

DIN EN 13381-8

ICS 13.220.50

Ersatz für
DIN EN 13381-8:2010-09**Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen –****Teil 8: Reaktive Ummantelung von Stahlbauteilen;
Deutsche Fassung EN 13381-8:2013**

Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members –

Part 8: Applied reactive protection to steel members;
German version EN 13381-8:2013

Méthodes d'essai pour déterminer la contribution à la résistance au feu des éléments de construction –

Partie 8: Protection réactive appliquée aux éléments en acier;
Version allemande EN 13381-8:2013

Gesamtumfang 78 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 13381-8:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 127 „Baulicher Brandschutz“, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird, unter deutscher Mitwirkung erarbeitet.

Im DIN, Deutsches Institut für Normung e. V. ist hierfür der Arbeitsausschuss NA 005-52-02 AA „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Bauteile“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13381-8:2010-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Normative Verweisungen aktualisiert;
- b) das Prüfverfahren wurde geändert um Maßnahmen einzuführen, die belasteten Trägern eine Durchbiegung von L/30 erlauben;
- c) zusätzlich enthält das grafische Beurteilungsverfahren jetzt eine Punkt- zu- Punkt- Methode um Linien darzustellen und einen neuen virtuellen Datenpunkt in Bezug auf die Ofentemperatur;
- d) Anhang G wurde entfernt;
- e) Bilder redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN V ENV 13381-4: 2003-09
DIN EN 13381-8: 2010-09

Deutsche Fassung

Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum
Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen —
Teil 8: Reaktive Ummantelung von Stahlbauteilen

Test methods for determining the contribution to the fire
resistance of structural members —
Part 8: Applied reactive protection to steel members

Méthodes d'essai pour déterminer la contribution à la
résistance au feu des éléments de construction —
Partie 8: Protection réactive appliquée aux éléments en
acier

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 10. Februar 2013 angenommen.

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-CENELEC 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, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, 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

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe, Symbole und Maßeinheiten	8
3.1 Begriffe	8
3.2 Symbole und Maßeinheiten	9
4 Prüfgeräte	11
4.1 Allgemeines	11
4.2 Brandraum	11
4.3 Belastungseinrichtung	11
5 Prüfbedingungen	11
5.1 Allgemeines	11
5.2 Auflager- und Belastungsbedingungen	12
5.2.1 Belastete Träger	12
5.2.2 Unbelastete Träger	12
5.2.3 Belastete Stützen	12
5.2.4 Unbelastete Stützen	12
5.3 Belastung	12
6 Probekörper	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Größe der Probekörper	13
6.2.1 Belastete Träger	13
6.2.2 Referenzbauteil	13
6.2.3 Belastete Stützen	13
6.2.4 Kurze Bauteile	14
6.2.5 Hohe Stützen	14
6.3 Konstruktive Ausbildung der Stahlprobekörper	14
6.3.1 Belastete Träger	14
6.3.2 Unbelastete Träger	14
6.3.3 Belastete Stützen	14
6.3.4 Hohe und kurze Stützen	14
6.3.5 Belastete, hohe und kurze Stützen – Kopfplatte	15
6.3.6 Aufbringen des Brandschutzmaterials	15
6.4 Zusammensetzung der Stahlprofile	15
6.5 Werkstoffeigenschaften der Brandschutzmaterialien	15
6.5.1 Allgemeines	15
6.5.2 Dicke der aufgetragenen Brandschutzmaterialien	15
6.6 Auswahl der Probekörper	16
6.6.1 Grundsätze für die Auswahl	16
6.6.2 Für die Korrektur des Haftvermögens erforderliche Profile	19
6.6.3 Erforderliche Profile für die thermische Analyse	20
7 Einbau der Probekörper	22
7.1 Belastete Träger	22
7.2 Unbelastete Träger	23
7.3 Belastete Stützen	23
7.4 Unbelastete Stützen	23
7.5 Muster für den Einbau der Probekörper	23
7.6 Brandraumbelegung	23
8 Konditionierung der Probekörper	24
9 Anwendung der Messgeräte	24
9.1 Allgemeines	24

	Seite
9.2 Geräte zur Messung und Steuerung der Brandraumtemperatur.....	24
9.2.1 Allgemeines	24
9.2.2 Brandraumtemperatur im Bereich der belasteten Träger als Probekörper.....	24
9.2.3 Brandraumtemperatur im Bereich der belasteten Stützen als Probekörper.....	24
9.2.4 Brandraumtemperatur im Bereich unbelasteter Probekörper	24
9.3 Geräte zur Messung von Stahltemperaturen.....	25
9.3.1 Allgemeines	25
9.3.2 Belastete Träger	25
9.3.3 Unbelastete Träger	26
9.3.4 Belastete Stützen und unbelastete hohe Stützen	26
9.3.5 Unbelastete kurze Stützen.....	26
9.4 Geräte zur Messung des Brandraumdrucks.....	26
9.5 Geräte zur Messung der Verformung	26
9.6 Geräte zur Messung der Belastung	26
10 Durchführung der Prüfungen	26
10.1 Allgemeines	26
10.2 Brandraumtemperatur und -druck.....	27
10.3 Aufbringen der Last und Belastungssteuerung.....	27
10.3.1 Belastete Träger	27
10.3.2 Belastete Stützen.....	27
10.4 Stahltemperatur	27
10.5 Durchbiegung	27
10.6 Beobachtungen	27
10.7 Beendigung der Prüfung	28
11 Prüfergebnisse	28
11.1 Annehmbarkeit der Prüfergebnisse	28
11.2 Darstellung der Prüfergebnisse	29
12 Prüfbericht	29
13 Bewertung	30
13.1 Allgemeines	30
13.2 Temperaturmesswerte	30
13.3 Korrektur aufgrund von Abweichungen des Haftvermögens und der Wärmedämmeigenschaften über den geprüften Schichtdickenbereich	30
13.4 Bewertungsverfahren für die thermische Leistungsfähigkeit	31
13.5 Annehmbarkeit des angewendeten Bewertungsverfahrens und der sich daraus ergebenden Analyse — Annahmekriterien	31
14 Bewertungsbericht	31
15 Anwendungsgrenzen der Bewertungsergebnisse.....	32
Anhang A (normativ) Prüfverfahren bei Schwelbrandbeanspruchung (Schwelbrandkurve)	49
A.1 Einleitung	49
A.2 Prüfeinrichtung.....	49
A.3 Probekörper	49
A.4 Beendigung der Prüfung	50
A.5 Beurteilung der Ergebnisse	50
Anhang B (normativ) Bestimmung der Eigenschaften von Brandschutzmaterialien	51
B.1 Einleitung	51
B.2 Dicke von Brandschutzmaterialien.....	51
B.2.1 Trockenschichtdicke.....	51
B.2.2 Messpunkte.....	51
B.3 Identifizierung	52
Anhang C (normativ) Befestigung der Thermoelemente an den Stahlbauteilen und Kabelführung	53
C.1 Einleitung	53
C.2 Thermoelementtypen	53
C.3 Anbringen der Thermoelemente	53

