

07.09.2017

C1/12 Korrekturen 2017

Seite	Ort	Korrektur									
4	Letzter Abschnitt	Übereinstimmung mit den Schweizerischen Brandschutzvorschriften VKF (Ausgabe 2015, Revision 2017) Neues Datum der Anerkennung als STP 06.09.2017									
28	Tab. 1.10	Die Formeln für z_b und I_b (richtig W_{plb}) sind zu ersetzen: In der zweituntersten Zelle der rechten Spalte; für die Zelle Querschnitt «im Stützbereich» und «im Oberflansch»: $z_b = h_a + \frac{1}{2b} \left(\frac{A_s}{n_{pls}} - A_a \right)$ $W_{plb} = \frac{A_s}{n_{pls}} z_s - A_a z_a + b(h_a^2 - z_b^2)$									
29	Tab. 1.11	Unterste Zeile: Zahl vor dem Wurzelzeichen für die Querschnittsklassen 3 und 1 korrigieren: <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Querschnittsklasse / Classe de section</th> </tr> <tr> <th>3</th> <th>2</th> <th>1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\frac{z_b}{t_w} \leq 42 \sqrt{\frac{235 \text{ N/mm}^2}{f_{ya}}}$</td> <td>$\frac{z_b}{t_w} \leq 38 \sqrt{\frac{235 \text{ N/mm}^2}{f_{ya}}}$</td> <td>$\frac{z_b}{t_w} \leq 33 \sqrt{\frac{235 \text{ N/mm}^2}{f_{ya}}}$</td> </tr> </tbody> </table>	Querschnittsklasse / Classe de section			3	2	1	$\frac{z_b}{t_w} \leq 42 \sqrt{\frac{235 \text{ N/mm}^2}{f_{ya}}}$	$\frac{z_b}{t_w} \leq 38 \sqrt{\frac{235 \text{ N/mm}^2}{f_{ya}}}$	$\frac{z_b}{t_w} \leq 33 \sqrt{\frac{235 \text{ N/mm}^2}{f_{ya}}}$
Querschnittsklasse / Classe de section											
3	2	1									
$\frac{z_b}{t_w} \leq 42 \sqrt{\frac{235 \text{ N/mm}^2}{f_{ya}}}$	$\frac{z_b}{t_w} \leq 38 \sqrt{\frac{235 \text{ N/mm}^2}{f_{ya}}}$	$\frac{z_b}{t_w} \leq 33 \sqrt{\frac{235 \text{ N/mm}^2}{f_{ya}}}$									
	1.8.4 letzte Zeile	Norm SIA 264, Tab. 6									
195	Letzter Abschnitt	Übereinstimmung mit den Schweizerischen Brandschutzvorschriften VKF (Ausgabe 2015, Revision 2017) Neues Datum der Anerkennung als STP 06.09.2017									
197	Tab. 7.1	Die Tabelle Feuerwiderstandanforderungen ist aufgrund der neuen Brandschutzvorschriften der VKF 2015 nicht mehr gültig. Eine an die neuen Brandschutzvorschriften angepasste Tabelle ist im steeltec02:2017 „Brandschutz im Stahlbau“ enthalten.									
198	Aufzählung Anfang	- Gebäude mit geringen Abmessungen									
	Aufzählung 3. Punkt	- jedes oberste Geschoss von Gebäuden mit $h < 30 \text{ m}$, sofern es keine Lasten von untenliegenden Geschossen übernimmt									
	Aufzählung 5. Punkt	- gewisse zweigeschossige Gebäude (z.B. Industriegebäude bis 1000 MJ/m^2 mit Gesamtfläche $\leq 2400 \text{ m}^2$ und $h \leq 11 \text{ m}$)									

