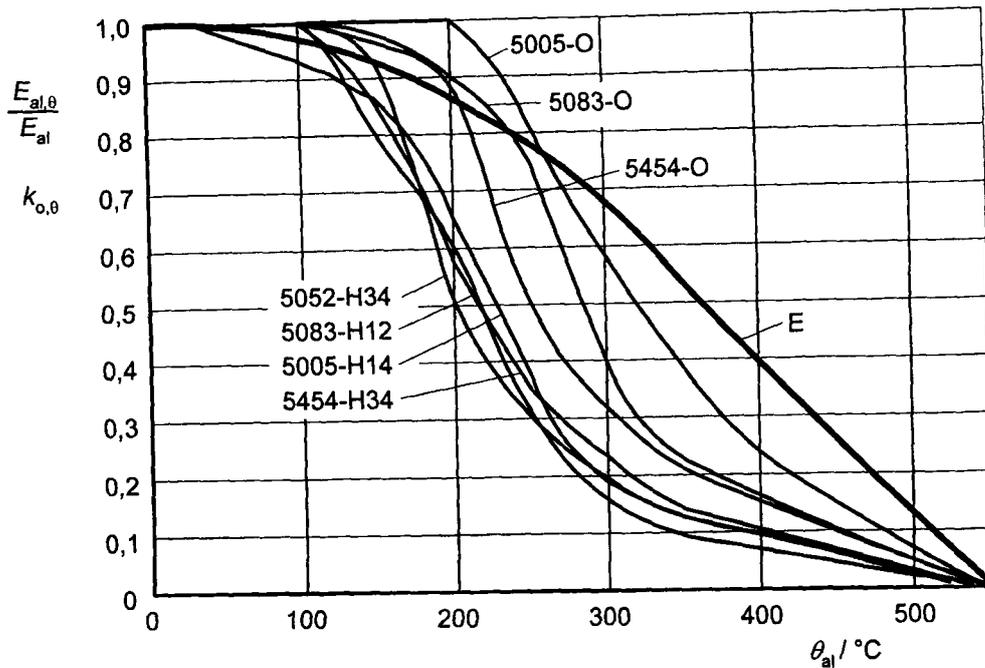


Bild 2b — Der Reduktionsfaktor $k_{o,\theta}$ für die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze und das Verhältnis $E_{al,\theta}/E_{al}$ von Aluminiumlegierungen bei der erhöhten Temperatur $\theta_{al}/^{\circ}\text{C}$ mit einer Temperaturbeanspruchung bis zu 2 h, EN-AW-5xxx-Legierungen aus Tabelle 1a

3.2.2 Rohdichte

(1) Die Rohdichte von Aluminium ρ_{al} ist in der Regel als temperaturunabhängig zu betrachten. Der folgende Wert ist in der Regel zu verwenden:

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

3.3 Thermische Eigenschaften

3.3.1 Aluminiumlegierungen

3.3.1.1 Thermische Dehnung

(1) Die thermische Dehnung von Aluminiumlegierungen $\Delta l/l$ ist in der Regel wie folgt zu ermitteln:

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

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

Dabei ist

l die Bauteillänge bei 20°C ;

Δl die temperaturbedingte Verlängerung des Bauteils.

ANMERKUNG Den Verlauf der bezogenen thermischen Dehnung in Abhängigkeit von der Temperatur zeigt Bild 3.

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

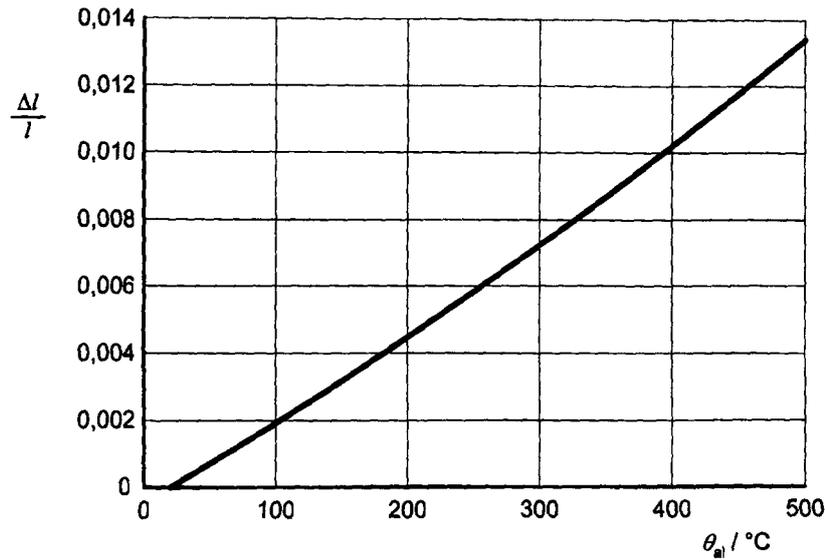


Bild 3 — Thermische Dehnung von Aluminiumlegierungen als Funktion der Temperatur

3.3.1.2 Spezifische Wärme

(1) Die spezifische Wärme von Aluminium c_{al} ist in der Regel wie folgt zu ermitteln:

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

$$c_{al} = 0,41 \cdot \theta_{al} + 903 \text{ (J/kg °C)}$$

ANMERKUNG Den Verlauf der spezifischen Wärme zeigt Bild 4.

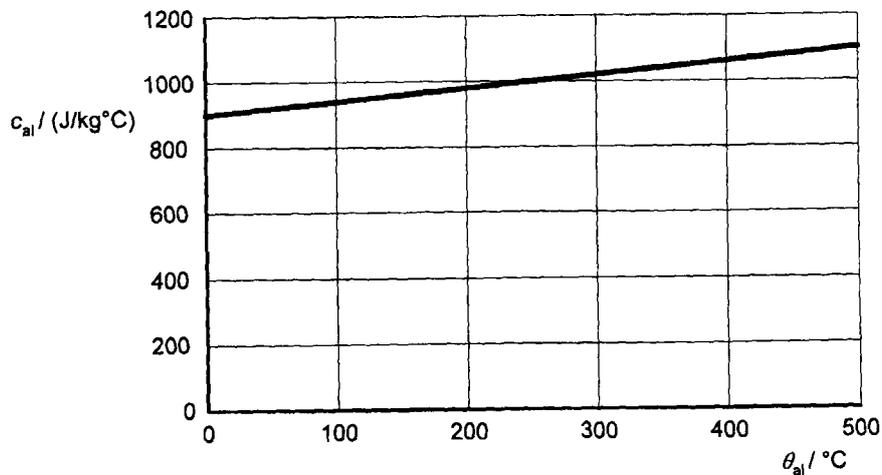


Bild 4 — Spezifische Wärme von Aluminiumlegierungen als Funktion der Temperatur

3.3.1.3 Wärmeleitfähigkeit

(1) Die Wärmeleitfähigkeit von Aluminiumlegierungen λ_{al} für $0\text{ °C} < \theta_{al} < 500\text{ °C}$ ist in der Regel wie folgt zu ermitteln:

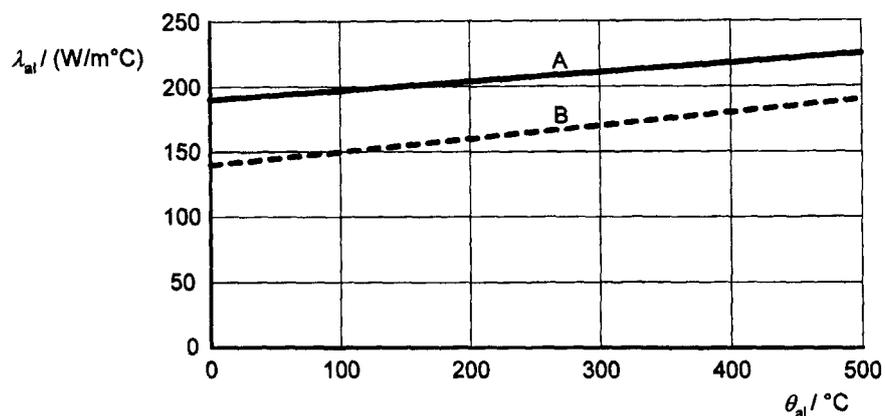
a) für Legierungen in 3xxx- und 6xxx-er Serien:

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

b) für Legierungen in 5xxx- und 7xxx-er Serien:

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

ANMERKUNG Den Verlauf der Wärmeleitfähigkeit zeigt Bild 5.



A: 3xxx, 6xxx-er Serien
B: 5xxx, 7xxx-er Serien

Bild 5 — Wärmeleitfähigkeit von Aluminiumlegierungen als Funktion der Temperatur

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

3.3.2 Brandschutzbekleidungen

(1) Die Eigenschaften und das Verhalten des zur Bemessung verwendeten Brandschutzmaterials müssen in der Regel sicherstellen, dass die Brandschutzbekleidung während der entsprechenden Brandbeanspruchung an den Befestigungspunkten haften bleibt.

ANMERKUNG Ein Nachweis für die Eigenschaften von Brandschutzbekleidung ist in der Regel auf der Grundlage von Versuchen zu führen. Zurzeit stehen für solche Materialien in Verbindung mit Aluminiumkonstruktionen keine Europäischen Normen zur Verfügung. Ein Beispiel für einen solchen Versuch gibt ENV 13381-4 für die Verwendung von brandschutzbekleideten Stahlbauteilen.

4 Tragwerksbemessung im Brandfall

4.1 Allgemeines

(1) Dieser Abschnitt gibt Regeln für Aluminiumkonstruktionen an, die entweder

- ungeschützt,
- durch Brandschutzmaterialien isoliert oder
- durch Wärmeschilde geschützt sind.

ANMERKUNG Beispiele für andere Brandschutzmaßnahmen sind Wasserfüllung oder eine teilweise Einbindung in Decken und Wänden.

(2) Die Feuerwiderstandsfähigkeit ist in der Regel nach einer oder mehreren der folgenden Methoden zu bestimmen:

- vereinfachte Berechnungsverfahren;
- allgemeine Berechnungsverfahren;
- Versuche.

(3) Vereinfachte Berechnungsverfahren sind vereinfachte Bemessungsmethoden für einzelne Bauteile auf der Grundlage konservativer Annahmen.

(4) Allgemeine Berechnungsverfahren sind Bemessungsmethoden, bei denen Ingenieurmethoden in realistischer Weise auf bestimmte Fälle angewendet werden.

4.2 Vereinfachte Berechnungsverfahren

4.2.1 Allgemeines

(1)P Die Tragfähigkeit eines Aluminiumtragwerks oder -bauteils darf innerhalb einer Zeit t als sichergestellt angesehen werden, wenn gilt:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t} \quad \boxed{\text{AC}} \quad (4.1) \quad \boxed{\text{AC}}$$

Dabei ist

$E_{fi,d}$ der Bemessungswert der Beanspruchung im Brandfall nach EN 1991-1-2 (Schnittkräfte und -momente $M_{fi,Ed}$, $N_{fi,Ed}$, $V_{fi,Ed}$ einzeln oder in Kombination);

$R_{fi,d,t}$ der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit von Aluminiumtragwerken oder -bauteilen im Brandfall zu einem Zeitpunkt t ($M_{fi,t,Rd}$, $M_{b,fi,t,Rd}$, $N_{fi,t,Rd}$, $N_{b,fi,t,Rd}$, $V_{fi,t,Rd}$ einzeln oder in Kombination).

(2) Der Bemessungswert der Beanspruchbarkeit $R_{fi,d,t}$ ist in der Regel zu bestimmen, indem die Tragfähigkeit bei Raumtemperatur nach EN 1999-1-1 unter Berücksichtigung der Temperaturverteilung zum Zeitpunkt t in dem Bauteil abgemindert wird. Dadurch werden die mechanischen Eigenschaften von Aluminiumlegierungen bei erhöhten Temperaturen berücksichtigt (siehe auch 3.2.1 und 3.2.2).