	Seite
C.4 Verlegung der Drähte der Thermoelemente.....	53
C.5 Verbindung der Thermoelemente	54
C.6 Versagen von Thermoelementen	54
Anhang D (normativ) Korrektur von Messwerten/der Nenndicke	55
D.1 Korrektur von Messwerten	55
D.1.1 Durchführung	55
D.1.2 Verfahren	56
D.2 Nenndicke – Grafisches Verfahren	58
Anhang E (normativ) Verfahren zur Bewertung des Verhaltens eines Brandschutzsystems	59
E.1 Allgemeines	59
E.2 Grafisches Verfahren	59
E.3 Analyseverfahren mit der Differentialgleichung (Verfahren mit variablem λ)	65
E.3.1 Allgemeines	65
E.3.2 Schritt 1 – Ausgangsgleichung	66
E.3.3 Schritt 2 – Eingangsdaten	67
E.3.4 Schritt 3 – Vorbereitung der Eingangsdaten	67
E.3.5 Schritt 4 – Ermittlung der elementaren variablen Wärmeleitfähigkeitswerte von jedem kurzen Profil	67
E.3.6 Schritt 5 – Ermittlung der Temperatur des Brandschutzmaterials	67
E.3.7 Schritt 6 – Umwandlung der Wärmeleitfähigkeitswerte	67
E.3.8 Schritt 7 – Bestimmung der mittleren variablen Wärmeleitfähigkeitswerte für das Brandschutzmaterial	68
E.3.9 Schritt 8 – Verifizierung der Eignung der mittleren variablen Wärmeleitfähigkeitswerte	68
E.3.10 Schritt 10 – Darstellung der Ergebnisse	69
E.3.11 Schritt 11 – Dokumentation der Ergebnisse	70
E.4 Analyseverfahren mit der Differentialgleichung (Verfahren mit konstantem λ)	70
E.5 Numerische Regressionsanalyse	71
Anhang F (normativ) Tabellen der Stahlprofilabmessungen	74
Literaturhinweise	76

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13381-8:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 127 „Baulicher Brandschutz“ 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 November 2013, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis November 2013 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN 13381-8:2010.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben.

Gegenüber der früheren Ausgabe wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Das Prüfverfahren wurde geändert, um Maßnahmen einzuführen, die belasteten Trägern eine Durchbiegung von $L/30$ erlauben.
- Zusätzlich enthält das grafische Beurteilungsverfahren jetzt eine Punkt-zu-Punkt-Methode, um Linien darzustellen und einen neuen virtuellen Datenpunkt in Bezug auf die Ofentemperatur.

In dem vorliegenden Dokument, das mit EN 13381-4 im Einklang steht, geht es insbesondere um die Prüfung und Bewertung von reaktiven Ummantelungen zum Schutz von Baustahl.

Dieses Dokument ist Bestandteil der Reihe EN 13381 mit dem Titel *Prüfverfahren zur Bestimmung des Beitrages zum Feuerwiderstand von tragenden Bauteilen*. Weitere Teile dieser Reihe sind:

- *Teil 1: Horizontal angeordnete Brandschutzbekleidungen*
- *Teil 2: Vertikal angeordnete Brandschutzbekleidungen*
- *Teil 3: Brandschutzmaßnahmen für Betonbauteile*
- *Teil 4: Passive Brandschutzmaßnahmen für Stahlbauteile*
- *Teil 5: Brandschutzmaßnahmen für profilierte Stahlblech/Beton-Verbundkonstruktionen*
- *Teil 6: Brandschutzmaßnahmen für betonverfüllte Stahlverbund-Hohlstützen*
- *Teil 7: Brandschutzmaßnahmen für Holzbauteile*
- *Teil 8: Reaktive Ummantelung von Stahlbauteilen*

ACHTUNG — Alle Personen, die mit der Leitung und Durchführung dieser Feuerwiderstandsprüfung befasst sind, werden darauf hingewiesen, dass Brandprüfungen gefährlich sein können und die Möglichkeit besteht, dass während der Prüfung giftige(r) und/oder schädliche(r) Rauch und Gase austreten können. Beim Aufbau des Probekörpers oder der Prüfkonstruktionen, ihrer Prüfung und der Entsorgung der Prüfrückstände können auch mechanische und ablaufbedingte Gefährdungen auftreten. Es sollte eine Abschätzung aller möglichen Gefährdungen und Gesundheitsrisiken durchgeführt werden, und es sollten Sicherheitsvorkehrungen bestimmt und vorgesehen werden. Sicherheitsanweisungen sollten in schriftlicher Form bereitgestellt werden. Das zuständige Personal sollte entsprechend geschult werden. Es sollte sichergestellt sein, dass das Laborpersonal die schriftlichen Sicherheitsanweisungen stets befolgt. Die speziellen Anweisungen zur Sicherheit und zum Gesundheitsschutz, die in dieser Norm enthalten sind, sollten befolgt werden.

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

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt ein Prüfverfahren zur Ermittlung des Beitrages reaktiver Brandschutzsysteme zur Feuerwiderstandsfähigkeit von Stahlbauteilen, die als Träger oder Stützen eingesetzt werden können, fest. Berücksichtigt werden lediglich Bauteile ohne Öffnungen im Steg. Auf Zugträger ist eine direkte Anwendung nicht ohne eine weitere Beurteilung möglich. Ergebnisse der Analyse von I- oder H-Profilen sind direkt auf Winkelstücke, U-Profile und T-Profile für denselben Profilmassfaktor anwendbar, wobei diese Bauteile als Einzelbauteile oder als Verband verwendet werden können. Diese Norm gilt nicht für Vollstangen oder Rundstäbe.

Dieses Dokument bezieht sich auf Brandschutzsysteme, die lediglich aus reaktiven Materialien bestehen, nicht jedoch auf passive Brandschutzmaterialien.

In die Bewertung einbezogen werden verschiedene Schichtdicken des angewendeten Brandschutzmaterials, verschiedene durch ihren Profilmassfaktor charakterisierte Stahlbauteile, verschiedene Bemessungstemperaturen sowie eine Bandbreite möglicher Feuerwiderstandsdauern.

Diese Europäische Norm beschreibt die Prüfverfahren für die Brandprüfungen, die zur Bestimmung der Formstabilität des Brandschutzsystems und seines Haftvermögens auf Stahlbauteilen sowie zur Ermittlung der thermischen Eigenschaften des Brandschutzsystems bei Beanspruchung unter den Bedingungen der Einheits-Temperaturzeitkurve nach EN 1363-1 durchgeführt werden.

In bestimmten, in den nationalen Bauvorschriften festgelegten Situationen kann es erforderlich sein, reaktive Brandschutzmaterialien mit einer Schmelbrandkurve zu prüfen. Die entsprechende Prüfung und die besonderen Umstände für ihre Anwendung sind in Anhang A beschrieben.

Mit dem Brandprüfverfahren können Daten erfasst und dargestellt werden, die direkt in die Berechnung der Feuerwiderstandsfähigkeit von Stahlbauteilen nach den in EN 1993-1-2 und EN 1994-1-2 angegebenen Verfahren einfließen.

Diese Europäische Norm enthält auch ein Bewertungsverfahren, das beinhaltet, wie die Analyse der Messwerte durchzuführen ist, und gibt eine Anleitung, wie Interpolationen durchzuführen sind.

Ziel des Bewertungsverfahrens ist es:

- a) mit Hilfe von durch Prüfung belasteter und unbelasteter Bauteile ermittelten Temperaturmesswerten einen Korrekturfaktor zu bestimmen und Einschränkungen in der praktischen Anwendbarkeit des Brandschutzsystems unter Brandbeanspruchung festzulegen (Formverhalten);
- b) mit Hilfe von durch Prüfung von kurzen Stahlbauteilen ermittelten Temperaturmesswerten die thermischen Eigenschaften des Brandschutzsystems zu bestimmen (thermische Leistungsfähigkeit).

Die Anwendungsgrenzen der aus Brandprüfungen ermittelten Ergebnisse der Bewertung sowie die zulässige direkte Übertragbarkeit der Ergebnisse auf unterschiedliche Stahlprofile und Stahlsorten und auf das Brandschutzsystem werden festgelegt.