199	7.1.3 1. Abschnitt	In Standardkonzepten der Brandschutzvorschriften gemäss Art. 10 [7.1] werden die Schutzziele mit vorgeschriebenen Massnahmen erreicht. Dabei wird zwischen baulichem Konzept und Löschanlagenkonzept unterschieden. Beim baulichen Konzept wird der Brandschutz der Konstruktion durch Massnahmen wie Überdimensionierung, Bekleidung, intumeszierender Beschichtung, Brandschutzputze oder Verbundbauweise erreicht. Beim Löschanlagenkonzept werden stationäre Löschanlagen durch Reduktion der Feuerwiderstand-Anforderungen gemäss Tab. 7.1 berücksichtigt.
199	7.1.3 2. Abschnitt	Alternative Brandschutzmassnahmen als Einzellösungen dürfen gemäss Art. 11 [7.1] im Rahmen von Standardkonzepten eingesetzt werden, soweit die Schutzziele mindestens gleichwertig erreicht werden.
199	7.1.3 3. Abschnitt	Brandschutzkonzepte mit Nachweisverfahren dürfen gemäss Art. 12 [7.1] bei ganzheitlicher Betrachtungsweise eingesetzt werden, soweit die Schutzziele mindestens gleichwertig erreicht werden. Sie enthalten aufeinander abgestimmte bauliche, technische und organisatorische Massnahmen für ein konkretes Einzelobjekt. Dies erfordert den Beizug von Spezialisten. Die Brandschutzbehörde prüft die brandschutzrelevanten Konzepte und Nachweise auf Vollständigkeit, Nachvollziehbarkeit und Plausibilität.
200	5. letzte Zeile	steeldoc 02/06 ersetzen durch steeltec 02:2017
205	Aufzählung 3. Punkt	steeldoc 02/06 ersetzen durch steeltec 02:2017
209	Unter Fig.7.12 Erste Zeile	Norm SIA 262 Tabelle 16
225	7.5.3 1. Abschnitt	Norm SIA 262 Tabelle 16
255	[7.1]	Schweizerische Brandschutzvorschriften VKF 2015, Revision 2017 . Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF, Bundesgasse 20, Bern, 2017 .
256	[8.2]	SZS-Publikation C2.5; Dämmschichtbildende Brandschutzsysteme. Stahlbau Zentrum Schweiz, 2017 .
	[8.3]	SZS, steelwork C4/06 ; Bemessungstabeln. Stahlbau Zentrum Schweiz, 2016 .
	[8.4]	SZS, steelwork C5/05 ; Konstruktionstabellen. Stahlbau Zentrum Schweiz, 2016 .
	[8.6]	Ersetzen durch: [8.6a] SZS, steelwork C9.A/14 ; Trägerstösse mit Stirnplatten, Fahnenblechanschlüsse. Stahlbau Zentrum Schweiz, 2014 . [8.6b] SZS, steelwork C9.B/15 ; Rahmenknoten. Stahlbau Zentrum Schweiz, 2015 .
	[8.8]	steeldoc 02/06 ersetzen durch steeltec 02:2017

Vorwort

Die Verbundbau-Bemessungstabeln Steelwork C1/12 ersetzen die frühere SZS-Publikation A3 «Verbundträger im Hochbau» und liefern zugleich wichtige Ergänzungen und viele neue Elemente. Die neue Publikation deckt ein wesentlich breiteres Spektrum ab und integriert in aktualisierter Form wesentliche Inhalte aus weiteren SZS-Publikationen über Stahl-Beton-Verbundtragwerke (B5, C2.3, C2.4, E2).

Entsprechend behandelt die Publikation nicht nur Verbundträger, sondern auch Kammerbetonträger, Blechverbunddecken, Slim-Floor-Decken, Verbundstützen und ihre Anschlüsse samt den zugehörigen Feuerwiderständen.

Das Werk enthält hauptsächlich Tragwiderstände und andere statische Werte für die Bemessung sowie Hinweise für die konstruktive Ausbildung. Weil theoretische Hintergründe nur summarisch beschrieben sind, ist es kein Lehrbuch – dennoch ist es auch für die Ausbildung wertvoll.

Die angegebenen statischen Werte beruhen auf den Normen SIA 264 und EN 1994 (Eurocode 4). Entsprechend der dort festgelegten Nachweisform sind überall Bemessungswerte der Tragwiderstände angegeben.

Produkt- und Firmenverzeichnisse steigern die Benutzerfreundlichkeit des Werks, technische Angaben zu Produkten werden jedoch einzig durch ihre Vertreter beantwortet. Weitere, nicht im Werk vertretene Marktanbieter sollen dadurch nicht herabgemindert werden.

Die neue Publikation richtet sich wiederum an Bauingenieur-Planer und Bauingenieur-Studierende. Darin sind die theoretischen Kenntnisse der Verbundbauweise zu einem praktischen Projektierungs-Hilfsmittel umgesetzt, welches eine rasche Festlegung der Abmessungen für die häufigsten Anwendungsfälle erlaubt.

Die Verbundbau-Bemessungstabeln wurden entwickelt, erstellt und redigiert von einer SZS-Projektgruppe, bestehend aus den Herren Dr. Walter Borgogno, St. Gallen, Michel Crisinel, Morrens VD, Prof. Christoph Gemperle, Wil SG, Eric Tonicello, Crissier VD, und Stephan Zingg, Weinfelden. Die Figuren und Zeichnungen wurden mit grosser Sorgfalt erstellt durch Herrn Claudio Leonardi (ICOM-EPFL). Wesentliche Beiträge stammen von Prof. Dr. Mario Fontana, ETH Zürich.

Das brandschutzbezogene Kapitel 7 des vorliegenden Dokuments wurde von der Technischen Kommission Brandschutz der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen TKB-VKF auf die materielle Übereinstimmung mit den Schweizerischen Brandschutzvorschriften VKF (Ausgabe 2015, Revision 2017) geprüft und am 06.09.2017 als «Stand der Technik» anerkannt.