(3) Die Tragfähigkeit von Bauteilverbindungen muss nicht nachgewiesen werden, vorausgesetzt, der thermische Widerstand $(d_p / \lambda_p)_c$ der Brandschutzbekleidung der Verbindung ist mindestens so groß wie der kleinste Wert des thermische Widerstandes $(d_p / \lambda_p)_M$ der Brandschutzbekleidung der anschließenden Bauteile.

(4) Bei geschweißten Verbindungen muss der Festigkeitsabfall im Bereich der Wärmeeinflusszone berücksichtigt werden.

(5) Es kann davon ausgegangen werden, dass den Anforderungen der Abschnitte 4.2.2.2, 4.2.2.3 und 4.2.2.4 entsprochen wird, wenn zum Zeitpunkt t die Aluminiumtemperatur θ_{al} an allen Querschnitten nicht mehr als 170 °C beträgt.

4.2.2 Tragfähigkeit

4.2.2.1 Querschnittsklassifizierung

(1) Für die Bemessung im Brandfall ist die Querschnittsklassifizierung in der Regel wie für die Bemessung bei Normaltemperatur nach EN 1999-1-1, 6.1.4, vorzunehmen.

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

4.2.2.2 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 darf wie folgt berechnet werden:

$$N_{fi,t,Rd} = \sum A_i k_{o,\theta,i} f_{o,i} / \gamma_{M,fi} \quad (4.2)$$

Dabei ist

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

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

(2) Der Bemessungswert der Tragfähigkeit $N_{fi,\theta,Rd}$ eines auf Zug beanspruchten Bauteils mit gleichförmiger Querschnittstemperatur θ_{al} ist in der Regel wie folgt zu berechnen:

$$N_{fi,\theta,Rd} = k_{o,\theta} N_{Rd} (\gamma_{Mx} / \gamma_{M,fi}) \quad (4.3)$$

Dabei ist

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

Der Bemessungswert der Tragfähigkeit $N_{fi,\theta,Rd}$ ist der Wert, der durch die Kombination von N_{Rd} mit γ_{Mx} die geringste Tragfähigkeit ergibt.

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

4.2.2.3 Träger

(1) Der Bemessungswert der Biegemomententragfähigkeit $M_{fi,t,Rd}$ von Querschnitten der Klassen 1 oder 2 zum Zeitpunkt t mit ungleichförmiger Temperaturverteilung über den Querschnitt darf wie folgt berechnet werden:

$$M_{fi,t,Rd} = \sum A_i z_i k_{o,\theta,i} f_o / \gamma_{M,fi} \quad (4.4)$$

Dabei ist

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

(2) Der Bemessungswert der Biegemomententragfähigkeit $M_{fi,t,Rd}$ von Querschnitten der Klassen 3 oder 4 zum Zeitpunkt t mit ungleichförmiger Temperaturverteilung über den Querschnitt darf wie folgt berechnet werden:

$$M_{fi,t,Rd} = k_{o,\theta,max} M_{Rd} (\gamma_{Mx} / \gamma_{M,fi}) \quad \text{AC (4.5) AC}$$

Dabei ist

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

M_{Rd} der Bemessungswert der Biegemomententragfähigkeit 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} der Teilsicherheitsbeiwert für die Werkstoffeigenschaft nach EN 1999-1-1. γ_{M1} wird in Verbindung mit $M_{c,Rd}$ und γ_{M2} mit $M_{u,Rd}$ verwendet.

Der Bemessungswert der Tragfähigkeit $M_{fi,t,Rd}$ ist der Wert, der durch die Kombination von M_{Rd} mit γ_{Mx} die geringste Tragfähigkeit ergibt.

(3) Der Bemessungswert der Biegemomententragfähigkeit $M_{fi,t,Rd}$ von Querschnitten der Klasse 1, 2, 3 oder 4 mit gleichförmiger Querschnittstemperatur θ_{al} zum Zeitpunkt t darf wie folgt berechnet werden:

$$M_{fi,t,Rd} = k_{o,\theta} M_{Rd} (\gamma_{Mx} / \gamma_{M,fi}) \quad \text{AC (4.6) AC}$$

Dabei ist

M_{Rd} der Bemessungswert der Biegemomententragfähigkeit des Querschnitts für die Bemessung bei Normaltemperatur. M_{Rd} ist entweder $M_{c,Rd}$ oder $M_{u,Rd}$;

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

Der Bemessungswert der Tragfähigkeit $M_{fi,t,Rd}$ ist der Wert, der durch die Kombination von M_{Rd} mit γ_{Mx} die geringste Tragfähigkeit ergibt.

(4) Für biegedrillknickgefährdete Träger, die nicht seitlich gehalten sind, darf der Bemessungswert der Biegedrillknickmomententragfähigkeit $M_{b,fi,t,Rd}$ zum Zeitpunkt t wie folgt bestimmt werden:

$$M_{b,fi,t,Rd} = k_{o,\theta,max} M_{b,Rd} (\gamma_{M1} / \gamma_{M,fi}) \quad \text{AC (4.7) AC}$$

Dabei ist

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

(5) Der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit $V_{fi,t,Rd}$ eines Trägers zum Zeitpunkt t darf wie folgt berechnet werden:

$$V_{fi,t,Rd} = k_{o,\theta} V_{Rd} (\gamma_{M1}/\gamma_{M,\theta}) \quad \text{AC (4.8) AC}$$

Dabei ist

$k_{o,\theta}$ der Abminderungsfaktor für die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze von Aluminium bei einer Temperatur θ_{al} , die der maximalen Temperatur von dem Querschnittsteil entspricht, der die Querkraft überträgt;

V_{Rd} die Querkrafttragfähigkeit des Nettoquerschnitts für Bemessung bei Normaltemperatur nach EN 1999-1-1.

ANMERKUNG Die Bemessungswerte der Tragfähigkeit nach den Gleichungen AC (4.5), (4.7) und (4.8) AC basiert 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, ggf. ergibt sich eine günstigere Klassenzugehörigkeit. Der nationale Anhang kann dazu Berücksichtigungsmöglichkeiten festlegen.

4.2.2.4 Stützen

(1) Der Bemessungswert der Grenznormalkraft (Biegeknicken) zentrisch gedrückter Bauteile $N_{b,fi,t,Rd}$ zum Zeitpunkt t darf wie folgt berechnet werden:

$$N_{b,fi,t,Rd} = k_{o,\theta,max} N_{b,Rd} (\gamma_{M1}/1,2 \gamma_{M,\theta}) \quad \text{AC (4.9) AC}$$

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 relativen Schlankheit gelten die Bestimmungen der EN 1999-1-1.

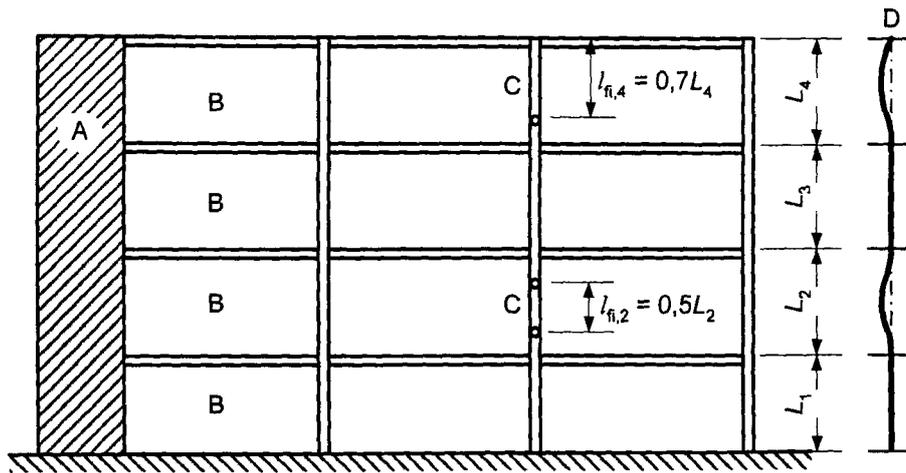
(3) Für die Bestimmung der Knicklänge l_{fi} von Stützen gelten die Regeln nach EN 1999-1-1 mit den im Folgenden aufgeführten Ausnahme.

(4) Stützen in einem betrachteten Stockwerk, die vollständig an die darüber und darunter liegenden Stützen angeschlossen sind, dürfen in diesen Verbindungen als eingespannt angesehen werden, wenn die Feuerwiderstandsklassen der raumabschließenden Bauteile, die die Stockwerke trennen, mindestens gleich der Feuerwiderstandsklasse der Stützen sind.

(5) Im Falle von Rahmentragwerken, bei denen jedes Stockwerk als ein Brandabschnitt mit ausreichendem Feuerwiderstand angesehen wird, entspricht die Knicklänge einer Stütze l_{fi} eines brandbeanspruchten mittleren Stockwerks der Länge $l_{fi} = 0,5L$. Für eine Stütze eines brandbeanspruchten obersten Stockwerks entspricht die Knicklänge l_{fi} im Brandfall der Länge $l_{fi} = 0,7L$ (siehe Bild 6). Dabei ist L die Systemlänge in dem betrachteten Stockwerk.

ANMERKUNG Der Bemessungswert der Tragfähigkeit nach Gleichung AC (4.9) AC 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, ggf. ergibt sich eine günstigere Klassenzugehörigkeit. Der nationale Anhang kann dazu Berücksichtigungsmöglichkeiten festlegen.

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)



- A: Aussteifendes System**
B: Brandabschnitt auf ein Stockwerk begrenzt
C: Knicklänge im Brandfall
D: Knickfigur im Brandfall

Bild 6 — Knicklängen l_{fi} von Stützen in ausgesteiften Tragwerken

(6) Der Bemessungswert der Grenztragfähigkeit eines Bauteils unter kombinierter Biege- und Druckbeanspruchung darf nach EN 1999-1-1 unter Verwendung der Kombinationsregeln für die Bemessung unter Normaltemperatur und den folgenden Bemessungswerten der Einwirkung erfolgen:

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

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

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

Der Bauteilwiderstand im Brandfall ist nach 4.2.2.3 und 4.2.2.4 bestimmt.

4.2.3 Temperaturentwicklung in Aluminium

4.2.3.1 Ungeschützte Bauteile aus Aluminium im Innerhalb von Gebäuden

(1) Bei einer gleichförmigen Querschnittstemperatur darf der Temperaturanstieg $\Delta\theta_{al(t)}$ eines ungeschützten Bauteils während eines Zeitintervalls Δt wie folgt berechnet werden:

$$\Delta\theta_{al(t)} = k_{sh} \frac{1}{c_{al} \rho_{al}} \frac{A_m}{V} \dot{h}_{net} \Delta t \quad \boxed{AC} (4.10) \boxed{AC}$$

Dabei ist

k_{sh} der Korrekturfaktor für den Abschattungseffekt nach 4.2.3.1 (2);

A_m/V der Profilkoeffizient des ungeschützten Bauteils aus Aluminium (m^{-1});

\dot{h}_{net} der flächenbezogene Bemessungswert des Nettowärmestroms, siehe EN 1991-1-2.

(2) Bei I-Querschnitten unter nominaler Brandeinwirkung darf der Korrekturfaktor für den Abschattungseffekt wie folgt bestimmt werden:

$$k_{sh} = 0,9 \frac{(A_m/V)_b}{A_m/V} \quad \text{AC (4.11) AC}$$

Dabei ist

$(A_m/V)_b$ der Profilmfaktor für den das Profil umschließenden Kasten.

In allen anderen Fällen ist der Wert von k_{sh} in der Regel wie folgt zu berechnen:

$$k_{sh} = \frac{(A_m/V)_b}{A_m/V} \leq 1,0 \quad \text{AC (4.12) AC}$$

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.: $k_{sh} = 1,0$) führt zu konservativen Ergebnissen.

(3) Der Wert von $i_{met,d}$ ist in der Regel nach EN 1991-1-2 unter Verwendung von $e_f = 1,0$ und e_m nach 2.2(2) zu ermitteln. Die Größen e_f und e_m sind in EN 1991-1-2 definiert.

(4) Die Schrittweite Δt ist in der Regel nicht größer als 5 s zu wählen.

(5) Die Größe des Profilmfaktors A_m/V in Gleichung AC (4.10) AC ist in der Regel nicht kleiner als 10 m^{-1} zu wählen.