Die durch Brandprüfung und Beurteilung nach dieser Norm ermittelten Ergebnisse sind direkt auf I- und H-Profile sowie Hohlprofile anwendbar.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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

EN 1363-2, *Feuerwiderstandsprüfungen — Teil 2: Alternative und ergänzende Verfahren*

EN 1365-3, *Feuerwiderstandsprüfungen für tragende Bauteile — Teil 3: Balken*

EN 1365-4, *Feuerwiderstandsprüfungen für tragende Bauteile — Teil 4: Stützen*

EN 1993-1-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1993-1-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall*

EN 10025-1, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Technische Lieferbedingungen*

EN 13501-1, *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten — Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten*

EN ISO 13943, *Brandschutz — Vokabular (ISO 13943)*

ETAG 018-2, *Leitlinie für die europäische technische Zulassung für Brandschutzprodukte — Teil 2: Reaktive Brandschutzbeschichtungen auf Stahlbauteilen*

ISO 8421-2, *Fire protection — Vocabulary — Part 2: Structural fire protection*

3 Begriffe, Symbole und Maßeinheiten

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 1363-1, EN ISO 13943 sowie ISO 8421-2 und die folgenden Begriffe.

3.1.1

Stahlbauteil

tragendes, aus Stahl gefertigtes Bauelement

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Zwecke dieses Dokuments sollte der zur Prüfung eingesetzte Stahl die gleiche Qualität haben.

3.1.2

reaktives Brandschutzmaterial

reaktives Material, das aufgrund seiner spezifischen Zusammensetzung bei Erwärmung chemisch reagiert, sodass sich seine Form ändert und somit durch thermische Isolierung sowie Kühlung eine Brandschutzwirkung einsetzt

3.1.3

passives Brandschutzmaterial

Material, das bei Erwärmung seine Form nicht verändert und das aufgrund seiner Formgebung oder thermischen Eigenschaften eine Brandschutzfunktion erfüllt

Anmerkung 1 zum Begriff: Hierzu können auch wasserhaltige Materialien zählen, wobei das im Brandfall verdampfende Wasser einen Kühleffekt bewirkt.

3.1.4

Brandschutzsystem

Brandschutzmaterial in Verbindung mit einer bestimmten Grundierung und gegebenenfalls mit einem bestimmten Deckanstrich

3.1.5

Brandschutz

Schutzmaßnahme am Stahlbauteil durch ein Brandschutzsystem, wodurch die Temperatur des Stahlbauteils während der gesamten Dauer der Brandbeanspruchung begrenzt bleibt

3.1.6

Probekörper

zu prüfendes Stahlbauteil in Verbindung mit dem zu prüfenden Brandschutzsystem

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei den zu prüfenden Stahlbauteilen, die ein reales Stahlbauteil repräsentierenden, handelt es sich bei der Prüfung um Stahlstützen geringer Höhe oder Träger.

3.1.7

Schichtdicke des Brandschutzsystems

mittlere Trockenschichtdicke des reaktiven Brandschutzmaterials ohne Grundierung und Deckanstrich

3.1.8

Haftvermögen

Fähigkeit eines Brandschutzmaterials für einen genau festgelegten Bereich von Verformungen, Brandraum- und Stahltemperaturen ausreichend kohärent und formstabil zu bleiben, sodass seine Fähigkeit, eine Brandschutzwirkung zu erfüllen, nicht wesentlich beeinträchtigt wird

3.1.9

Profilfaktor

Verhältnis der brandbeanspruchten äußeren Umfangsfläche des tragenden Stahlbauteils je Längeneinheit zu seinem Querschnittsvolumen je Längeneinheit

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.

3.1.10

Bemessungstemperatur

Temperatur eines tragenden Stahlbauteils für Bemessungszwecke

3.1.11

charakteristische Stahltemperatur

Temperatur des tragenden Stahlbauteils, die zur Ermittlung des Korrekturfaktors für das Haftvermögen verwendet und berechnet wird als (mittlere Temperatur + Höchsttemperatur)/2

3.1.12

Stahltemperatur

mittlere Temperatur, die als Eingabe für die Analyse verwendet und wie folgt berechnet wird:

- für I- und H-Profilträger als Mittelwert des Obergurts plus Mittelwert des Stegs plus Mittelwert des Unter- gurts, geteilt durch drei;
- für I-, H- und Hohlprofilstützen als Summe der Mittelwerte jeder Messebene, geteilt durch die Anzahl von Messebenen;
- für Hohlprofilträger als Mittelwert der Seiten plus Mittelwert der Unterseite, geteilt durch zwei.

3.2 Symbole und Maßeinheiten

Symbol	Einheit	Bedeutung
LB		belasteter Träger
UB		unbelasteter kurzer Träger
LC		belastete Stütze von 3 m Höhe
TC		unbelastete Stütze von 2 m Höhe
SC		unbelastete Stütze geringer Höhe
p		Brandschutzmaterial
a		Stahl
f		Brandraum
d		Dicke
ρ		Dichte
t_f	min	Zeit für das belastete oder hohe Bauteil bis zur Erreichung der Bemessungstemperatur

Symbol	Einheit	Bedeutung
t_1	min	Zeit für das Referenzbauteil bis zur Erreichung der Bemessungstemperatur
S	m^{-1}	Profilfaktor des belasteten oder hohen Bauteils
S_1	m^{-1}	Profilfaktor des Referenzbauteils
D	mm	Schutzschichtdicke für das belastete oder hohe Bauteil
D_1	mm	Schutzschichtdicke für das Referenzbauteil
$d_{\max}$	mm	maximale Schutzschichtdicke des belasteten oder hohen Bauteils
$d_{\min}$	mm	minimale Schutzschichtdicke des belasteten oder hohen Bauteils
d_i	mm	Schutzschichtdicke des kurzen Bauteils
$k_{i\max}$		Korrekturfaktor für das Haftvermögen bei maximaler Schutzschichtdicke
$k_{i\min}$		Korrekturfaktor für das Haftvermögen bei minimaler Schutzschichtdicke
k_i		Korrekturfaktor für das Haftvermögen des kurzen Bauteils bei der Dicke d_i
A_m/V	m^{-1}	Profilfaktor des ungeschützten Stahlbauteils
A_p/V	m^{-1}	Profilfaktor des geschützten Stahlbauteils
A	m^2	Querschnittsfläche des Stahlbauteils
V	m^3/m	Volumen des Stahlbauteils je Längeneinheit
V_v	m^3/m	Volumen des Brandschutzmaterials je Längeneinheit
H	mm	Höhe des Stahlprofils
h	mm	Tiefe des Stahlprofils
B	mm	Breite des Stahlprofils
t_w	mm	Dicke des Stahlprofilstegs
t_f	mm	Dicke des Stahlprofilgurts
t	mm	Wanddicke eines Stahl-Hohlprofils
$L_{\exp}$	mm	beflammte Länge des Proben-Trägers
$L_{\sup}$	mm	Spannweite des Proben-Trägers zwischen den Auflagern
L_{isped}	mm	Spannweite des Proben-Trägers
d_{UB}	mm	Dicke des Brandschutzmaterials am unbelasteten Träger
d_{SC}	mm	Dicke des Brandschutzmaterials an der unbelasteten Stütze
d_p	mm	Dicke des betrachteten Brandschutzmaterials
$d_{p(\max)}$	mm	maximale Dicke des verwendeten Brandschutzmaterials
$d_{p(\min)}$	mm	minimale Dicke des verwendeten Brandschutzmaterials
$\rho_{\text{protection}}$	kg/m^3	Dichte des Brandschutzmaterials
ρ_{UB}	kg/m^3	Dichte des Brandschutzmaterials am unbelasteten Träger
ρ_{SC}	kg/m^3	Dichte des Brandschutzmaterials an der unbelasteten Stütze
ρ_{LB}	kg/m^3	Dichte des Brandschutzmaterials am belasteten Träger
ρ_a	kg/m^3	Dichte des Stahls (im Regelfall $7\,850\,kg/m^3$)
θ_{LB}	$^{\circ}C$	charakteristische Stahltemperatur eines belasteten Trägers
θ_{UB}	$^{\circ}C$	charakteristische Stahltemperatur eines kurzen unbelasteten Referenzträgers
θ_{LC}	$^{\circ}C$	charakteristische Stahltemperatur einer belasteten Stütze
θ_{TC}	$^{\circ}C$	charakteristische Stahltemperatur einer hohen Stütze
θ_{SC}	$^{\circ}C$	charakteristische Stahltemperatur einer kurzen Referenzstütze
$\theta_{c(UB)}$	$^{\circ}C$	korrigierte mittlere Temperatur eines unbelasteten Trägers
$\theta_{c(SC)}$	$^{\circ}C$	korrigierte mittlere Temperatur einer unbelasteten Stütze