September 2017

Stahlbau Zentrum Schweiz
Technische Kommission

Préface

Les «Tables de dimensionnement pour la construction mixte acier-béton» C1/12 remplacent l'ancienne publication SZS A3 «Poutres mixtes dans le bâtiment» et en constitue également un important complément. La nouvelle publication couvre une palette de sujets considérablement élargie en intégrant sous une forme actualisée l'essentiel du contenu d'autres publications SZS sur la construction mixte (B5, C2.3, C2.4, E2).

La publication ne concerne donc plus seulement les poutres mixtes, mais aussi les poutres à âme enrobée de béton, les dalles mixtes à tôle profilée, les planchers «slim floor», les poteaux mixtes et les assemblages de ces éléments ainsi que les résistances au feu respectives.

L'ouvrage contient essentiellement des résistances ultimes et d'autres valeurs statiques pour le dimensionnement, ainsi que des indications relatives à la conception structurale. Bien que cet ouvrage ne soit pas un manuel de théorie – les bases ne sont que résumées – il est cependant très utile pour l'enseignement.

Les valeurs statiques données sont basées sur les normes SIA 264 et EN 1994 (Eurocode 4). Les valeurs de calcul des résistances ultimes données dans ces tables correspondent donc au format de vérification préconisé dans ces normes.

Les listes des produits et des entreprises augmentent l'utilité de l'ouvrage, les données techniques relatives aux produits du commerce restant cependant de la propre responsabilité des distributeurs. De plus, les fournisseurs non présents dans cet ouvrage ne doivent pas être sous-estimés.

Cette nouvelle publication s'adresse d'abord aux ingénieurs-planificateurs en structures et aux étudiants en génie civil. Elle permet d'appliquer les connaissances théoriques sur la construction mixte et sert d'aide pratique pour l'élaboration des projets grâce à la détermination rapide des dimensions des éléments de construction dans la plupart des cas d'application.

Les «Tables de dimensionnement pour la construction mixte acier-béton» ont été développées, établies et rédigées par un groupe de travail SZS composé de MM. Walter Borgogno, dr (Saint-Gall), Michel Crisinel (Morrens VD), Christophe Gemperle, prof. (Wil SG), Eric Tonicello (Crissier VD) et Stephan Zingg (Weinfelden). Les figures et dessins ont été exécutés avec grand soin par M. Claudio Leonardi (ICOM-EPFL). D'importantes contributions sont dues au prof. Mario Fontana, dr (ETH-Zurich).

Le chapitre 7 de cette publication qui concerne la protection incendie a été approuvé par la Commission technique «Protection incendie» de l'Association des établissements cantonaux d'assurance incendie AEAI, après vérification du contenu sur le plan de sa conformité matérielle avec les Prescriptions suisses de protection incendie de l'AEAI (édition 2015, révision 2017), et reconnu comme «état de la technique» le 06.09.2017.

Septembre 2017

Centre suisse de la construction métallique
Commission technique

- $\varepsilon_c = \varepsilon_{c1d}$ oder $\varepsilon_c = \varepsilon_{c2d}$, $\varepsilon_a \geq \varepsilon_y$
- Die verwendeten Verdübelungsmittel weisen eine genügende Duktilität auf
- Betonzonen mit Zugspannungen bleiben unberücksichtigt (gerissener Beton)
- Ebenbleiben der Querschnitte, schlupffreier Verbund in der Schubfuge Stahl-Beton
- Volle Verdübelung
- Die Stahlträger können gewalzt oder geschweisst, symmetrisch oder auch unsymmetrisch sein (dann t_f durch $t_{f,sup}$ und b durch b_{sup} ersetzen)
- Die geometrischen Größen gemäss der Figur in Tabelle 1.10 werden als Absolutwerte in die Formeln eingesetzt.

- $\varepsilon_c = \varepsilon_{c1d}$ ou $\varepsilon_c = \varepsilon_{c2d}$, $\varepsilon_a \geq \varepsilon_y$
- Les moyens de connexion présentent une ductilité suffisante
- Les zones de béton tendu sont négligées (admisses fissurées)
- Les sections planes restent planes, pas de glissement à l'interface acier-béton
- La connexion est totale
- Les poutres métalliques peuvent être laminées ou composées-soudées, symétriques ou non symétriques (remplacer alors t_f par $t_{f,sup}$ et b par b_{sup})
- Utiliser dans les formules du tableau 1.10 les valeurs absolues des différentes grandeurs géométriques indiquée à la figure du tableau 1.10.