(6) Bei der Berechnung der brandbeanspruchten Oberfläche A_m sind Vertiefungen mit Spaltbreiten kleiner 20 mm in der Regel nicht mit zu berücksichtigen. Bei Vertiefungen mit Spaltbreiten $> 20 \text{ mm}$ darf die Vertiefung für die brandbeanspruchte Fläche mit angesetzt werden, siehe Bild 7.

ANMERKUNG Tabelle 3 stellt einige Gleichungen für die Berechnung des Bemessungswertes des Profilmfaktors A_m/V von ungeschützten Aluminiumbauteilen zur Verfügung.

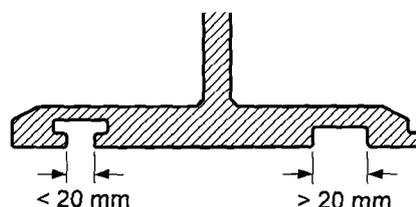
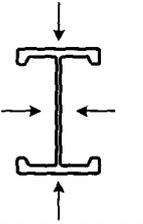
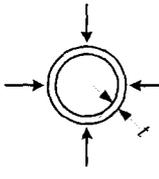
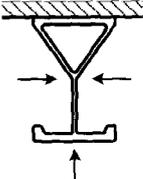
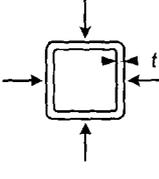
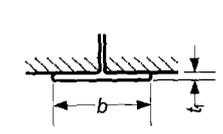
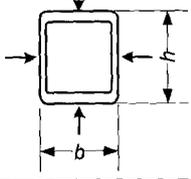
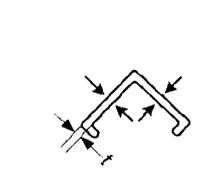
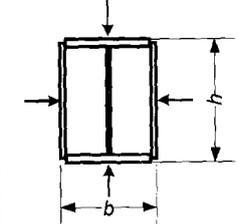
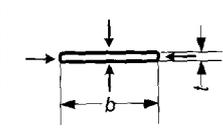
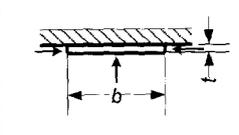


Bild 7 — Beispiele für Vertiefungen mit Spaltbreiten $< 20 \text{ mm}$ und $> 20 \text{ mm}$.

Tabelle 3 — Profilfaktor A_m/V für ungeschützte Bauteile aus Aluminium für eine Erwärmungsberechnung mit einer einheitlichen Querschnittstemperatur

| | | | |
|--|---|---|---|
| Offener Querschnitt mit allseitiger Brandbeanspruchung: | | Rohr mit allseitiger Brandbeanspruchung | |
|  | $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{Umfang}}{\text{Querschnittsfläche}}$ |  | $\frac{A_m}{V} = \frac{1}{t}$ |
| Offener Querschnitt mit dreiseitiger Brandbeanspruchung: | | Hohlquerschnitt (oder geschweißter Kastenquerschnitt mit konstanter Blechdicke) mit allseitiger Brandbeanspruchung: | |
|  | $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{brandgeanspruchte Oberfläche}}{\text{Querschnittsfläche}}$ |  | Für $t \ll b$: $\frac{A_m}{V} \approx \frac{1}{t}$ |
| Flansch eines I-Querschnitts mit dreiseitiger Brandbeanspruchung: | | Kastenquerschnitt mit allseitiger Brandbeanspruchung: | |
|  | $\frac{A_m}{V} = \frac{b + 2t_f}{bt_f}$ für $t_f \ll b$: $\frac{A_m}{V} \approx \frac{1}{t_f}$ |  | $\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{\text{Querschnittsfläche}}$ |
| Winkel (oder beliebiger offener Querschnitt mit konstanter Blechdicke) mit allseitiger Brandbeanspruchung: | | I-Querschnitt mit Kastenverstärkung und allseitiger Brandbeanspruchung | |
|  | $\frac{A_m}{V} = \frac{2}{t}$ |  | $\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{\text{Querschnittsfläche}}$ |
| Flachstahl mit allseitiger Brandbeanspruchung: | | Flachstahl mit dreiseitiger Brandbeanspruchung: | |
|  | $\frac{A_m}{V} = \frac{2b + 2t}{bt}$ für $t \ll b$: $\frac{A_m}{V} \approx \frac{2}{t}$ |  | $\frac{A_m}{V} = \frac{b + 2t}{bt}$ für $t \ll b$: $\frac{A_m}{V} \approx \frac{1}{t}$ |

4.2.3.2 Bekleidete Aluminiumbauteile innerhalb von Gebäuden

(1) Für eine gleichförmige Querschnittstemperatur ist der Temperaturanstieg $\Delta\theta_{al}(t)$ bekleideter Bauteile im Zeitintervall Δt in der Regel wie folgt zu berechnen:

$$\Delta\theta_{al}(t) = \frac{\lambda_p/d_p}{c_{al}\rho_{al}} \frac{A_p}{V} \left[\frac{1}{1+\phi/3} \right] (\theta(t) - \theta_{al}(t)) \Delta t - (e^{\phi/10} - 1) \Delta\theta(t) \quad \text{AC} (4.13) \text{AC}$$

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

mit

$$\phi = \frac{c_p\rho_p}{c_{al}\rho_{al}} d_p \frac{A_p}{V} \quad \text{AC} (4.14) \text{AC}$$

Dabei ist

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

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

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

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

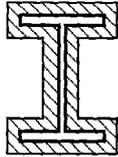
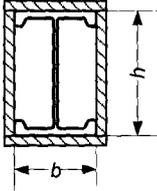
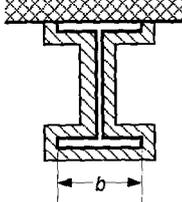
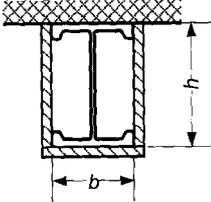
(2) Der Wert für Δt ist in der Regel nicht größer als 30 s zu wählen.

(3) In Tabelle 4 werden einige Bemessungswerte für den Profilmfaktor A_p/V bekleideter Aluminiumbauteile angegeben.

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

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

Tabelle 4 — Profilkfaktor 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 | $\frac{\text{Aluminiumoberfläche}}{\text{Aluminiumquerschnittsfläche}}$ |
|  | Kastenbekleidung mit konstanter Dicke bei allseitiger Beflammung | $\frac{2(b+h)}{\text{Aluminiumquerschnittsfläche}}$ |
|  | Profilfolgende Bekleidung mit konstanter Dicke und dreiseitiger Beflammung | $\frac{\text{Aluminiumoberfläche} - b}{\text{Aluminiumquerschnittsfläche}}$ |
|  | Kastenbekleidung mit konstanter Dicke und dreiseitiger Beflammung | $\frac{2h+b}{\text{Aluminiumquerschnittsfläche}}$ |

4.2.3.3 Bauteile aus Aluminium innerhalb von Gebäuden abgeschirmt durch Wärmeschilde

(1) Die unten angegebenen Bestimmungen gelten für folgende zwei Fälle:

- Aluminiumbauteile in Hohlräumen, die oben durch eine Decke und unten durch einen horizontalen Wärmeschild eingeschlossen sind;
- Aluminiumbauteile in Hohlräumen, die auf beiden Seiten durch vertikale Wärmeschilde eingeschlossen sind.

(2) Der Temperaturzuwachs $\Delta\theta_{ai}$ von durch Wärmeschilde geschützten Aluminiumbauteilen im Gebäudeinneren ist in der Regel auf der Grundlage der in Abschnitt 4.2.3.1 bzw. 4.2.3.2 angegebenen Verfahren zu berechnen. Dabei ist als Umgebungstemperatur θ_t die Temperatur im Hohlraum anzunehmen.

(3) Die Eigenschaften und das Verhalten der Wärmeschilde sind in der Regel durch Versuche nach CEN/TS 13381-1 oder ENV 13381-2 zu bestimmen.

(4) Die Temperaturentwicklung in dem Hohlraum, in dem sich das Bauteil befindet, ist in der Regel durch Normbrandversuche nach CEN/TS 13381-1 oder ENV 13381-2 zu bestimmen oder mit einem anerkannten Verfahren zu berechnen.

(5) Bei der Berechnung von $\Delta\theta_{ai}$ dürfen die Wärmeübergangskoeffizienten α_c für Konvektion und α_r für Strahlung alternativ zu den Werten nach EN 1991-1-2 durch Versuche nach CEN/TS 13381-1 oder ENV 13381-2 bestimmt werden.

4.2.3.4 Außenbauteile aus Aluminium

(1) Bei der Bestimmung der Temperatur von Außenbauteilen aus Aluminium sind in der Regel folgende Punkte zu berücksichtigen:

- der Wärmestrom infolge Strahlung in dem Brandabschnitt;
- der Wärmestrom infolge Strahlung und Konvektion durch Flammen, die durch Öffnungen heraus schlagen;
- die Wärmeabgabe durch Strahlung und Konvektion der Bauteile aus Aluminiumlegierung 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 sind in der Regel entweder

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

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

ANMERKUNG Anhang B gibt weitere Informationen.

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

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

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

ANMERKUNG 1 In Anhang B sind die empfohlenen Verfahren angegeben.

ANMERKUNG 2 Für eine Bemessung nach Anhang B ist in der Regel das Verfahren nach EN 1991-1-2 anzuwenden. Die dort beschriebenen Randbedingungen für den Brandfall in einem Brandabschnitt und für die aus Öffnungen schlagenden Flammen sind in der Regel als Grundlage für die Berechnung des Wärmeübergangs durch Strahlung und Konvektion zu berücksichtigen.

4.3 Allgemeine Berechnungsverfahren

4.3.1 Allgemeines

(1) Allgemeine Berechnungsverfahren müssen in der Regel eine wirklichkeitsnahe Beschreibung des Tragwerkes im Brandfall liefern. Sie sollten auf grundlegenden physikalischen Gesetzen aufbauen, so dass sie zu einer zuverlässigen Modellierung des zu erwartenden Verhaltens der maßgebenden Bauteile im Brandfall führen.

(2) Jede mögliche Versagensform, die durch das allgemeine Berechnungsverfahren nicht erfasst wird (einschließlich örtliches Beulen und Schubversagen), sind in der Regel durch geeignete Verfahren auszuschließen.

(3) Allgemeine Berechnungsverfahren beinhalten in der Regel getrennte Berechnungsverfahren für:

- die Entwicklung und Verteilung der Bauteiltemperaturen (thermische Analyse);
- das mechanische Tragverhalten der Konstruktion oder Teilen davon (mechanische Analyse).

(4) Allgemeine Berechnungsverfahren dürfen in Verbindung mit jeder Temperaturzeitkurve angewendet werden, vorausgesetzt die Werkstoffkennwerte sind für den maßgebenden Temperaturbereich bekannt.

(5) Allgemeine Berechnungsverfahren dürfen auf jede Art von Querschnitt angewendet werden.

4.3.2 Thermische Analyse

(1) Allgemeine Berechnungsverfahren für die thermische Analyse haben in der Regel auf anerkannten Prinzipien und Annahmen der Theorie der Wärmeübertragung zu beruhen.

(2) Die thermische Analyse haben in der Regel zu berücksichtigen:

- die maßgebenden thermischen Einwirkungen nach EN 1991-1-2;
- die Temperaturabhängigkeit der thermischen Werkstoffkennwerte nach 3.3.

(3) Die Auswirkungen ungleichmäßiger Temperatureinwirkung und der Wärmeübertragung in angrenzende Bauteile dürfen gegebenenfalls berücksichtigt werden.

(4) Die Einflüsse des Feuchtigkeitsgehaltes und des Feuchtigkeitstransportes in Brandschutzbekleidung dürfen auf der sicheren Seite liegend vernachlässigt werden.

4.3.3 Mechanische Analyse

(1) Allgemeine Berechnungsverfahren für die mechanische Analyse haben in der Regel auf der Grundlage der anerkannten Prinzipien und Annahmen der Theorie der technischen Mechanik unter Berücksichtigung der Temperaturabhängigkeit der mechanischen Werkstoffeigenschaften zu beruhen.