Symbol	Einheit	Bedeutung
θ_t	°C	mittlere Brandraumtemperatur zum Zeitpunkt t
θ_{at}	°C	mittlere Temperatur des Stahls zum Zeitpunkt t
$\Delta\theta_t$	°C	Zunahme der Brandraumtemperatur während des Zeitintervalls Δt
$\theta_{m(SC)}$	°C	angepasste Stahltemperatur eines unbelasteten Bauteils
θ	°C	Bemessungstemperatur
K_d		Bereichsfaktor für die Dicke
K_s		Bereichsfaktor für den Profilmfaktor
c_a	J/(kgK)	temperaturabhängige spezifische Wärmekapazität des Stahls wie in EN 1993-1-2 festgelegt
c_p	J/(kgK)	temperaturunabhängige spezifische Wärmekapazität des Brandschutzmaterials
μ		Verhältnis der Wärmekapazität des Brandschutzmaterials zu der des Stahlprofils
t	min	Zeit ab Prüfungsbeginn
t_e	min	Zeit, die ein unbelastetes Bauteil benötigt, um eine einem belasteten Träger zum Zeitpunkt t vergleichbare Temperatur zu erreichen
Δt	min	Zeitintervall
t_d	min	Zeit, die ein kurzes Bauteil bis zum Erreichen der Bemessungstemperatur benötigt
λ_p	W/(mK)	effektive Wärmeleitfähigkeit des Brandschutzmaterials
$\lambda_{char(p)}$	W/(mK)	Kennwert der effektiven Wärmeleitfähigkeit des Brandschutzmaterials
$\lambda_{ave(p)}$	W/(mK)	Mittelwert von λ_p , ermittelt für alle Bauteile geringer Höhe bei Temperatur θ
$\lambda_{\delta(p)}$		Standardabweichung von λ_p , ermittelt für alle Bauteile geringer Höhe bei Temperatur θ
$C_{n(\theta)}$		für kurze Bauteile abgeleitete Konstante bei Temperatur θ
K		auf $\lambda_{\delta(p)}$ angewandte Konstante

4 Prüfgeräte

4.1 Allgemeines

Der Brandraum und die Prüfgeräte müssen den Festlegungen in EN 1363-1 entsprechen.

4.2 Brandraum

Der Brandraum muss so bemessen sein, dass die Probekörper nach Abschnitt 6 beflammt und nach Abschnitt 7 auf dem Brandraum aufgebaut oder in diesen eingebaut werden können.

4.3 Belastungseinrichtung

Die Probekörper sind nach EN 1363-1 zu belasten. Die Belastungseinrichtung muss eine Belastung von Trägern nach 5.2.1 und von Stützen nach 5.2.3 ermöglichen.

5 Prüfbedingungen

5.1 Allgemeines

Eine Anzahl von kurzen mit dem Brandschutzsystem beschichteten I-, H-, oder Hohlprofilen aus Stahl wird in einem Brandraum entsprechend den Festlegungen nach EN 1363-1 beflammt.

Belastete und unbelastete Träger und Stützen, die in gleichem Maße beflammt werden, liefern Angaben zur Stabilität und dem Haftvermögen des Brandschutzsystems auf den Stahlprofilen.

Das in diesem Teil beschriebene Prüfverfahren für belastete Träger soll bei Beanspruchung durch Belastung und Erwärmung eine maximale Durchbiegung (Spannweite/30) ermöglichen. Falls die Rate der Durchbiegung die in EN 1363-1 angegebenen Werte überschreitet, ist das Erreichen der Spannweite/30 eventuell nicht möglich.

Es wird empfohlen, die Prüfungen so lange fortzusetzen, bis die Stahltemperatur ihren entsprechend der Anwendung erforderlichen Höchstwert erreicht.

Werden mehrere Probekörper gleichzeitig geprüft, muss sichergestellt sein, dass jeder ausreichend und in gleicher Weise den vorgegebenen Prüfbedingungen ausgesetzt wird.

Sofern in dieser Norm keine anderen Angaben gemacht werden, ist diese Prüfung nach den in EN 1363-1 beschriebenen Verfahren durchzuführen.

5.2 Auflager- und Belastungsbedingungen

5.2.1 Belastete Träger

Jeder Probekörper für die Prüfung belasteter Träger ist frei aufliegend zu lagern, und eine ungehinderte Dehnung und vertikale Durchbiegung des Trägers muss sichergestellt sein. Der Träger darf nicht über eine zusätzliche Torsionsversteifung verfügen, es sei denn, es wird für notwendig erachtet wie in 6.3.1 festgelegt. Die Spannweite darf dabei um nicht mehr als 400 mm an jeder Seite über die beflamnte Länge hinausgehen.

Die Lasten sind mit einem der in Bild 2 beschriebenen Verfahren aufzubringen.

Die Enden von belasteten Trägern müssen außerhalb des Brandraumes mit einem geeigneten Wärmedämmstoff gedämmt sein.

5.2.2 Unbelastete Träger

Jeder unbelastete Träger ist wie in Bild 3 dargestellt aufzulagern.

5.2.3 Belastete Stützen

Für jede belastete Stütze müssen die entsprechenden Auflagerbedingungen sowie die Positionierung und Ausrichtung des Probekörpers im Brandraum nach EN 1365-4 vorbehaltlich aller geänderten oder zusätzlichen Anforderungen dieser Norm sichergestellt sein; ein Beispiel dafür ist in Bild 8 dargestellt.

5.2.4 Unbelastete Stützen

Unbelastete Stützen sind aufrecht in den Brandraum einzubringen, dabei sind sie entweder an der Unterseite der Brandraumabdeckplatten zu befestigen (siehe Beispiel in Bild 10) oder direkt auf dem Brandraumboden oder auf Sockeln aufzustellen.

5.3 Belastung

Die belasteten Träger sind mit einer Gesamtlast von 60 % des Bemessungswertes der Momententragfähigkeit nach EN 1993-1-1 zu beanspruchen, wobei die Belastung auf der Grundlage der tatsächlichen Streckgrenze des Stahls, wie im Konformitätszertifikat für die betreffende Charge angegeben, oder eines Messwerts zu berechnen ist. Die tatsächlich aufgebrachte Last muss der berechneten Gesamtlast abzüglich des Eigengewichts des Trägers, der Betonabdeckung, des Brandschutzmaterials usw. entsprechen.