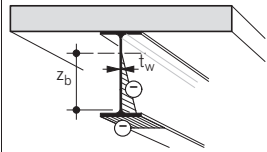
Tab. 1.10 – Plastische Berechnung

Tab. 1.10 – Caractéristiques plastiques

Querschnitt Section	Neutralachse Axe neutre	Lage der Neutralachse, plastisches Widerstandsmoment Position de l'axe neutre et module plastique de la section
im Feld en travée ($A_c = x_c \cdot b_{eff}$)	in der Betonplatte dans la dalle $A_a < \frac{A_c}{n_{pl}}$	$z_b = h - \frac{n_{pl} A_a}{b_{eff}}$ $W_{plb} = A_a \left(h - z_a - \frac{1}{2} \frac{n_{pl} A_a}{b_{eff}} \right)$
	im Oberflansch dans l'aile supérieure $A_a - 2bt_f \leq \frac{A_c}{n_{pl}} < A_a$	$z_b = h_a + \frac{1}{2b} \left(\frac{A_c}{n_{pl}} - A_a \right)$ $W_{plb} = \frac{A_c}{n_{pl}} z_c - A_a z_a + b \left(h_a^2 - z_b^2 \right)$
	im Steg dans l'âme $A_a - 2bt_f > \frac{A_c}{n_{pl}}$ (1)	$z_b = \frac{1}{2t_w} \left(\frac{A_c}{n_{pl}} - A_a \right) + \frac{bt_f}{t_w} + h_a - t_f$ (1) $W_{plb} = \frac{A_c}{n_{pl}} z_c - A_a z_a + 2bt_f \left(h_a - \frac{t_f}{2} \right) + t_w \left(h_a - t_f \right)^2 - t_w z_b^2$ (1)
im Stützbereich sur appui ($n_{pls} = f_{ya}/f_{sk}$)	im Oberflansch dans l'aile supérieure $A_a - 2bt_f \leq \frac{A_s}{n_{pls}} < A_a$	$z_b = h_a + \frac{1}{2b} \left(\frac{A_s}{n_{pls}} - A_a \right)$ $W_{plb} = \frac{A_s}{n_{pls}} z_s - A_a z_a + b \left(h_a^2 - z_b^2 \right)$
	im Steg dans l'âme $A_a - 2bt_f > \frac{A_s}{n_{pls}}$ (1)	$z_b = \frac{1}{2t_w} \left(\frac{A_s}{n_{pls}} - A_a \right) + \frac{bt_f}{t_w} + h_a - t_f$ (1) $W_{plb} = \frac{A_s}{n_{pls}} z_s - A_a z_a + 2bt_f \left(h_a - \frac{t_f}{2} \right) + t_w \left(h_a - t_f \right)^2 - t_w z_b^2$ (1)

(1) Im Fall von I-Walzprofilen gilt / Dans le cas d'un profilé laminé en double-té, prendre: $A_a = 2b t_f + (h_a - 2t_f) t_w$

Tab. 1.11 – Vereinfachte Grenzsclankheiten für Verbund-trägerstegge im Stützbereich

Gedrückte Steguerschnitte <i>Éléments d'âme comprimés</i>		Querschnittsklasse / <i>Classe de section</i>		
		3	2	1
biegebeanspruchter Steg <i>âme fléchie</i>		$\frac{z_b}{t_w} \leq 42 \sqrt{\frac{235 \text{ N/mm}^2}{f_{ya}}}$	$\frac{z_b}{t_w} \leq 38 \sqrt{\frac{235 \text{ N/mm}^2}{f_{ya}}}$	$\frac{z_b}{t_w} \leq 33 \sqrt{\frac{235 \text{ N/mm}^2}{f_{ya}}}$

Tab. 1.11 – Elancements limites simplifiés pour les âmes de poutre mixte sur appui

1.8.4 Grenzsclankheiten für Hohlprofile

Bei Hohlprofilen mit kleinen Wanddicken ist das Beulen zu beachten (vgl. SIA 263, Tabelle 5a, bzw. EN 1993-1-1, 5.5.2).

Die Betonfüllung von Hohlprofilen erlaubt geringere Wanddicken, weil Beulen nur gegen aussen möglich sind. In der Tabelle 1.12 sind die Grenzwerte für solche Verbundstützen gegeben, beruhend auf Hohlprofilen der Querschnittsklasse 2 (siehe Norm SIA 264, Tab. 6, bzw. EN 1994-1-1, Tab. 6.3).

1.8.4 Elancements limites pour les tubes

En cas de profils creux à parois minces, il faut tenir compte du voilement local (voir la norme SIA 263, tab. 5a, ou EN 1993-1-1, 5.5.2).

Le remplissage de béton des profils creux permet de réduire l'épaisseur des parois du fait que le voilement ne peut se produire que vers l'extérieur. Les valeurs limites de ces poteaux mixtes, basées sur des profils creux de la classe 2, sont données au tableau 1.12 (voir la norme SIA 264, tab. 6, ou EN 1994-1-1, tab. 6.3).