(2) Der Einfluss von thermisch bedingter Zwängungen und Spannungen infolge Temperaturerhöhung und Temperaturgradienten ist in der Regel zu berücksichtigen.

- (3) Des Weiteren hat die mechanische Analyse in der Regel folgendes zu berücksichtigen:
- gemeinsame Wirkungen von mechanischen Einwirkungen, geometrischen Imperfektionen und thermischen Einwirkungen;
 - temperaturabhängige mechanische Werkstoffkennwerte nach 3.2;
 - geometrisch nichtlineare Effekte;
 - Auswirkungen nichtlinearer Werkstoffkennwerte einschließlich der Auswirkungen von Be- und Entlastungen auf die Tragwerkssteifigkeit.
- (4) Bei Metalltemperaturen über 170 °C über eine Dauer von über 30 min ist der Auswirkung von transienten thermischen Kriechen in der Regel eine besondere Beachtung zu geben.
- (5) Die im Grenzzustand der Tragfähigkeit entstehenden Verformungen sind in der Regel zu begrenzen, um das Zusammenwirken aller Teile des Tragwerks sicherzustellen.
- (6) Im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist in der Regel auch das Versagen durch Verlust der Auflagerung einzelner Bauteile infolge großer rechnerischer Verformungen zu berücksichtigen.
- (7) Stabilitätsgefährdete Bauteile können unter Ansatz einer sinusförmigen Anfangsimperfektion abgebildet werden. Der Stich in Bauteilmitte ist dann gleich der maximal zulässigen Imperfektion nach EN 1090-3 zu wählen.

4.3.4 Überprüfung von allgemeinen Berechnungsmodellen

- (1) Allgemeine Berechnungsverfahren sind in der Regel anhand entsprechender Versuchsergebnisse auf ihre Genauigkeit zu untersuchen.
- (2) Berechnungsergebnisse können sich auf Temperaturen, Verformungen und Feuerwiderstandsdauern beziehen.
- (3) Um sicherzustellen, dass das Modell die grundsätzlichen Anforderungen erfüllt, sind die Werte der kritischen Parameter in der Regel durch Sensitivitätsanalysen zu prüfen.
- (4) Kritische Parameter können z. B. Knicklänge, Bauteilabmessungen oder Lastniveau sein.

Anhang A (informativ)

Eigenschaften von nicht in EN 1999-1-1 angegebenen Aluminiumlegierungen

Tabelle A.1 — Reduktionsfaktor $k_{0,\theta}$ für die Spannung an der 0,2 %-Dehngrenze von Aluminiumlegierungen unter erhöhten Temperaturen bei zweistündiger Brandbeanspruchung.

| Legierung | Zustand | Temperatur °C | | | | | | | |
|------------|---------|---------------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | | 20 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 550 |
| EN AW-3003 | O | 1,00 | 1,00 | 0,90 | 0,79 | 0,64 | 0,46 | 0,38 | 0 |
| EN AW-3003 | H14 | 1,00 | 1,00 | 0,76 | 0,51 | 0,26 | 0,16 | 0,10 | 0 |
| EN AW-3004 | H38 | 1,00 | 1,00 | 0,88 | 0,46 | 0,25 | 0,16 | 0,10 | 0 |
| EN AW-5005 | H18 | 1,00 | 0,92 | 0,85 | 0,60 | 0,32 | 0,15 | 0,08 | 0 |
| EN AW-5052 | O | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,85 | 0,63 | 0,46 | 0,28 | 0 |
| EN AW-5052 | H38 | 1,00 | 0,98 | 0,80 | 0,44 | 0,24 | 0,16 | 0,10 | 0 |
| EN AW-5154 | O | 1,00 | 1,00 | 0,96 | 0,92 | 0,70 | 0,50 | 0,30 | 0 |
| EN AW-5154 | H34 | 1,00 | 1,00 | 0,89 | 0,61 | 0,37 | 0,26 | 0,16 | 0 |
| EN AW-5454 | H32 | 1,00 | 1,00 | 0,92 | 0,78 | 0,36 | 0,23 | 0,14 | 0 |
| EN AW-5086 | O | 1,00 | 1,00 | 0,96 | 0,91 | 0,70 | 0,46 | 0,30 | 0 |
| EN AW-5086 | H34 | 1,00 | 1,00 | 0,85 | 0,58 | 0,34 | 0,24 | 0,15 | 0 |
| EN AW-6005 | T5 | 1,00 | 0,93 | 0,81 | 0,66 | 0,42 | 0,23 | 0,11 | 0 |

In erster Näherung dürfen für Aluminium EN AW-3103 die $k_{0,\theta}$ -Werte von Aluminium EN AW-3003 verwendet werden.

Anhang B (informativ)

Wärmeübertragung auf Außenbauteile aus Aluminiumlegierungen

B.1 Allgemeines

B.1.1 Grundlagen

- (1) Dieser Anhang B gilt unter der Annahme, dass sich der Brandabschnitt nur über ein Stockwerk erstreckt und alle Fenster und vergleichbaren Öffnungen rechteckig sind.
- (2) Die Temperatur im Brandabschnitt, die Größe und die Temperatur der aus den Öffnungen schlagenden Flammen, sowie die Konvektions- und Strahlungsparameter sind in der Regel nach EN 1991-1-2, Anhang B, zu ermitteln.
- (3) Abhängig von der Lage des Bauteils vor einer Öffnung ist in der Regel eine Unterscheidung zwischen den Bauteilen zu treffen, ob sie direkt oder indirekt den Flammen ausgesetzt sind.
- (4) Für ein Bauteil, welches nur indirekt den Flammen ausgesetzt ist, ist in der Regel anzunehmen, dass es der Wärmestrahlung aus allen umliegenden Öffnungen und den dort herausschlagenden Flammen ausgesetzt ist.
- (5) Ist ein Bauteil direkt den Flammen ausgesetzt, dann ist in der Regel davon auszugehen, dass es einem Wärmestrom aus Konvektion und Strahlung von den Flammen und zusätzlich Wärmestrahlung aus der Öffnung, vor der es sich befindet, ausgesetzt ist. Die Wärmestrahlung von Flammen, die aus den benachbarten Öffnungen herausschlagen, darf vernachlässigt werden.

B.1.2 Vereinbarungen zu den Abmessungen

- (1) Vereinbarungen zu den geometrischen Größen können Bild B.1 entnommen werden.

B.1.3 Wärmebilanz

- (1) Für ein Bauteil, das nicht direkt den Flammen ausgesetzt ist, ist die mittlere Temperatur T_m [K] in der Regel durch die folgende Wärmebilanzgleichung zu bestimmen:

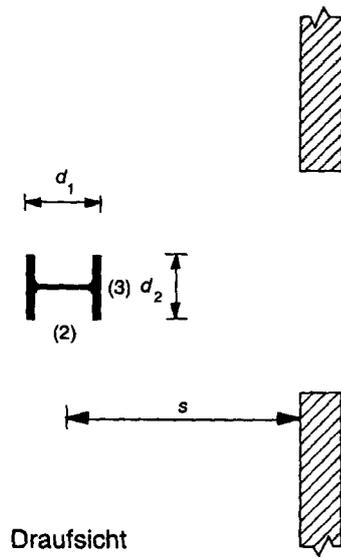
$$\sigma T_m^4 + \alpha T_m = \sum I_z + \sum I_f + 293\alpha \quad (\text{B.1})$$

Dabei ist

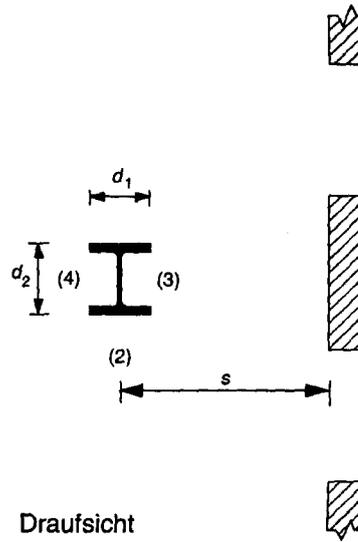
- σ Stefan-Boltzmann-Konstante ($56,7 \cdot 10^{-12} \text{ kW}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$);
- α konvektiver Wärmeübergangskoeffizient ($\text{kW}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$);
- I_z Wärmestrom durch Strahlung einer Flamme (kW/m^2);
- I_f Wärmestrom durch Strahlung aus einer Öffnung (kW/m^2).

- (2) Der konvektive Wärmeübergangskoeffizient α ist in der Regel aus der EN 1991-1-2, Anhang B, für „mit Zwangsbe- und Entlüftung“ bzw. „ohne Zwangsbe- und Entlüftung“ unter Verwendung der effektiven Bauteilquerschnittsabmessung $d = (d_1 + d_2)/2$ zu entnehmen.

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

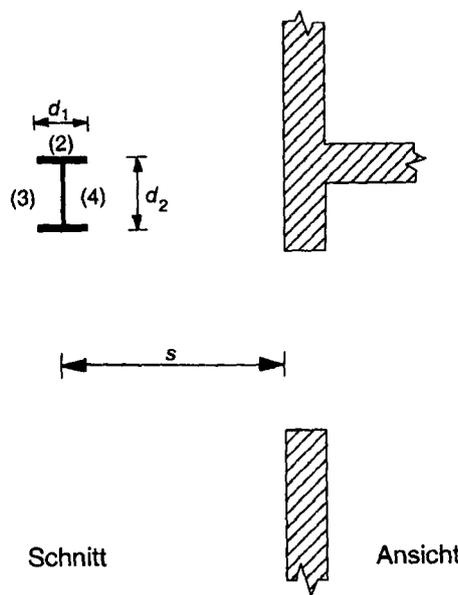


1) Stütze vor einer Öffnung

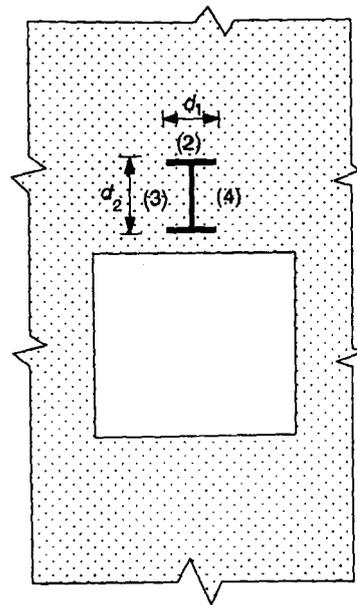


2) Stütze zwischen Öffnungen

a) Stützen



1) Träger parallel zu einer Wand



2) Träger senkrecht zu einer Wand

b) Träger

Bild B.1 — Bauteilabmessungen und Bauteilseiten

(3) Für ein Bauteil, das direkt den Flammen ausgesetzt ist, ist die mittlere Temperatur T_m (K) in der Regel durch die folgende Wärmebilanzgleichung zu bestimmen:

$$\sigma T_m^4 + \alpha T_m = I_z + I_f + \alpha T_z \quad (\text{B.2})$$

Dabei ist

T_z die Temperatur der Flamme (K);

I_z der Wärmestrom durch Strahlung einer Flamme (kW/m^2);

I_f der Wärmestrom durch Strahlung aus der direkt davor liegenden Öffnung (kW/m^2).

(4) Der Wärmestrom durch Strahlung I_z von Flammen ist in der Regel entsprechend der Art und Lage des Bauteils wie folgt zu bestimmen:

- für Stützen, die nicht direkt den Flammen ausgesetzt sind: siehe B.2;
- für Träger, die nicht direkt den Flammen ausgesetzt sind: siehe B.3;
- für Stützen, die direkt den Flammen ausgesetzt sind: siehe B.4;
- für Träger, die direkt oder teilweise den Flammen ausgesetzt sind: siehe B.5.

Andere Fälle dürfen analog durch entsprechende Anpassung der in B.2 bis B.5 angegebenen Verfahren behandelt werden.