Die Art der Belastung ist so zu wählen, dass ein Biegemoment erzeugt wird, das mindestens über 20 % der Spannweite des Trägers in Feldmitte konstant ist.

Belastete Stützen sind mit einer Prüflast von 60 % des Bemessungswertes der Knicklasttragfähigkeit nach EN 1993-1-1 zu beanspruchen, wobei die Belastung auf der Grundlage der tatsächlichen Streckgrenze des Stahls, wie im Konformitätszertifikat für die betreffende Charge angegeben, oder eines Messwerts zu berechnen ist. Einzelheiten der zur Bestimmung der Prüflasten durchgeführten Berechnung sind in den Prüfbericht aufzunehmen.

Zu prüfende belastete Stahlbauteile sind nach EN 1365-3 oder EN 1365-4 vorbehaltlich aller geänderten oder zusätzlichen Anforderungen dieser Norm zu prüfen.

6 Probekörper

6.1 Allgemeines

Die zu prüfenden Bauteile sind im Hinblick auf den Anwendungsbereich der Bewertung zu wählen und umfassen sowohl belastete als auch unbelastete Bauteile. Die Prüfung von belasteten und hohen sowie von Referenzbauteilen bildet die Grundlage für die Korrektur des Haftvermögens, die auf die thermischen Daten, die aus den unbelasteten kurzen Bauteilen gewonnen wurden, anzuwenden ist.

Die belasteten und unbelasteten Bauteile sind in Abhängigkeit vom Anwendungsbereich der Bewertung entsprechend den Angaben in 6.6 zu wählen. Die zu prüfenden Bauteile sind aus den in Anhang F angegebenen Tabellen auszuwählen.

Für jede Prüfung eines belasteten Trägers oder einer belasteten Stütze oder einer belasteten hohen Stütze ist ein gleichwertiger unbelasteter Referenzträger bzw. eine unbelastete Stütze in das Prüfprogramm einzubeziehen und im Brandraum nach Möglichkeit zur selben Zeit zu prüfen.

Ist es nicht möglich, eine belastete Stütze und ein Referenzbauteil gemeinsam im Brandraum zu prüfen, so müssen eine gleichwertige hohe Stütze und eine Referenzstütze derselben Größe und mit der gleichen Schutzschichtdicke wie die belastete Stütze gemeinsam im selben Brandraum geprüft werden.

Wenn eine Bewertung ausschließlich für I- oder H-Stützen erforderlich ist und die Referenzbauteile nicht im selben Brandraum geprüft werden können, müssen eine hohe Stütze und eine Referenzstütze sowohl bei minimaler als auch bei maximaler Dicke gemeinsam im Brandraum geprüft werden.

Für die maximale Dicke und die Mindestdicke des Brandschutzsystems ist jeweils ein belasteter Träger zu prüfen, um das Haftvermögen während der maximalen Durchbiegung des Stahlbauteils bei rund 550 °C bis zur höchsten zu erwartenden Stahltemperatur zu untersuchen. Die beiden belasteten Stahlträger können unterschiedliche Abmessungen aufweisen.

Die Daten für die belasteten und hohen Stahlbauteile und die äquivalenten unbelasteten Referenzbauteile sind zur Bestimmung der Korrekturfaktoren für das Haftvermögen für den Gesamtbereich der Dicken nach Anhang D zu verwenden.

6.2 Größe der Probekörper

6.2.1 Belastete Träger

Belastete Träger müssen einen I- oder H-förmigen Querschnitt haben oder ein rechteckiges Hohlprofil sein.

Jeder Träger muss eine Gesamtlänge aufweisen, die eine Beflammung über eine Länge von mindestens 4 000 mm ermöglicht.

Die Stützlänge und die Länge des Probekörpers sind wie folgt festzulegen:

- Die Spannweite [L_{sup}] muss gleich der beflamten Länge zuzüglich max. 400 mm an beiden Enden sein;
- Die Länge des Probekörpers [L_{spec}] muss gleich der beflamten Länge zuzüglich max. 500 mm an beiden Enden sein (siehe Bild 9);
- Die für den Einbau erforderliche zusätzliche Länge muss so klein wie praktisch möglich sein.

6.2.2 Referenzbauteil

Soweit möglich, ist jedes unbelastete Referenzbauteil der gleichen Stahllänge zu entnehmen, die auch für das entsprechende belastete Bauteil verwendet wurde, wodurch sichergestellt werden soll, dass die beiden Probekörper gleiche Maße und Eigenschaften aufweisen. Ist das nicht möglich, sollte das Prüflabor sicherstellen, dass die Maße und Eigenschaften des Referenzbauteils vergleichbar sind.

6.2.3 Belastete Stützen

Alle belasteten Stützen müssen eine beflamte Mindesthöhe von 3 000 mm aufweisen.

6.2.4 Kurze Bauteile

Kurze Träger und Stützen müssen eine Länge von $(1\,000 \pm 50)$ mm aufweisen.

6.2.5 Hohe Stützen

Hohe Stützen müssen eine Höhe von $(2\,000 \pm 50)$ mm aufweisen.

6.3 Konstruktive Ausbildung der Stahlprobekörper

6.3.1 Belastete Träger

Stahlprofile für die Prüfung belasteter Träger sind nach Bild 9 auszubilden.

Sollte aufgrund der Spannweite des Trägers eine zusätzliche Aussteifung erforderlich sein, so können nach Vereinbarung mit dem Auftraggeber zusätzliche Aussteifungen durch Einbau von Stegaussteifungen wie folgt vorgesehen werden:

Zur Erhöhung der Steifigkeit des Stegs und der Torsionssteifigkeit können die Träger versehen werden mit:

- a) Stegaussteifungen in Form von an jeder Belastungsstelle angeschweißten Stahlblechen oder dreieckigen Knotenblechen. Die Dicke dieser Bleche muss mindestens der Dicke des Stegs und die Blechtiefe muss der Tiefe des Trägerflansches abzüglich mindestens 10 mm entsprechen. Einzelheiten sind Bild 9 zu entnehmen;
- b) Stegaussteifungen in Form von an jedem Auflager angeschweißten Stahlblechen oder U-Profilen. Die Dicke dieser Bleche muss mindestens der Dicke des Stegs entsprechen. Stegaussteifungen aus Stahlblech sind für eine zusätzliche Torsionssteifigkeit trapezförmig auszubilden. Einzelheiten sind Bild 9 zu entnehmen.

6.3.2 Unbelastete Träger

Die unbelasteten Träger sind nach Bild 3 auszuführen.

Zur Verringerung des Wärmeeintrags an den Enden unbelasteter Träger sind die Trägerenden mit Dämmplatten oder in ähnlicher Weise so zu schützen, dass bei erhöhten Temperaturen eine Wärmedämmung sichergestellt ist, die mindestens der des über die Länge des Probekörpers aufgetragenen Brandschutzmaterials entspricht (siehe Bild 3).

Die Maße des Trägerendschutzes müssen größer sein als die Gesamtabmessungen des beschichteten Stahlprofils.

6.3.3 Belastete Stützen

Die belasteten Stützen sind nach Bild 8 auszubilden.

6.3.4 Hohe und kurze Stützen

Hohe Stützen und Stützen geringer Höhe aus Stahl dürfen nach den Bildern 12, 13 und 14 ausgebildet werden.

Kurze Stützen dürfen auf dem Boden des Ofens oder an der Decke hängend oder auf einem Sockel stehend geprüft werden.

Zur Verringerung des Wärmeeintrags an den Enden, sind die Stützen mit Dämmplatten oder in ähnlicher Weise so zu schützen, dass bei erhöhten Temperaturen eine Wärmedämmung sichergestellt ist, die mindestens der des über die Höhe der Stütze aufgetragenen Brandschutzmaterials entspricht.