Tab. 1.12 – Grenzwerte für betongefüllte Hohlprofile (f_{ya} in N/mm²)

Runde betongefüllte Hohlprofile, druck- und biegebeansprucht (Aussendurchmesser d)	$\frac{d}{t} \leq 90 \sqrt{\frac{235 \text{ N/mm}^2}{f_{ya}}}$	Profils creux circulaires remplis de béton, comprimés et fléchis (diamètre extérieur d)
Quadratische und rechteckige betongefüllte Hohlprofile: gedrückte und biegebeanspruchte Wandscheiben (Höhe h)	$\frac{h}{t} \leq 52 \sqrt{\frac{235 \text{ N/mm}^2}{f_{ya}}}$	Profils creux carrés ou rectangulaires remplis de béton: parois comprimées et fléchies (hauteur h)

Tab. 1.12 – Valeurs limites pour les profils creux remplis de béton (f_{ya} en N/mm²)

Werden diese Grenzwerte überschritten, so tritt das örtliche Wandbeulen vor Erreichen der Streckgrenze auf und muss bei der Bemessung berücksichtigt werden.

Si ces valeurs limites sont dépassées, le voilement local des parois se produit avant l'atteinte de la limite d'élasticité et doit être pris en compte dans le dimensionnement.

1.9 Schwingungen

1.9.1 Allgemeines

Geschossdecken können unter normalen Nutzungsbedingungen zu Schwingungen angeregt werden (personen- und maschinenerregte Schwingungen). Bei einer Nutzung als Sport- oder Tanzraum sowie bei Konzert- und Partyräumen führen wiederholte rhythmische Anregungen im Bereich der Eigenfrequenz zu einer erheblichen Vergrößerung der Beanspruchungen, was eine Beeinträchtigung der Tragsicherheit und/oder der Gebrauchstauglichkeit zur Folge haben kann. In den SIA-Tragwerksnormen sind Kriterien zur Vermeidung solcher Resonanzprobleme festgelegt (z.B. SIA 260, Anhang A, Tabelle 5).

Bei Wohn- und Bürogeschossen kann eine leichte Decke bereits durch normales Gehen in Schwingung geraten. Dadurch kann der Nutzungskomfort anderer Gebäudenutzer beeinträchtigt werden. Die SIA-Tragwerksnormen geben keine Komfortanforderungen bezüglich Vibrationen aus normalem Gehen. Die Fachliteratur empfiehlt Kriterien zur Beurteilung der vertikalen Beschleunigung dieser Schwingungen, die abhängig sind von der Eigenfrequenz und der Dämpfung der Decke.

1.9 Vibrations

1.9.1 Généralités

Les planchers de bâtiment peuvent être soumis à des vibrations dans les conditions normales d'utilisation (vibrations provoquées par des personnes ou des machines). En cas d'utilisation comme locaux de sport, de danse, de concert ou de fête, les personnes qui bougent à cadence régulière dans le domaine des fréquences propres peuvent provoquer une augmentation considérable des sollicitations, ce qui peut avoir des conséquences préjudiciables sur la sécurité structurale et/ou l'aptitude au service. Les critères permettant d'éviter de tels problèmes de résonance sont fixés dans les normes de structures de la SIA (par ex. la norme SIA 260, annexe A, tableau 5).

Dans les bâtiments résidentiels et commerciaux, une dalle légère peut déjà se retrouver en vibration sous la circulation des occupants. Les normes de structures de la SIA ne donnent aucune exigence relative au confort concernant les vibrations dues à la circulation de personnes. La littérature spécialisée recommande des critères pour l'évaluation des accélérations verticales de ces vibrations, qui sont fonction de la fréquence propre et de l'amortissement de la dalle.

Inhaltsverzeichnis

7. Brandbemessung	195
7.1 Allgemeines	197
7.2 Verbundträger im Brandfall	203
Trägertabellen R 30	205
Deckenfelder-Tabellen R 30...R 90	212
7.3 Verbundträger mit Kammerbeton	214
Bemessungstabellen R 60, R 90	217
7.4 Blechverbunddecken im Brandfall	220
7.5 Slim-Floor-Decken im Brandfall	223
Bemessungstabellen R 60, R 90	228
7.6 Verbundstützen im Brandfall	230
Knickwiderstandstabellen R 30...R 90	236
7.7 Anschlüsse im Brandfall	248

Table des matières

7. Dimensionnement en situation d'incendie	
7.1 Généralités	
7.2 Poutres mixtes en situation d'incendie	
Tableaux des profilés R 30	
Tableaux des champs de dalle R 30 à R 90	
7.3 Poutres mixtes à âme enrobée	
Tableaux de dimensionnement R 60, R 90	
7.4 Dalles mixtes en situation d'incendie	
7.5 Planchers «slim floor» en situation d'incendie	
Tableaux de dimensionnement R 60, R 90	
7.6 Poteaux mixtes en situation d'incendie	
Tableaux de flambage R 30 à R 90	
7.7 Assemblages en situation d'incendie	

Das Kapitel 7 der vorliegenden Publikation wurde von der Technischen Kommission Brandschutz der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen TKB-VKF auf die materielle Übereinstimmung mit den Schweizerischen Brandschutzvorschriften VKF (Ausgabe 2015, Revision 2017) geprüft und am 06.09.2017 als «Stand der Technik» anerkannt.