(5) Der Wärmestrom durch Strahlung I_f aus einer Öffnung ist in der Regel wie folgt zu ermitteln:

$$I_f = \phi_f \varepsilon_f (1 - a_z) \sigma T_f^4 \quad (\text{B.3})$$

Dabei ist

ϕ_f der Gesamtkonfigurationsfaktor des Bauteils für die Wärmestrahlung aus der Öffnung;

ε_f der Emissionswert für die Öffnung;

a_z der Absorptionswert der Flammen;

T_f die Brandtemperatur (K) nach EN 1991-1-2, Anhang B.

(6) Der Emissionswert ε_f für eine Öffnung ist in der Regel als Einheitswert nach EN 1991-1-2, Anhang B anzusetzen.

(7) Der Absorptionswert a_z der Flammen ist in der Regel nach den Abschnitten B.2 bis B.5 zu ermitteln.

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

B.1.4 Gesamtkonfigurationsfaktoren

(1) Der Gesamtkonfigurationsfaktor ϕ_f zur Berechnung der Wärmeübertragung durch Strahlung aus einer Öffnung ist in der Regel wie folgt zu berechnen:

$$\phi_f = \frac{(C_1 \phi_{f,1} + C_2 \phi_{f,2}) d_1 + (C_3 \phi_{f,3} + C_4 \phi_{f,4}) d_2}{(C_1 + C_2) d_1 + (C_3 + C_4) d_2} \quad (\text{B.4})$$

Dabei ist

$\phi_{f,i}$ der Konfigurationsfaktor einer Bauteilseite i zu der Öffnung nach EN 1991-1-2, Anhang G;

d_i die Querschnittsabmessung der Bauteilseite i ;

C_i der Bekleidungsfaktor der Bauteilseite i , definiert wie folgt:

— für eine geschützte Seite: $C_i = 0$;

— für eine ungeschützte Seite: $C_i = 1$.

(2) Der Konfigurationsfaktor $\phi_{f,i}$ einer Bauteilseite, von der die Öffnung nicht sichtbar ist, ist in der Regel zu Null zu setzen.

(3) Der Gesamtkonfigurationsfaktor ϕ_z für die Berechnung der Wärmestrahlung einer Flamme ist in der Regel wie folgt zu berechnen:

$$\phi_z = \frac{(C_1 \phi_{z,1} + C_2 \phi_{z,2}) d_1 + (C_3 \phi_{z,3} + C_4 \phi_{z,4}) d_2}{(C_1 + C_2) d_1 + (C_3 + C_4) d_2} \quad (\text{B.5})$$

Dabei ist

$\phi_{z,i}$ der Konfigurationsfaktor der Bauteilseite i für die Flamme nach EN 1991-1-2, Anhang G.

(4) Die Konfigurationsfaktoren für die Wärmestrahlung der Flammen der einzelnen Bauteilseiten $\phi_{z,i}$ dürfen mit Hilfe von äquivalenten rechteckigen Flammenabmessungen berechnet werden. Die Abmessungen und die Lagen der Rechtecke, die die Vorderfläche und Seitenflächen der Flammen darstellen, sind in der Regel für Stützen nach B.2 und für Träger nach B.3 zu berechnen. In allen anderen Fällen sind in der Regel die Abmessungen der Flamme EN 1991-1-2, Anhang B zu entnehmen.

(5) Der Konfigurationsfaktor $\phi_{z,i}$ einer Bauteilseite, von der die Flamme nicht sichtbar ist, ist in der Regel zu Null zu setzen.

(6) Eine Bauteilseite darf nach 4.2.3.4 durch einen Wärmeschild geschützt sein. Eine Bauteilseite, die direkt an der Wand des Brandabschnitts befestigt ist, darf als geschützt betrachtet werden, wenn sich in diesem Teil der Wand keine Öffnungen befinden. Alle anderen Bauteilseiten sind in der Regel als ungeschützt zu betrachten.

B.2 Nicht direkt beflamnte Stützen

B.2.1 Wärmeübertragung durch Strahlung

(1) In der Regel ist zwischen Stützen zu unterscheiden, die sich vor einer Öffnung und die sich zwischen Öffnungen befinden.

ANMERKUNG Erläuterungen dazu gibt Bild B.2.

(2) Bei Stützen, die sich vor einer Öffnung befinden, ist die Wärmeübertragung durch Strahlung von den Flammen I_z in der Regel wie folgt zu bestimmen:

$$I_z = \phi_z \varepsilon_z \sigma T_z^4 \quad (\text{B.6})$$

Dabei ist

- ϕ_z der Gesamtkonfigurationsfaktor der Stütze für Wärmestrahlung der Flamme nach B.1.4;
- ε_z der Emissionswert der Flamme nach B.2.2;
- T_z die Temperatur der Flamme (K) nach B.2.3.

ANMERKUNG Erläuterungen dazu gibt Bild B.3.

(3) Bei Stützen, die sich zwischen Öffnungen befinden, ist die Wärmeübertragung durch Strahlung von den Flammen I_z auf jede Seite in der Regel wie folgt zu bestimmen:

$$I_z = (\phi_{z,m} \varepsilon_{z,m} + \phi_{z,n} \varepsilon_{z,n}) \sigma T_z^4 \quad (\text{B.7})$$

Dabei ist

- $\phi_{z,m}$ der Gesamtkonfigurationsfaktor der Stütze für die Wärmestrahlung der Flammen auf der Seite m nach B.1.4;
- $\phi_{z,n}$ der Gesamtkonfigurationsfaktor der Stütze für die Wärmestrahlung der Flammen auf der Seite n nach B.1.4;
- $\varepsilon_{z,m}$ der Gesamtemissionswert der Flammen auf der Seite m nach B.2.2;
- $\varepsilon_{z,n}$ der Gesamtemissionswert der Flammen auf der Seite n nach B.2.2

ANMERKUNG Erläuterungen dazu gibt Bild B.4.

B.2.2 Emissionswert der Flamme

(1) Wenn die Stütze vor einer Öffnung steht, ist der Emissionswert ε_z der Flamme in der Regel nach der in der EN 1991-1-2, Anhang B angegebenen Gleichung für ε mit der Flammendicke λ an der Oberkante der Öffnung zu ermitteln. Wenn keine Balkone oder Markisen über der Öffnung vorhanden sind, darf λ wie folgt berechnet werden:

— ohne Zwangsbe- und Entlüftung:

$$\lambda = 2h/3 \quad (\text{B.8a})$$

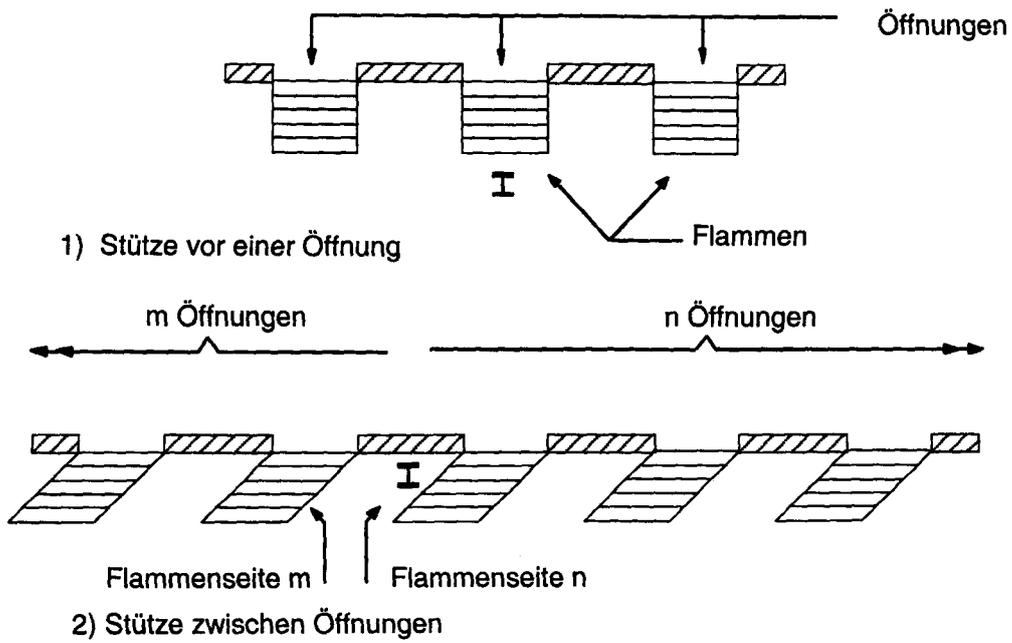
— mit Zwangsbe- und Entlüftung:

$$\lambda = x \text{ aber } \lambda \leq hx/z \quad (\text{B.8b})$$

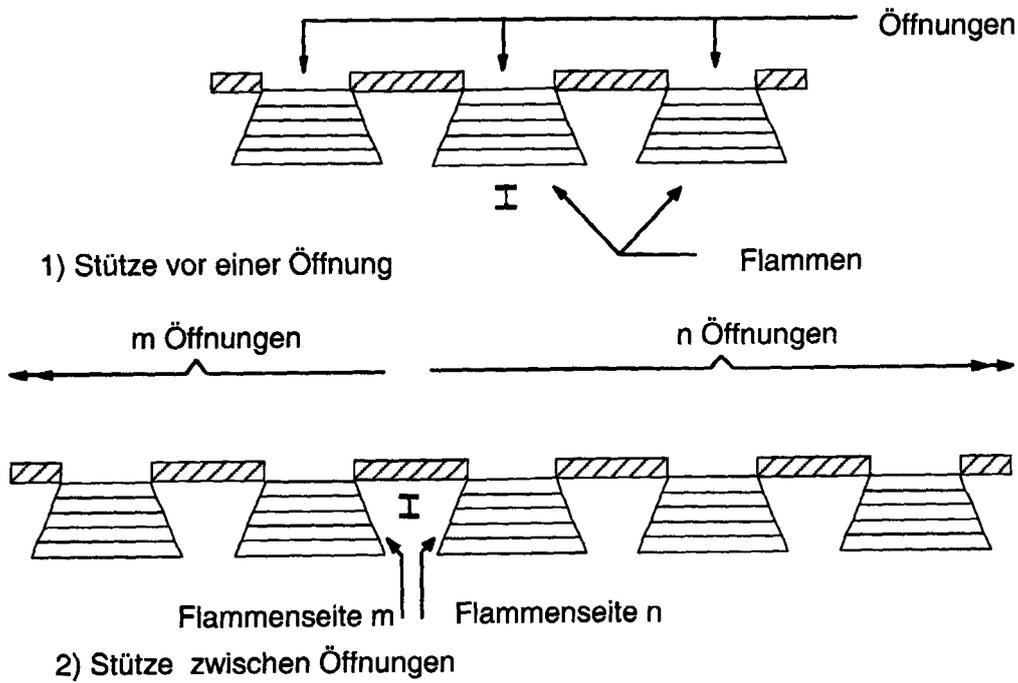
Dabei sind

- h , x und z in EN 1991-1-2, Anhang B gegeben.