Die Maße des Endschutzes müssen größer sein als die Gesamtabmessungen des beschichteten Stahlprofils (siehe Bilder 12 und 13).

6.3.5 Belastete, hohe und kurze Stützen – Kopfplatte

Zur genauen Ermittlung der Dämmwirkung eines auf eine Stütze aufgetragenen Dämmschichtbildners ist das obere Ende der geprüften Stütze so zu isolieren, dass ein unangemessener Wärmeeintrag auf die Stütze an dieser Stelle verhindert wird.

Ein 6 mm dickes Stahlblech ist direkt an der Oberkante von unbelasteten Stützen und in einem Abstand von 3 m vom Boden der belasteten Stütze anzubringen. Das Blech wird an das Profil angeschweißt und mit dem reaktiven Material an allen brandbeaufschlagten Flächen (außer der Oberseite) mit einer Dicke, die etwa der Dicke des Hauptprofils entspricht, beschichtet. Die Oberkante des Blechs wird mit einer Dämmplatte oder auf ähnliche Weise so geschützt, dass bei erhöhten Temperaturen eine Wärmedämmung sichergestellt ist, die mindestens der Dämmung des Brandschutzmaterials entspricht.

Diese Konstruktion sollte ermöglichen, dass die dämmschichtbildende Kohleschicht praxisnäher ausgebildet wird, ohne dass in diesem kritischen Bereich fehlerhafte Temperaturwerte gemessen werden. Bild 14 enthält die Einzelheiten dazu.

Diese Konstruktion darf auch auf die belastete Stütze angewandt werden, außer wenn das Stahlblech unterhalb der Oberkante angebracht werden darf, um Interferenzen mit der Belastungseinrichtung zu vermeiden. In diesem Fall ist die beflamte Mindeststützenhöhe einzuhalten.

6.3.6 Aufbringen des Brandschutzmaterials

Die Stahloberfläche ist nach den Herstellerangaben vorzubereiten, ebenso ist das Brandschutzsystem möglichst praxisnah auf die Träger und Stützen aufzubringen. Die Aufbringung des Brandschutzmaterials muss sowohl für Stützen als auch für Träger nach dem gleichen Verfahren erfolgen; andernfalls werden gesonderte Prüfungen und Beurteilungen unter Einbeziehung belasteter Stützen erforderlich.

6.4 Zusammensetzung der Stahlprofile

Es ist ein beliebiger Baustahl (Bezeichnung S, nicht jedoch S 185) nach EN 10025-1 zu verwenden. Maschinenbaustahl (Bezeichnung E) ist nicht zulässig.

Die Abmessungen und Querschnittsflächen der Stahlprofile sind unter Vernachlässigung aller Innen- und Außenradien zu messen. Diese Werte sind zur Ermittlung der Stahlprofilfaktoren nach den in Bild 1 angegebenen Gleichungen zu verwenden.

6.5 Werkstoffeigenschaften der Brandschutzmaterialien

6.5.1 Allgemeines

Die für reaktive Brandschutzmaterialien geeigneten Verfahren und die entsprechende Verifizierung sind in Anhang B angegeben.

6.5.2 Dicke der aufgetragenen Brandschutzmaterialien

Für reaktive Brandschutzmaterialien sollte zunächst die durchschnittliche Dicke der Grundierung gemessen und von der Gesamtdurchschnittsdicke aus der Grundierung und der Dicke der reaktiven Ummantelung subtrahiert werden. Die sich daraus ergebenden zulässigen Dickentoleranzen ohne Grundierung und Deckanstrich (unter der Annahme einer Normalverteilung der gemessenen Dicke) müssen dann wie folgt sein:

a) In den Temperaturmessebenen:

- 1) mindestens 68 % der Messwerte müssen innerhalb von ± 20 % des Mittelwertes liegen;
- 2) mindestens 95 % der Messwerte müssen innerhalb von ± 30 % des Mittelwertes liegen;
- 3) alle Messwerte müssen innerhalb von ± 45 % des Mittelwertes liegen.

b) An allen Stellen:

- 1) mindestens 68 % der Messwerte müssen innerhalb von ± 20 % des Mittelwertes an den Temperaturmessstellen liegen;
- 2) mindestens 95 % der Messwerte müssen innerhalb von ± 30 % des Mittelwertes an den Temperaturmessstellen liegen;
- 3) alle Messwerte müssen innerhalb von ± 45 % des Mittelwertes an den Temperaturmessstellen liegen.

Sollten die Dickenwerte außerhalb dieser Grenzwerte liegen, sind Korrekturen an den Probekörpern vorzunehmen, sodass sie den oben genannten Anforderungen entsprechen.

6.6 Auswahl der Probekörper

6.6.1 Grundsätze für die Auswahl

Die Probekörper werden entsprechend dem Anwendungsbereich der Bewertung ausgewählt.

Mit Hilfe von Tabelle 1 ist die Durchführung verschiedener Bewertungen möglich, je nachdem ob der Hersteller eine eingeschränkte oder eine umfangreiche Prüfung wünscht. Jedes Prüfprogramm gibt die Mindestanzahl der für den jeweiligen Anwendungsbereich erforderlichen Probekörper an.

Tabelle 1

Anwendungsbereich	Prüfprogramm	$LB_{\min} + LB_{\max}$	$LC_{\min} + LC_{\max}$	$TC_{\max}$	$LHB_{\max}$	$LHB_{\min}$	$LHC_{\max}$	$LHC_{\min}$	RB	SIB	SIC	$TCHS$	$TRHS$	SHB	SHC	Gesamtanzahl kurzer Bauteile	Verfahren zur Korrektur nach Anhang D, Tabelle D.1
I-Träger	1	✓								13						13	a)
I-Stützen	2		✓								13					13	b)
I-Träger + I-Stützen	3	✓		✓						13	13					26	a), c)
I-Träger + I-Stützen	3A	✓		✓					2		13					15	d)
I-Träger + I-Stützen + Hohlprofil-Stützen	4	✓		✓			✓			13	13	✓	✓		6	32	a), c), e)
I-Träger + I-Stützen + Hohlprofil-Stützen	4A	✓		✓			✓		2		13	✓	✓		6	21	d), e)
I-Träger + I-Stützen + Hohlprofil-Träger	5	✓		✓	✓					13	13			6		32	a), c), f)
I-Träger + I-Stützen + Hohlprofil-Träger	5A	✓		✓	✓				2		13			6		21	d), f)
I-Träger + I-Stützen + Hohlprofil-Träger + Hohlprofil-Stützen	6	✓		✓	✓		✓			13	13	✓	✓	6	6	38	a), c), e), f)
I-Träger + I-Stützen + Hohlprofil-Träger + Hohlprofil-Stützen	6A	✓		✓	✓		✓		2		13	✓	✓	6	6	27	d), e), f)
I-Träger + Hohlprofil-Träger + Hohlprofil-Stützen	7	✓			✓		✓			13		✓	✓	6	6	25	a), e), f)
I-Stützen + Hohlprofil-Stützen + Hohlprofil-Träger	8		✓		✓		✓				13	✓	✓	6	6	25	b), e), f)
Hohlprofil-Träger + Hohlprofil-Stützen	9				✓	✓	✓	✓				✓	✓	6	6	12	g), h)