September 2017

Stahlbau Zentrum Schweiz
Technische Kommission

Le chapitre 7 de cette publication a été approuvé par la Commission technique «Protection incendie» de l'Association des établissements cantonaux d'assurance incendie AEAI, après vérification du contenu sur le plan de sa conformité matérielle avec les Prescriptions suisses de protection incendie de l'AEAI (édition 2015, révision 2017) et reconnues comme «état de la technique» le 06.09.2017.

Septembre 2017

Centre suisse de la construction métallique
Commission technique

7.1 Allgemeines

7.1.1 Anforderungen

Die erforderlichen Feuerwiderstände von tragenden Stahl- und Verbundbauteilen gemäss dem Standardkonzept der Schweizerischen Brandschutzvorschriften [7.1] sind nachstehend dargestellt. Siehe auch [8.1] und [8.8] Seite 12.

Tab. 7.1 – Feuerwiderstands-Anforderungen

Kriterien	Critères	Anforderung an den Feuerwiderstand des Tragwerks nach Konzept / Exigence vis-à-vis de la résistance au feu de la structure porteuse selon le concept	
		baulich / constructif	Löschanlage ¹ / inst. d'extinction ¹
Nutzung/Gesamthöhe/Stockwerkzahl/Fläche	Affectation/hauteur totale/nombre d'étages/surfaces		
Untergeschosse allgemein Untergeschosse von EFH	Sous-sols de manière générale Sous-sols de maisons individuelles	min. R 60 ² keine / aucune	min. R 60 ² keine / aucune
Einfamilienhäuser Eingeschossige Gebäude und Anlagen über Terrain	Maisons individuelles Bâtiment et installations à un niveau au-dessus du sol	keine / aucune keine / aucune	keine / aucune keine / aucune
Oberstes Geschoss (≤ 30 m Gebäudehöhe) Einbauten (z.B. Treppentragwerk)	Niveau supérieur (hauteur de bâtiment ≤ 30 m) Installations (par ex. escalier)	keine / aucune keine / aucune	keine / aucune keine / aucune
Gebäude mit geringen Abmessungen (Definition siehe unten ³) Nebenbauten (Definition siehe unten ⁴)	Bâtiments de tailles réduite (définition voir sous ³) Bâtiments annexes (définition voir sous ⁴)	keine / aucune keine / aucune	keine / aucune keine / aucune
Wohnen MFH, Büro, Schule, Verkaufsräume⁵, Landwirtschaft	Bâtiments d'habitation abritant plusieurs logements, bureaux, écoles, locaux de vente⁵, agriculture		
– Höhe ⁶ bis 11 m, 2-geschossig mit Gesamtläche ⁷ ≤ 2400 m ² – Höhe ⁶ bis 11 m, 2-geschossig mit Gesamtläche ⁷ > 2400 m ² oder ≥ 3-geschossig – Höhe ⁶ > 11 m bis 30 m, 2-geschossig, Höhe EG ≤ 8 m – Höhe ⁶ > 11 m bis 30 m, ≥ 2-geschossig (übrige Fälle) – Höhe ⁶ > 30 m bis 100 m	– Hauteur ⁶ jusqu'à 11 m, 2 niveaux avec surface totale ⁷ ≤ 2400 m ² – Hauteur ⁶ jusqu'à 11 m, 2 niveaux avec surface totale ⁷ > 2400 m ² ou ≥ 3 niveaux – Hauteur ⁶ > 11 m jusqu'à 30 m, 2 niveaux, hauteur du rez-de-chaussée ≤ 8 m – Hauteur ⁶ > 11 m jusqu'à 30 m, ≥ 2 niveaux (autres cas) – Hauteur ⁶ > 30 m jusqu'à 100 m	keine / aucune R 30	keine / aucune keine / aucune
Industrie/Gewerbe, mittlere Brandbelastung (q ≤ 1'000 MJ/m²)	Industrie et artisanat, charge thermique moyenne (q ≤ 1'000 MJ/m²)		