DIN EN 1999-1-2:2010-12
 EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

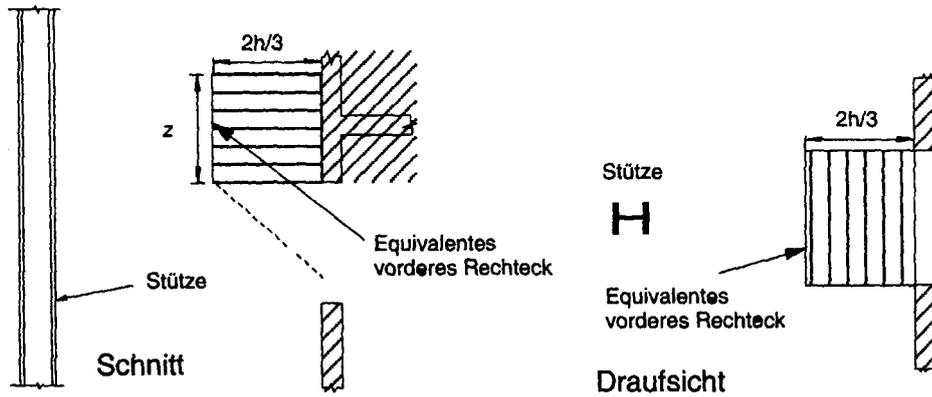


a) ohne Zwangsbe- und Entlüftung

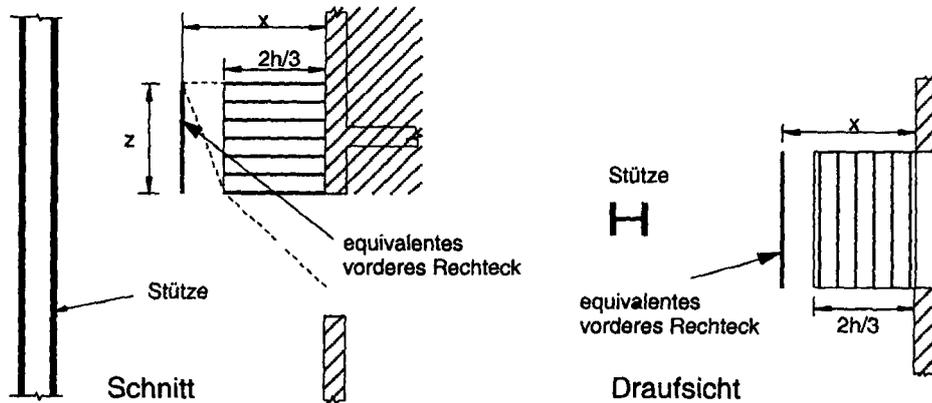


b) mit Zwangsbe- und Entlüftung

Bild B.2 — Stützenpositionen

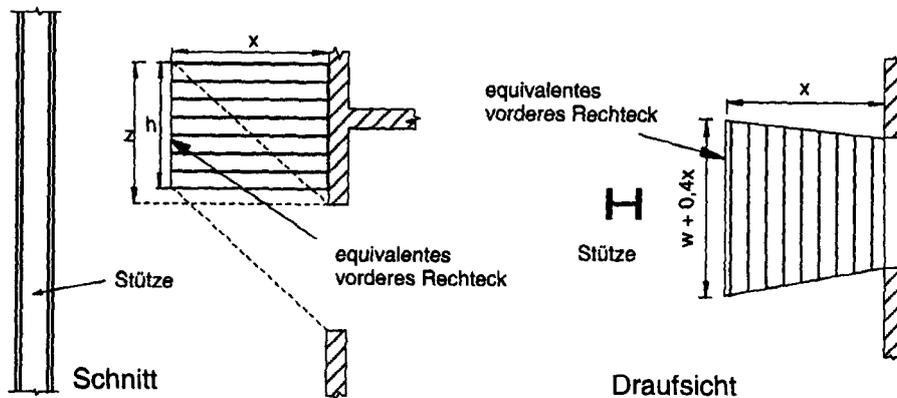


1) Wand oberhalb und $h < 1,25w$



2) Wand oberhalb und $h > 1,25w$ oder keine Wand oberhalb

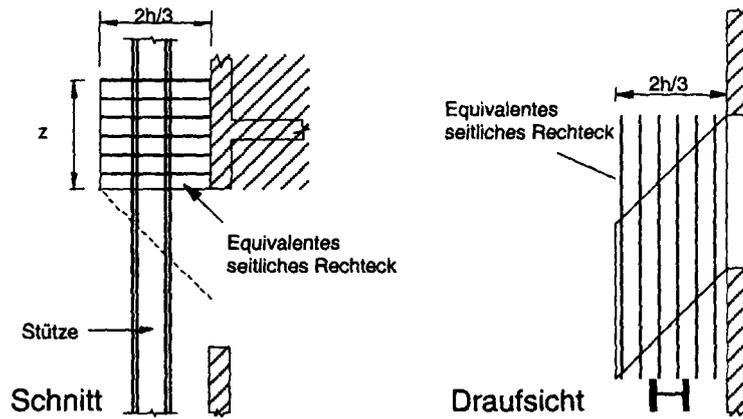
a) ohne Zwangsbe- und Entlüftung



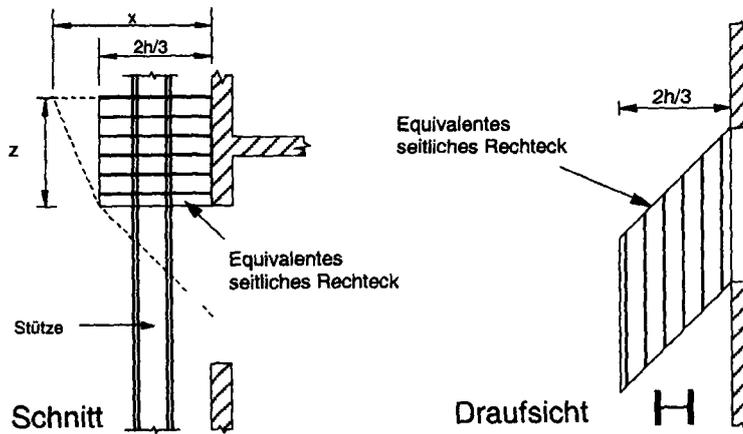
b) mit Zwangsbe- und Entlüftung

Bild B.3 — Stütze vor einer Öffnung

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

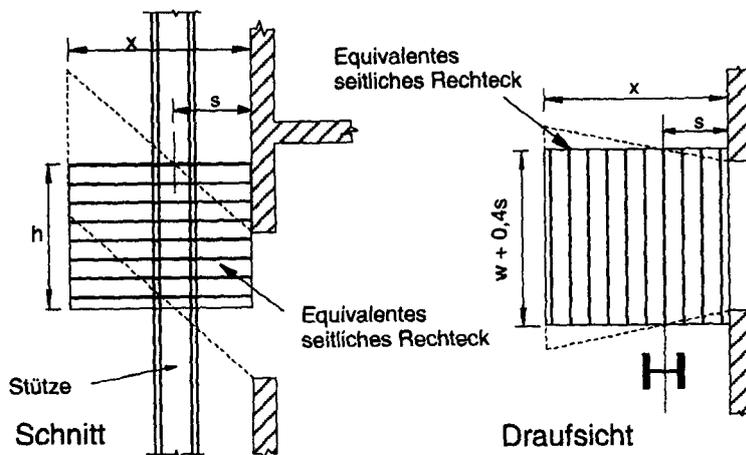


1) Wand oberhalb und $h < 1,25w$



2) Wand oberhalb und $h > 1,25w$ oder keine Wand oberhalb

a) ohne Zwangsbe- und Entlüftung



b) mit Zwangsbe- und Entlüftung

Bild B.4 — Stütze zwischen Öffnungen

(2) Wenn die Stütze zwischen zwei Öffnungen steht, sind die Emissionswerte $\varepsilon_{z,m}$ und $\varepsilon_{z,n}$ der Flammen auf den Seiten m und n in der Regel mit der Gleichung für ε nach EN 1991-1-2, Anhang B zu bestimmen. Die Flammendicke λ ergibt sich zu:

— für Seite m :

$$\lambda = \sum_{i=1}^m \lambda_i \quad (\text{B.9a})$$

— für Seite n :

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (\text{B.9b})$$

Dabei ist

m die Anzahl der Öffnungen auf der Seite m ;

n die Anzahl der Öffnungen auf der Seite n ;

λ_i die Flammendicke für die Öffnung i .

(3) die Flammendicke λ_i ist in der Regel wie folgt anzunehmen:

— für den Fall „ohne Zwangsbe- und Entlüftung“:

$$\lambda_i = w_i \quad (\text{B.10a})$$

— für den Fall „mit Zwangsbe- und Entlüftung“:

$$\lambda_i = w_i + 0,4s \quad (\text{B.10b})$$

Dabei ist

w_i die Breite der Öffnung i ;

s die horizontale Entfernung der Stützenachse von der Wand des Brandabschnitts nach Bild B.1.

B.2.3 Flammentemperatur

(1) Die Flammentemperatur T_z ist in der Regel als Temperatur der Flammenachse mit der in EN 1991-1-2, Anhang B angegebenen Gleichung für T_z im Abstand l von der Öffnung zu ermitteln. Der Abstand der Flamme von der Öffnung ergibt sich entsprechend für die beiden Fälle „mit und ohne Zwangsbe- und Entlüftung“, gemessen entlang der Flammenachse, wie folgt:

— ohne Zwangsbe- und Entlüftung:

$$l = h/2 \quad (\text{B.11a})$$

— mit Zwangsbe- und Entlüftung:

— für eine Stütze vor einer Öffnung:

$$l = 0 \quad (\text{B.11b})$$

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

- für eine Stütze zwischen Öffnungen ist l der Abstand gemessen entlang der Flammenachse bis zu einem Punkt, der im horizontalen Abstand s von der Wand des Brandabschnitts entfernt liegt. Wenn sich keine Markise oder kein Balkon über der Öffnung befindet, ergibt sich l zu:

$$l = sX/x \quad (\text{B.11c})$$

Dabei sind

X und x nach EN 1991-1-2, Anhang B.

B.2.4 Absorbtionswert der Flamme

- (1) Für den Fall „ohne Zwangsbe- und Entlüftung“ ist der Absorbtionswert der Flamme a_z in der Regel zu Null anzunehmen.
- (2) Für den Fall „mit Zwangsbe- und Entlüftung“ ist für den Absorbtionswert der Flamme a_z in der Regel die gleiche Größe wie für den Emissionswert a_z der maßgebenden Flamme nach B.2.2 anzusetzen.

B.3 Nicht direkt beflamnte Träger

B.3.1 Wärmeübertragung durch Strahlung

- (1) B.3 gilt unter der Annahme, dass die Unterseite des Trägers über der Oberkante der Öffnung des Brandabschnitts liegt.
- (2) Zwischen Trägern, die parallel zu der äußeren Wand des Brandabschnitts liegen, und Trägern, die senkrecht dazu liegen, ist nach Bild B.5 zu unterscheiden.
- (3) Wenn der Träger parallel zu der Außenwand des Brandabschnitts liegt, ist die Temperatur des Aluminiumbauteils T_m in der Regel an einem Punkt in dem Träger direkt über der Öffnung zu ermitteln. In diesem Fall wird der Wärmestrom durch Strahlung I_z in der Regel wie folgt ermittelt:

$$I_z = \phi_z \varepsilon_z \sigma T_z^4 \quad (\text{B.12})$$

Dabei ist

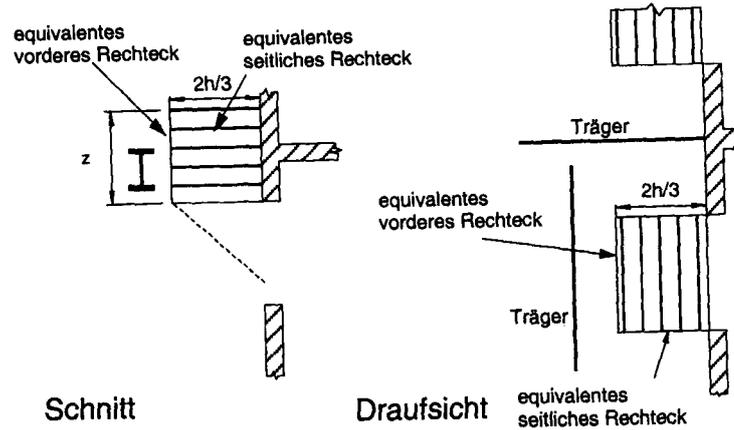
- ϕ_z der Gesamtkonfigurationsfaktor der Flammen direkt vor dem Träger nach B.1.4;
- ε_z der Emissionswert der Flamme nach B.3.2;
- T_z die Temperatur der Flamme nach B.3.3 (K).