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Anwendungsbereich	Prüfprogramm	$LB_{\min} + LB_{\max}$	$LC_{\min} + LC_{\max}$	$TC_{\max}$	$LHB_{\max}$	$LHB_{\min}$	$LHC_{\max}$	$LHC_{\min}$	RB	SIB	SIC	$TCHS$	$TRHS$	SHB	SHC	Gesamtanzahl kurzer Bauteile	Verfahren zur Korrektur nach Anhang D, Tabelle D.1
I-Träger + Hohlprofil-Träger	10	✓			✓	✓				13				6		19	a), g)
I-Stützen + Hohlprofil-Stützen	11		✓				✓	✓			13	✓	✓		6	19	b), h)
I-Träger + Hohlprofil-Stützen	12	✓					✓	✓		13		✓	✓		6	19	a), h)
I-Stützen + Hohlprofil-Träger	13		✓		✓	✓					13			6		19	b), g)
Hohlprofil-Träger	14				✓	✓								6		6	g)
Hohlprofil-Stützen	15						✓	✓				✓	✓		6	6	h)

Legende zu Tabelle 1

I	bezieht sich sowohl auf I- als auch H-Profile
LB	belasteter Träger
LC	belastete Stütze
TC	hohe I- oder H-Stütze
LHB	belasteter Hohlprofil-Träger
LHC	belastete Hohlprofil-Stütze
SIB	kurze I-Profil-Träger
SIC	kurze I-Profil-Stützen
TCHS	hohe runde Hohlprofil-Stützen
TRHS	hohe rechteckige Hohlprofil-Stützen
SHB	kurzer Hohlprofil-Träger
SHC	kurze Hohlprofil-Stütze
RB	Referenzträger

Die Prüfprogramme für unbelastete Bauteile sind zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Feuerwiderstand, Trockenschichtdicke und Profilmfaktor erforderlich.

Die Spalte für die Referenzträger ist nur für Prüfprogramme von Bedeutung, bei denen eine Bewertung des Trägers an Hand der Angaben zu kurzen Stützen vorgenommen wird, weil dann Referenzträger bei Mindest- und Höchstwerten zusätzlich zu den kurzen Stützen für die Prüfung erforderlich sind. Bei allen weiteren Fällen sind die Referenzträger und -stützen in die ausgewählten kurzen Bauteile einzubeziehen.

Aus einer Prüfung kreisförmiger und rechteckiger Hohlprofilstützen mit Dämmschichtbildner kann nicht eindeutig geschlossen werden, dass ein bestimmtes Profil kritischer ist als ein anderes. Um die Messwerte für beide Typen verwenden zu können, sollte eine Prüfung erfolgen, mit der in angemessener Form nachgewiesen wird, welche bestimmte Form tatsächlich die kritischere ist, bevor die Bewertung beider Hohlprofile auf der Grundlage der Prüfung von nur einer Profilform vorgenommen wird.

Um zu ermitteln, ob sich die Brandschutzbeschichtung auf kreisförmigen oder rechteckigen Hohlprofilstützen unterschiedlich verhält, sollte entsprechend dem Anwendungsbereich der Bewertung jeweils eine hohe Stütze jeden Typs mit einem nominalen Profilmfaktor von 130 m^{-1} bis 160 m^{-1} oder mit dem maximalen Profilmfaktor geprüft werden. Die Stütze ist mit der gleichen Beschichtungsdicke, die sich auf den nominalen Maximalwert bezieht, zu schützen.

Die Nennprofilgröße für hohe kreisförmige und rechteckige Hohlprofilstützen sollte 168,3 mm im Durchmesser mal 8,0 mm Wanddicke bzw. $160 \text{ mm} \times 160 \text{ mm} \times 8,0 \text{ mm}$ Wanddicke betragen, oder die Wanddicke muss der für den Anwendungsbereich der Bewertung passenden Mindestwanddicke entsprechen. In diesem Fall kann es erforderlich sein, den belasteten Hohlprofil-Probekörper mit der gleichen Wanddicke wie bei der hohen Stütze auszuwählen, sodass die Korrektur der Angaben an Hand des gleichen Referenzbauteils vorgenommen werden kann.

Ein Vergleich der Stahltemperaturprofile bezüglich der jeweils bis zum Erreichen der Bemessungstemperatur erforderlichen Zeit ist in die Beurteilung aufzunehmen, und das kritischste Verhalten ist zu bestimmen.

Sobald das kritischste Hohlprofil ermittelt ist, dürfen die belasteten Hohlprofilstützen und die kurzen Bauteile entsprechend ausgewählt werden.

Alternativ dürfen Prüfungen sowohl an kreisförmigen als auch an rechteckigen Hohlprofilen durchgeführt und gesondert beurteilt werden. In jedem Fall ist ein belastetes Bauteil mit maximaler Dicke erforderlich.

6.6.2 Für die Korrektur des Haftvermögens erforderliche Profile

Die Verfahrensweise zur Ermittlung der Korrektur des Haftvermögens ist vom Anwendungsbereich des aus Tabelle 1 ausgewählten Prüfprogramms abhängig und wird in Anhang D beschrieben.

6.6.3 Erforderliche Profile für die thermische Analyse

6.6.3.1 Kurze I- und H-Profile

Die Profile werden so gewählt, dass der Bereich der Dicke des Brandschutzmaterials, des Profilkfaktors und der Feuerwiderstandsdauer abgedeckt ist; ebenso einzuschließen ist ein dem belasteten Bauteil oder dem hohen Bauteil entsprechendes kurzes Referenzbauteil. In den Tabellen 2 und 3 ist die Mindestanzahl erforderlicher Profile aufgeführt. Zusätzliche Profile können geprüft werden, um die in E.2 beschriebene Kurvenanpassung zu ermöglichen (grafisches Verfahren).

Zusätzliche kurze und hohe Bauteile sind für die Analyse von Hohlprofilen erforderlich, die auf ähnliche Weise ausgewählt werden, damit der gesamte Bereich der Dicke des Brandschutzmaterials, des Profilkfaktors und der Feuerwiderstandsdauer abgedeckt ist.

Die Auswahl der Probekörper ergibt sich aus dem für das Produkt erforderlichen Anwendungsbereich der Bewertung. Die Beurteilung erfolgt auf der Grundlage des Profilkfaktors (Maximum und Minimum) und des Dickenbereichs (Maximum und Minimum) für jede Feuerwiderstandsdauer. Die Bereichsfaktoren sind 1,0 für das Maximum und 0,0 für das Minimum und werden vom Hersteller festgelegt.

Für kurze I- oder H-Profile gilt Tabelle 2:

Tabelle 2

Profil-Bereichsfaktor (K_s)	Faktor für den Dickenbereich (K_d)			
	0,0 ($d_{\min}$)	0,2 bis 0,5	0,5 bis 0,8	1,0 ($d_{\max}$)
0,0 ($s_{\min}$)	√	√	√	
	√ptp			
0,2 bis 0,5	√		√	√
	√ptp			
	√ptp	√ptp		√ptp
0,5 bis 0,8	√	√	√	√
		√ptp	√ptp	√ptp
		√ptp	√ptp	√ptp
1,0 ($s_{\max}$)		√	√	√

Wenn das grafische Analyseverfahren nach E.2 angewendet werden soll, ist auf Tabelle E.3 zu verweisen, um sicherzustellen, dass bei der Auswahl der Probekörper die richtige Anzahl der Dickenstufen einbezogen wurde.

Die Tabelle gilt gesondert für Träger und Stützen.

Die oben aufgeführte Tabelle ist ein Beispiel, und bei jeder Auswahl muss es mindestens drei Profile in jeder Zeile und drei Profile in jeder Spalte geben, ausgenommen im Falle der zusätzlichen Stützenabschnitte.