- (4) Liegt der Träger senkrecht zur Außenwand des Brandabschnitts, dann ist die Temperatur des Trägers in der Regel an einer Reihe von Punkten alle 100 mm entlang des Trägers zu bestimmen. Als mittlere Bauteiltemperatur T_m ist in der Regel die größte der ermittelten Temperaturen anzunehmen. In diesem Fall wird der Wärmestrom durch Strahlung I_z in der Regel wie folgt ermittelt:

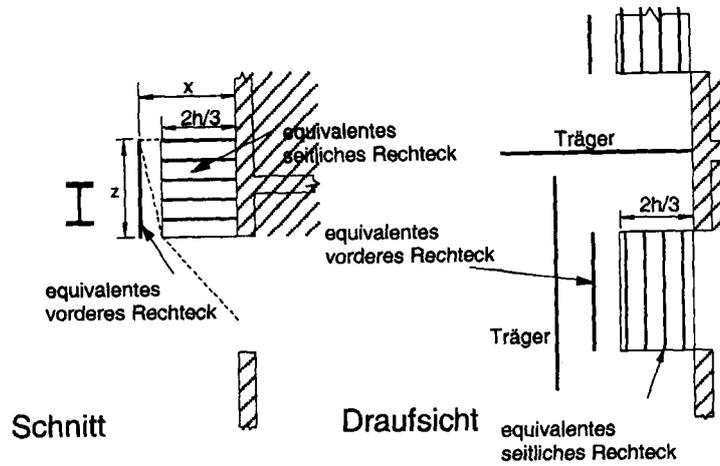
$$I_z = (\phi_{z,m} \varepsilon_{z,m} + \phi_{z,n} \varepsilon_{z,n}) \sigma T_z^4 \quad (\text{B.13})$$

Dabei ist

- $\phi_{z,m}$ der Gesamtkonfigurationsfaktor für Flammen auf der Seite m nach B.3.2;
- $\phi_{z,n}$ der Gesamtkonfigurationsfaktor für Flammen auf der Seite n nach B.3.2;
- $\varepsilon_{z,m}$ der Gesamtemissionswert der Flammen auf der Seite m nach B.3.3;
- $\varepsilon_{z,n}$ der Gesamtemissionswert der Flammen auf der Seite n nach B.3.3;
- T_z die Flammentemperatur nach B.3.4 (K).

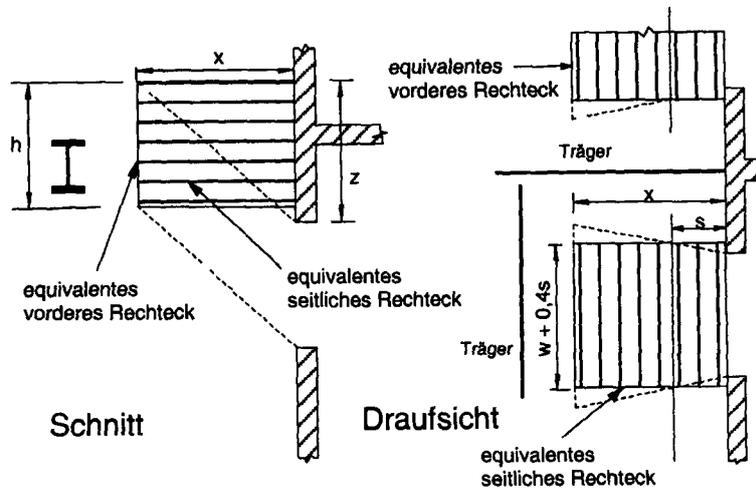


1) Wand oberhalb und $h < 1,25w$



2) Wand oberhalb und $h > 1,25w$ oder keine Wand oberhalb

a) ohne Zwangsbe- und Entlüftung



b) mit Zwangsbe- und Entlüftung

Bild B.5 — Nicht direkt beflamte Träger

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

B.3.2 Emissionswert der Flamme

(1) Wenn der Träger parallel zu der Außenwand oberhalb einer Öffnung verläuft, ist der Emissionswert ε_z der Flamme in der Regel nach der in der EN 1991-1-2, Anhang B angegebenen Gleichung für ε mit der Flammendicke λ an der Oberkante der Öffnung zu ermitteln. Wenn keine Balkone oder Markisen über der Öffnung vorhanden sind, darf λ wie folgt berechnet werden:

a) ohne Zwangsbe- und Entlüftung:

$$\lambda = 2h/3 \quad (\text{B.14a})$$

b) mit Zwangsbe- und Entlüftung:

$$\lambda = x \text{ aber } \lambda \leq hx/z \quad (\text{B.14b})$$

Dabei sind

h , x und z in EN 1991-1-2, Anhang B gegeben.

(2) Wenn der Träger senkrecht zu der Außenwand und zwischen zwei Öffnungen verläuft, sind die Emissionswerte $\varepsilon_{z,m}$ und $\varepsilon_{z,n}$ der Flammen auf den Seiten m und n in der Regel mit der Gleichung für ε nach EN 1991-1-2, Anhang B zu bestimmen. Die Flammendicke λ ergibt sich zu:

$$\text{a) für die Seite } m: \lambda = \sum_{i=1}^m \lambda_i \quad (\text{B.15a})$$

$$\text{b) für die Seite } n: \lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (\text{B.15b})$$

Dabei ist

m die Anzahl der Öffnungen auf der Seite m ;

n die Anzahl der Öffnungen auf der Seite n ;

λ_i die Flammendicke für die Öffnung i

(3) die Flammendicke λ_i ist in der Regel wie folgt anzunehmen:

a) für den Fall „ohne Zwangsbe- und Entlüftung“:

$$\lambda_i = w_i \quad (\text{B.16a})$$

b) für den Fall „mit Zwangsbe- und Entlüftung“:

$$\lambda_i = w_i + 0,4s \quad (\text{B.16b})$$

Dabei ist

w_i die Breite der Öffnung i

s die horizontale Entfernung von der Wand des Brandabschnitts zu dem betrachteten Punkt des Trägers nach Bild B.5

B.3.3 Flammentemperatur

(1) Die Flammentemperatur T_z ist in der Regel als Temperatur der Flammenachse mit der in EN 1991-1-2, Anhang B angegeben Gleichung für T_z im Abstand l von der Öffnung zu ermitteln. Der Abstand der Flamme von der Öffnung ergibt sich entsprechend für die beiden Fälle „mit und ohne Zwangsbe- und Entlüftung“, gemessen entlang der Flammenachse, wie folgt:

a) ohne Zwangsbe- und Entlüftung:

$$l = h/2 \quad (\text{B.17a})$$

b) mit Zwangsbe- und Entlüftung:

— für einen Träger parallel zur Außenwand des Brandabschnitts, oberhalb einer Öffnung:

$$l = 0 \quad (\text{B.17b})$$

— für einen Träger senkrecht zur Außenwand des Brandabschnitts zwischen Öffnungen ist l der Abstand gemessen entlang der Flammenachse bis zu einem Punkt, der im horizontalen Abstand s von der Wand des Brandabschnitts entfernt liegt. Wenn sich keine Markise oder kein Balkon über der Öffnung befindet, ergibt sich l zu:

$$l = sX/x \quad (\text{B.17c})$$

Dabei sind X and x in EN 1991-1-2, Anhang B angegeben.

B.3.4 Absorbtionswert der Flamme

(1) Für den Fall „ohne Zwangsbe- und Entlüftung“ ist der Absorbtionswert der Flamme a_z in der Regel zu Null anzunehmen.

(2) Für den Fall „mit Zwangsbe- und Entlüftung“ ist für den Absorbtionswert der Flamme a_z in der Regel die gleiche Größe wie für den Emissionswert ε_z der maßgebenden Flamme nach B.3.2 anzusetzen.

B.4 Direkt beflamnte Stützen

(1) Der Wärmestrom I_z infolge der Wärmestrahlung der Flammen ist in der Regel wie folgt zu berechnen:

$$I_z = \frac{(I_{z,1} + I_{z,2})d_1 + (I_{z,3} + I_{z,4})d_2}{2(d_1 + d_2)} \quad (\text{B.18})$$

mit

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_z^4$$

$$I_{z,2} = C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_z^4$$

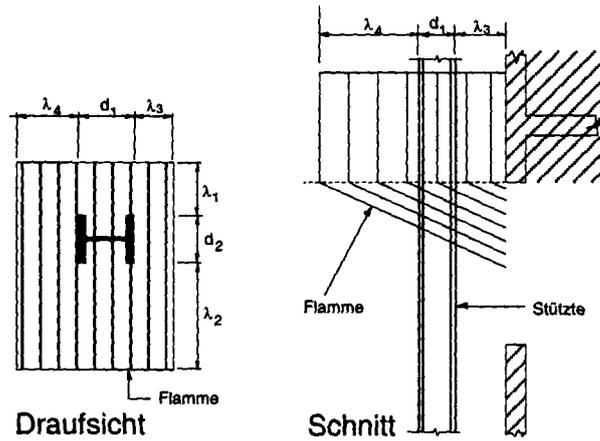
$$I_{z,3} = C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma T_o^4$$

$$I_{z,4} = C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma T_z^4$$

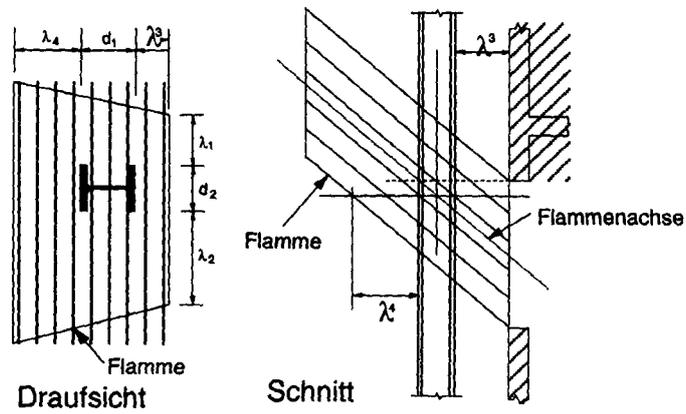
DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

Dabei ist

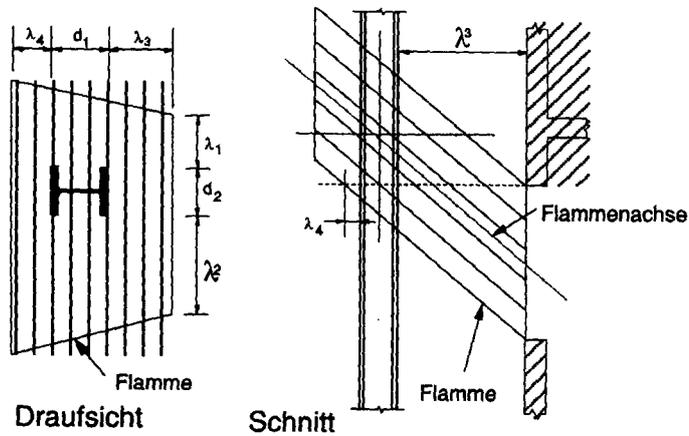
- $I_{z,i}$ der Wärmestrom der Flamme durch Strahlung zu der Stützenseite i ;
- $\varepsilon_{z,i}$ der Emissionswert der Flammen bezüglich der Stützenseite i ;
- i die Bezeichnung der Stützenseite (1), (2), (3) oder (4);
- C_i der Schutzbeiwert der Bauteilseite i nach B.1.4;
- T_z die Flammentemperatur (K);
- T_o die Flammentemperatur (K) an der Öffnung nach EN 1991-1-2, Anhang B.



a) ohne Zwangsbe- und Entlüftung



1) Flammenachse schneidet Stützenachse unter Öffnungsoberkante



2) Flammenachse schneidet Stützenachse über Öffnungsoberkante

b) mit Zwangsbe- und Entlüftung

Bild B.6 — Direkt beflamte Stützen

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

(2) Der Emissionswert der Flammen $\varepsilon_{z,i}$ an jeder Stützenseite 1, 2, 3 und 4 ist in der Regel mit der Gleichung für ε nach EN 1991-1-2, Anhang B zu bestimmen. Die Flammendicke λ mit der Dimension λ_i ist entsprechend Bild B.6 für die jeweilige Stützenseite i zu entnehmen.

(3) Im Fall „ohne Zwangsbe- und Entlüftung“ ist für die Flammendicken λ_i der Wert an der Oberkante der Öffnung siehe Bild B.6 (a) zu verwenden.

(4) Im Fall „mit Zwangsbe- und Entlüftung“ ist zu unterscheiden, ob der Schnittpunkt von Flammenachse und Stützenachse unter oder über der Oberkante der Öffnung liegt. Liegt er unterhalb der Öffnungsoberkante, dann ist die Flammendicke λ_i in Höhe des Schnittpunktes anzunehmen (siehe Bild B.6 (b) (1)). Liegt der Schnittpunkt oberhalb der Öffnung, dann ist die Flammendicke λ_i in Höhe der Öffnungsoberkante zu bestimmen (siehe Bild B.6 (b) (2)), außer wenn in diesem Fall die Flammendicke $\lambda_4 < 0$ ist, dann sind die Werte in der Regel in der Höhe zu ermitteln, in der $\lambda_4 = 0$ ist.

(5) Die Flammentemperatur T_z ist in der Regel als Temperatur der Flammenachse mit der in EN 1991-1-2, Anhang B angegebenen Gleichung für T_z im Abstand l von der Öffnung zu ermitteln. Der Abstand der Flamme von der Öffnung ergibt sich entsprechend für die beiden Fälle „mit und ohne Zwangsbe- und Entlüftung“, gemessen entlang der Flammenachse, wie folgt:

a) ohne Zwangsbe- und Entlüftung:

$$l = h/2 \quad (\text{B.19a})$$

b) für den Fall „mit Zwangsbe- und Entlüftung“ ist der Abstand l die Strecke entlang der Flammenachse bis zu der Höhe, in der die Flammendicke λ_i bestimmt wird. Unter der Voraussetzung, dass weder ein Balkon noch eine Markise oberhalb der Öffnung vorhanden sind, gilt:

$$l = (\lambda_3 + 0,5d_1)X/x \text{ aber } l \leq 0,5hX/z \quad (\text{B.19b})$$

Dabei sind h , X , x und z in EN 1991-1-2, Anhang B angegeben.

(6) Der Absorptionswert der Flammen a_z ist in der Regel wie folgt zu berechnen:

$$a_z = \frac{\varepsilon_{z,1} + \varepsilon_{z,2} + \varepsilon_{z,3}}{3} \quad (\text{B.20})$$

Dabei sind $\varepsilon_{z,1}$, $\varepsilon_{z,2}$ und $\varepsilon_{z,3}$ die Emissionswerte der Flamme für die Stützenseiten 1, 2, und 3.

B.5 Voll oder teilweise beflammete Träger

B.5.1 Wärmeübertragung durch Strahlung

B.5.1.1 Allgemeines

(1) Für B.5 gilt die Annahme, dass die Unterkante des Trägers nicht unter der Oberkante der Öffnung liegt.

(2) Zwischen Trägern, die parallel zu der äußeren Wand des Brandabschnitts liegen, und Trägern, die senkrecht dazu liegen, ist nach Bild B.7 zu unterscheiden.

(3) Wenn der Träger parallel zu der Außenwand des Brandabschnitts liegt, ist die Temperatur des Aluminiumbauteils T_m in der Regel an einem Punkt in dem Träger direkt über der Öffnung zu ermitteln.

(4) Liegt der Träger senkrecht zur Außenwand des Brandabschnittes, dann ist die Temperatur des Trägers in der Regel an einer Reihe von Punkten alle 100 mm entlang des Trägers zu bestimmen. Als mittlere Bauteiltemperatur T_m ist in der Regel die größte der ermittelten Temperaturen anzunehmen.

- (5) Der Wärmestrom der Flamme I_z infolge der Wärmestrahlung ist in der Regel wie folgt zu bestimmen:

$$I_z = \frac{(I_{z,1} + I_{z,2})d_1 + (I_{z,3} + I_{z,4})d_2}{2(d_1 + d_2)} \quad (\text{B.21})$$

Dabei ist

$I_{z,i}$ der Wärmestrom der Flamme durch Strahlung zu der Trägerseite i ;

i die Bezeichnung der Trägerseite (1), (2), (3) oder (4)

B.5.1.2 Ohne Zwangsbe- und Entlüftung

- (1) Für den Fall „ohne Zwangsbe- und Entlüftung“ ist in der Regel zu unterscheiden, ob die Spitze der Flamme oberhalb oder unterhalb der Trägeroberkante liegt.

- (2) Liegt die Spitze der Flamme oberhalb der Trägeroberkante, so sind in der Regel die folgenden Gleichungen anzuwenden:

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad (\text{B.22a})$$

$$I_{z,2} = C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_{z,2}^4 \quad (\text{B.22b})$$

$$I_{z,3} = C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (\text{B.22c})$$

$$I_{z,4} = C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4) / 2 \quad (\text{B.22d})$$

Dabei ist

$\varepsilon_{z,i}$ die Emissionswert der Flammen bezüglich der Trägerseite i nach B.5.2;

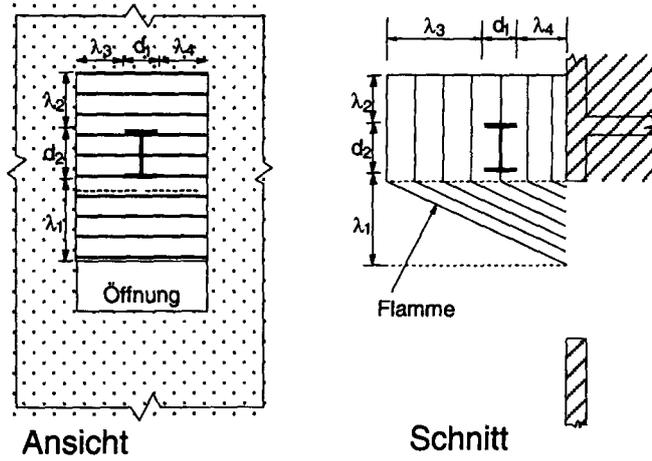
T_o die Temperatur an der Öffnung (K) nach EN 1991-1-2, Anhang B;

$T_{z,1}$ die Flammentemperatur (K) nach EN 1991-1-2, Anhang B, in Höhe der Trägerunterkante;

$T_{z,2}$ die Flammentemperatur (K) nach EN 1991-1-2, Anhang B, in Höhe der Trägeroberkante.

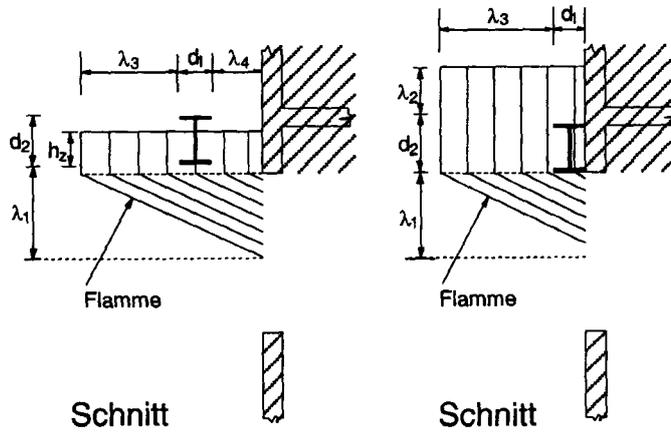
- (3) Falls der Träger parallel zu der Außenwand des Brandabschnittes liegt und direkt an dieser Wand anliegt ist C_4 in der Regel zu Null anzunehmen (siehe Bild B.7)

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)



1) Träger senkrecht zur Wand

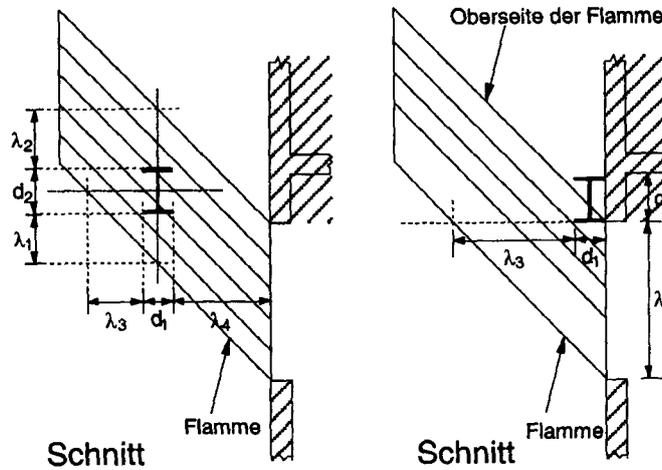
2) Träger parallel zur Wand



3) Spitze der Flamme unter Trägeroberkante

4) Träger liegt an der Wand an

a) ohne Zwangsbe- und Entlüftung



1) Träger ohne Wandkontakt

2) Träger liegt an der Wand an

b) mit Zwangsbe- und Entlüftung

Bild B.7 — Beflammter Träger

(4) Liegt die Spitze der Flamme unterhalb der Trägeroberkante, so sind in der Regel die folgenden Gleichungen anzuwenden:

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad (\text{B.23a})$$

$$I_{z,2} = 0 \quad (\text{B.23b})$$

$$I_{z,3} = (h_z/d_2) C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_x^4)/2 \quad (\text{B.23c})$$

$$I_{z,4} = (h_z/d_2) C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma (T_{z,1}^4 + T_x^4)/2 \quad (\text{B.23d})$$

Dabei ist

T_x die Flammentemperatur an der Flammenspitze (813 K);

h_z die Höhe der Flammenspitze über der Trägerunterkante.

B.5.1.3 Mit Zwangsbe- und Entlüftung

(1) Im Fall „mit Zwangsbe- und Entlüftung“ ist bei parallel zur Außenwand des Brandabschnitts liegenden Trägern in der Regel zwischen an der Wand anliegenden und nicht anliegenden Trägern zu unterscheiden.

ANMERKUNG Erläuterungen dazu können Bild B.7 entnommen werden.

(2) Für parallel liegende aber nicht an die Außenwand anliegende Träger oder senkrecht zur Außenwand liegende Träger sind in der Regel die folgenden Gleichungen anzuwenden:

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad (\text{B.24a})$$

$$I_{z,2} = C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_{z,2}^4 \quad (\text{B.24b})$$

$$I_{z,3} = C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4)/2 \quad (\text{B.24c})$$

$$I_{z,4} = C_4 \varepsilon_{z,4} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4)/2 \quad (\text{B.24d})$$

(3) Liegt der Träger parallel zur Außenwand und direkt an ihr an, ist in der Regel nur die Trägerunterseite als direkt den Flammen ausgesetzt zu betrachten. Aber eine Seitenfläche und die Oberseite des Trägers sind in der Regel durch die Wärmestrahlung der Flammenoberseite betroffen (siehe Bild B.7(b) (2)). Daher gilt:

$$I_{z,1} = C_1 \varepsilon_{z,1} \sigma T_o^4 \quad (\text{B.25a})$$

$$I_{z,2} = \phi_{z,2} C_2 \varepsilon_{z,2} \sigma T_{z,2}^4 \quad (\text{B.25b})$$

$$I_{z,3} = \phi_{z,3} C_3 \varepsilon_{z,3} \sigma (T_{z,1}^4 + T_{z,2}^4)/2 \quad (\text{B.25c})$$

$$I_{z,4} = 0 \quad (\text{B.25d})$$

Dabei ist $\phi_{z,i}$ der Konfigurationsfaktor der Flammenoberseite bezüglich der Seite i des Trägers nach EN 1991-1-2, Anhang G.

DIN EN 1999-1-2:2010-12
EN 1999-1-2:2007 + AC:2009 (D)

B.5.2 Emissionswert der Flammen

(1) Der Emissionswert der Flamme ε_{zi} für jede Seite 1, 2, 3 und 4 des Trägers ist in der Regel durch der Gleichung für ε nach EN 1991-1-2, Anhang B zu ermitteln. Dabei ist für die Flammendicke λ die jeweilige Abmessung λ_i nach Bild B.7 zugehörig zur Seite i anzusetzen.

B.5.3 Absorbtionswert der Flamme

(1) Der Absorbtionswert der Flamme a_z ist in der Regel wie folgt zu berechnen:

$$a_z = 1 - e^{-0,3h} \quad (\text{B.26})$$

Literaturhinweise

EN 1363-1, *Feuerwiderstandsprüfungen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