Der belastete Träger bei maximaler Dicke muss im Profilkfaktorbereich von 0,2 bis 1,0 liegen und der belastete Träger bei Mindestdicke muss im Profilkfaktorbereich von 0,2 bis 0,8 liegen.

Die tatsächliche Dicke und der tatsächliche Profilkfaktor werden nach den Gleichungen (1) und (2) berechnet.

Mindestens ein kurzer Träger muss eine Mindeststegtiefe von 600 mm haben.

Die Mindestanzahl kurzer Bauteile für den Profilkfaktor beträgt für Träger 13 und für Stützen 13.

Die in Tabelle 2 angegebenen Profile mit einem „ptp“-Hinweis werden als zusätzliche Stützenabschnitte benötigt. Bei einer grafischen Beurteilung für eine bestimmte Zeile für die Nenndicke liegen diese zusätzlichen Abschnitte zwischen den Profilkfaktorbereichen zu beiden Seiten.

Wenn lediglich kurze Stützen zur Bewertung von Trägern verwendet werden, müssen auch Referenzträger in die Prüfungen sowohl von minimal als auch von maximal belasteten Trägern einbezogen werden.

Wenn lediglich kurze Stützen zur Bewertung von Trägern verwendet werden, bleibt die maximale Stegtiefe auf den Wert der Stegtiefe des belasteten Trägers zuzüglich 50 % beschränkt.

6.6.3.2 Hohlprofile

Für kurze Hohlprofile gilt Tabelle 3:

Tabelle 3

Profil-Bereichsfaktor (K_s)	Faktor für den Dickenbereich (K_d)		
	0,0 ($d_{\min}$)	0,4 bis 0,6	1,0 ($d_{\max}$)
0,0 ($s_{\min}$)	✓	✓	
0,4 bis 0,6	✓		✓
1,0 ($s_{\max}$)		✓	✓

Tabelle 3 gilt gesondert für Hohlprofil-Träger und Hohlprofil-Stützen.

Tabelle 3 ist ein Beispiel, und bei jeder Auswahl muss es mindestens zwei Profile in jeder Zeile und zwei Profile in jeder Spalte geben.

Der belastete Hohlprofil-Träger bei maximaler Dicke muss im Profilmfaktorbereich von 0,5 bis 1,0 liegen und der belastete Hohlprofil-Träger bei Mindestdicke muss im Profilmfaktorbereich von 0,5 bis 1,0 liegen.

Die tatsächliche Dicke und der tatsächliche Profilmfaktor werden nach den Gleichungen (1) bzw. (2) berechnet.

Die Mindestanzahl kurzer Bauteile beträgt für Träger sechs und für Stützen sechs.

Die geringere Anzahl an Profilen gegenüber Tabelle 2 ermöglicht lediglich eine begrenzte Beurteilung, d.h. eine festgelegte Dicke des Schutzmaterials für jeden Bereichsfaktor ohne Interpolation zwischen den geprüften Dickenbereichen. Für eine vollständige Beurteilung ist der gleiche Ansatz und die gleiche Anzahl an Probekörpern zu verwenden, wie in Tabelle 2 angegeben.

Die tatsächlichen Werte für den Profilmfaktor können aus den Gleichungen (1) und (2) hergeleitet werden:

Für die Dicke

$$d_p = K_d(d_{\max} - d_{\min}) + d_{\min} \quad (1)$$

Dabei ist

- d_p die Dicke beim Faktor K_d ;
- $d_{\max}$ die maximale Dicke bei einem Faktor K_d von 1;
- $d_{\min}$ die Mindestdicke bei einem Faktor K_d von 0.

Zum Beispiel beträgt bei einem Dickenbereich von 0,2 mm bis 1,2 mm die Dicke für einen K_s -Faktor von 0,5: $((1,2 - 0,2) \times 0,5) + 0,2 = 0,7$ mm.

Für den Profilmfaktor

$$s_p = K_s(s_{\max} - s_{\min}) + s_{\min} \quad (2)$$

Dabei ist

- s_p der Profilmfaktor beim Faktor K_s ;
- $s_{\max}$ der maximale Profilmfaktor bei einem Faktor K_s von 1;
- $s_{\min}$ der Mindestprofilfaktor bei einem Faktor K_s von 0.

Zum Beispiel beträgt bei einem Profilmfaktorbereich von 60 m^{-1} bis 300 m^{-1} der Profilmfaktor für einen K_s -Faktor von 0,5: $((300 - 60) \times 0,5) + 60 = 180 \text{ m}^{-1}$.

Der Hersteller darf den Profilmfaktor entsprechend dem vom Prüflabor für die Prüfung tatsächlich ausgewählten Profil bestimmen. Die verwendeten Probekörper sind aus den Tabellen in Anhang F auszuwählen.

7 Einbau der Probekörper

7.1 Belastete Träger

Als Trägerabdeckung sind Leichtbeton- oder Porenbetonplatten, die mit Schrauben mit 12 mm Durchmesser am Träger befestigt werden, aufzubringen. Lediglich die beiden Seiten und die Unterseite der Träger werden beflammt, wie in Bild 2 und Bild 11 dargestellt. Die Betonplatten müssen die folgenden Eigenschaften haben:

- a) Die quer zum Träger gemessene Breite muss $(600 \pm 100) \text{ mm}$ betragen;
- b) die Dicke muss zwischen 150 mm und 200 mm betragen;
- c) die maximale Länge muss 625 mm betragen;
- d) die Nenndichte der Porenbetonplatten muss 500 kg/m^3 betragen;
- e) die Nenndichte der Leichtbetonplatten muss $1\,500 \text{ kg/m}^3$ betragen;
- f) zwischen den Betonplatten muss ein Spalt vorgesehen sein, der eine Biegung des Trägers zulässt.

Zwischen den Betonplatten und dem Obergurt des Trägers ist eine Dämmschicht aus einem verdichtbaren Dämmstoff einzubringen. Dieser Dämmstoff muss ein nach EN 13501-1 bestimmter Dämmstoff der Klasse A1 sein und eine Betriebstemperatur von mindestens $1\,000 \text{ °C}$ aufweisen. Seine Dicke im unbelasteten Zustand muss $(30 \pm 5) \text{ mm}$ und die Nenndichte muss $(125 \pm 25) \text{ kg/m}^3$ betragen. Die Breite dieser Isolierschicht muss der Breite des Obergurts des Stahlträgers entsprechen (siehe Bild 2).

Für jedes Element der Betonabdeckung sind mindestens zwei Befestigungspunkte vorzusehen. Die Spalten zwischen den Elementen der Betonabdeckung sind mit feuerwiderstandsfähigem Material auszufüllen.

Zu Beginn der Prüfung muss die Unterseite der Betonabdeckung auf dem belasteten Träger bündig mit der Unterseite der angrenzenden Brandraumabdeckplatte abschließen.

Es sind die für Prüflabors üblichen Vorkehrungen zu treffen, um sicherzustellen, dass die Fugen zwischen der auf dem belasteten Träger aufgebrachten Betonabdeckung und den angrenzenden Brandraumabdeckplatten so abdichtet sind, dass aus dem Brandraum kein Rauch entweichen kann, was insbesondere dann gilt, wenn der Träger sich während der Prüfung verformt. Der belastete Träger ist so einzubauen, dass die Auflager des Trägers durch entsprechende Isolierung vor Hitzeeinwirkungen geschützt sind.

Zusätzlich sollten die Enden des belasteten Trägers außerhalb des Brandraumes isoliert werden und es sollte für einen ausreichenden Abstand zwischen der Unterseite des Brandschutzsystems und den Brandraumwänden gesorgt werden, um Interferenzerscheinungen zu verhindern.