– Höhe ⁶ bis 11 m, 2-geschossig mit Gesamtläche ⁷ ≤ 2400 m ² – Höhe ⁶ bis 11 m, 2-geschossig mit Gesamtläche ⁷ > 2400 m ² oder ≥ 3-geschossig – Höhe ⁶ > 11 m bis 30 m, 2-geschossig, Höhe EG ≤ 8 m – Höhe ⁶ > 11 m bis 30 m, ≥ 2-geschossig (übrige Fälle) – Höhe ⁶ > 30 m bis 100 m	– Hauteur ⁶ jusqu'à 11 m, 2 niveaux avec surface totale ⁷ ≤ 2400 m ² – Hauteur ⁶ jusqu'à 11 m, 2 niveaux avec surface totale ⁷ > 2400 m ² ou ≥ 3 niveaux – Hauteur ⁶ > 11 m jusqu'à 30 m, 2 niveaux, hauteur du rez-de-chaussée ≤ 8 m – Hauteur ⁶ > 11 m jusqu'à 30 m, ≥ 2 niveaux (autres cas) – Hauteur ⁶ > 30 m jusqu'à 100 m	keine / aucune R 30	keine / aucune keine / aucune
Industrie/Gewerbe, grosse Brandbelastung (q > 1'000 MJ/m²)	Industrie et artisanat, charge thermique forte (q > 1'000 MJ/m²)		
– Höhe ⁶ bis 11 m, 2-geschossig mit Gesamtläche ⁷ ≤ 2400 m ² – Höhe ⁶ bis 11 m, 2-geschossig mit Gesamtläche ⁷ > 2400 m ² oder ≥ 3-geschossig – Höhe ⁶ > 11 m bis 30 m, 2-geschossig Höhe EG ≤ 8 m – Höhe ⁶ > 11 m bis 30 m, ≥ 2-geschossig (übrige Fälle) – Höhe ⁶ > 30 m bis 100 m	– Hauteur ⁶ jusqu'à 11 m, 2 niveaux avec surface totale ⁷ ≤ 2400 m ² – Hauteur ⁶ jusqu'à 11 m, 2 niveaux avec surface totale ⁷ > 2400 m ² ou ≥ 3 niveaux – Hauteur ⁶ > 11 m jusqu'à 30 m, 2 niveaux, hauteur du rez-de-chaussée ≤ 8 m – Hauteur ⁶ > 11 m jusqu'à 30 m, ≥ 2 niveaux (autres cas) – Hauteur ⁶ > 30 m jusqu'à 100 m	R 30 R 60 R 90 ^{10,11}	keine / aucune R 30 R 60 R 90 ^{10,11}
Verkaufsgeschäfte, Räume mit grosser Personenbelegung	Grands magasins, locaux recevant un grand nombre de personnes		
– Höhe ⁶ bis 30 m – Höhe ⁶ > 30 m bis 100 m	– Hauteur ⁶ jusqu'à 30 m – Hauteur ⁶ > 30 m jusqu'à 100 m	R 60 R 90 ^{10,11}	R 30 R 60 ^{10,11}
Beherbergungsbetriebe	Etablissements d'hébergement		
[a, b, c] ⁸ z.B. Krankenhäuser, Alters- und Pflegeheime, Hotels – Höhe ⁶ bis 30 m – Höhe ⁶ > 30 m bis 100 m	[a, b, c] ⁸ par ex. hôpitaux, maisons de retraite et de soins, hôtels – Hauteur ⁶ jusqu'à 30 m – Hauteur ⁶ > 30 m jusqu'à 100 m	R 60 R 90 ^{10,11}	R 30 R 60 ^{10,11}
Parkings für Motorfahrzeuge (Grundfläche⁷ > 600 m²)	Parkings et garages pour véhicules à moteur (surface de base⁷ > 600 m²)		
– 2-geschossig, Gesamtläche ⁷ ≤ 2400 m ² (Höhe ⁶ bis 11 m, oder bis 30 m bei Höhe EG ≤ 8 m) – Höhe ⁶ bis 11 m, Wände mit unverschlissbaren Öffnungen > 25% – Höhe ⁶ bis 11 m (geschlossen gebaut) – Höhe ⁶ > 11 m bis 30 m, Wände mit unverschlissbaren Öffnungen > 25% – Höhe ⁶ > 11 m bis 30 m (geschlossen gebaut) – Höhe ⁶ > 30 m bis 100 m	– 2 niveaux, avec surface totale ⁷ ≤ 2400 m ² (hauteur ⁶ jusqu'à 11 m ou jusqu'à 30 m, si hauteur du rez-de-chaussée ≤ 8 m) – Hauteur ⁶ jusqu'à 11 m murs d'enceinte avec ouvertures non obturables > 25% – Hauteur ⁶ jusqu'à 11 m (non ouverts) – Hauteur ⁶ > 11 m jusqu'à 30 m murs d'enceinte avec ouvertures non obturables > 25% – Hauteur ⁶ > 11 m jusqu'à 30 m (non ouverts) – Hauteur ⁶ > 30 m jusqu'à 100 m	keine / aucune R 30 ⁹ R 30 R 30-RF1 ⁹ R 60 R 90 ^{10,11}	keine / aucune keine / aucune keine / aucune R 30 ⁹ R 60 ^{10,11}

Legende:

- Löschanlagenkonzept nach Brandschutznorm Artikel 42 (Sprinkleranlage oder gleichwertige Löschanlage)
- ansonsten wie für das darüberliegende Tragwerk
- Gebäude geringer Höhe (Gesamthöhe bis 11 m), max. 2 Geschosse über Terrain, max. 1 Geschoss unter Terrain, Summe aller Geschossflächen bis 600 m², keine Nutzung für schlafende Personen mit Ausnahme einer Wohnung, keine Nutzung als Kinderkrippe, Räume mit grosser Personenbelegung nur im Erdgeschoss
- eingeschossig, Grundfläche ≤ 150 m², kein dauernder Aufenthalt von Personen, keine offenen Feuerstellen, keine Lagerung gefährlicher Stoffe in massgebender Menge (z.B. Garagen, Gartenhäuser, Kleintierställe, Kleinlager)
- Brandabschnittsfläche ≤ 1200 m², Personenbelegung ≤ 300 Personen
- Gebäudehöhe = grösster Höhenunterschied zwischen First bzw. Flachdachrand und den lotrecht darunterliegenden Punkten auf dem massgebenden Terrain
- Geschossflächen-Summe
- Definitionen [a, b, c] gemäss Brandschutzrichtlinie 10–15 «Begriffe und Definitionen» – Reduktion von R um 30 Minuten möglich für abgelegene Beherbergungsbetriebe [c], falls 2-geschossig bis 11 m hoch mit Fläche⁷ ≤ 2400 m²
- keine Anforderungen für Tragwerksteile, welche Konstruktionen der RF1 entsprechen, in Bereichen mit ≤ 35 m Abstand zur nächsten unverschlissbaren Öffnung
- im obersten Geschoss R um 30 Minuten reduzieren
- keine Anforderungen an eingeschossige Hochhäuser (z.B. Hochregallager, Hallen)

7.1 Généralités

7.1.1 Exigences

Les résistances au feu exigées pour les éléments de construction en acier et mixtes acier-béton selon le concept standard des Prescriptions suisses en matière de protection incendie [7.1] sont données ci-dessous. Voir aussi [8.1] et [8.8] page 12.

Tab. 7.1 – Exigences de résistance au feu

Légende:

- Concept d'installation d'extinction selon Norme de protection incendie, art. 42 (installation sprinkler ou installation d'extinction équivalente)
- tout au moins comme la structure située au-dessus
- Bâtiment de faible hauteur (hauteur totale jusqu'à 11 m), max. 2 niveaux hors terre, max. 1 niveau souterrain, surface total de tous les niveaux jusqu'à 600 m², pas d'utilisation pour personne qui dort, à l'exception d'un appartement, pas d'utilisation comme crèche, locaux recevant un nombre important de personnes seulement au rez-de-chaussée
- un seul niveau, surface ≤ 150 m², pas de séjour prolongé de personnes, pas de foyers ouverts, pas de dépôts de matières dangereuses en grande quantité (par ex. garages, cabanons de jardin, écurie pour petits animaux, petit entrepôt)
- surface de compartiment coupe-feu ≤ 1200 m², grand nombre de personnes ≤ 300
- hauteur de bâtiment = la plus grande hauteur entre le point le plus haut de la charpente du toit, mesurée à l'aplomb du terrain de référence
- somme des surfaces d'étage
- définitions [a, b, c] selon Directive de protection incendie 10–15 «Termes et définitions» – Réduction de R à 30 minutes possible pour les établissements d'hébergement isolés [c], si 2 niveaux jusqu'à 11 m de hauteur avec surface⁷ ≤ 2400 m²
- aucunes exigences pour les éléments porteurs correspondant au groupe de résistance au feu RF1 dans les zones à une distance ≤ 35 m de l'ouverture non obturable la plus proche
- au niveau supérieur, réduction de R de 30 minutes
- aucunes exigences pour les bâtiments élevés à un seul niveau (par ex. entrepôts à haute rayonnages, halles)

Aus Tabelle 7.1 geht hervor, dass sich in vielen Bauten ein passiver Brandschutz der Stahlkonstruktion erübrigt. Zu diesen Fällen gehören:

- Gebäude mit geringen Abmessungen
- Einfamilienhäuser
- jedes oberste Geschoss von Gebäuden mit $h < 30$ m, sofern es keine Lasten von untenliegenden Geschossen übernimmt
- eingeschossige Gebäude und Hallenbauten
- gewisse zweigeschossigen Gebäude (z.B. Industriegebäude bis 1000 MJ/m^2 mit Gesamtfläche $\leq 2400 \text{ m}^2$ und $h \leq 11 \text{ m}$)
- gewisse Bauten mit geringer Brandbelastung (wie z.B. offene Parkhäuser) oder mit aktiven Brandschutzmassnahmen (automatische Brandentdeckungs- und Bekämpfungseinrichtungen, vgl. orange hinterlegte Spalte in Tab. 7.1), die das Brandrisiko selbst bei höheren Brandbelastungen tief halten.

7.1.2 Brandverlauf

Ein typischer Brandverlauf unterteilt sich in eine Brandentwicklungsphase, eine Vollbrand- und eine Abkühlungsphase. Die Dauer der Vollbrandphase und die dabei erreichte Maximaltemperatur hängen ab von der Art und Menge des brennbaren Materials, von der Grösse des Raumes und von der Sauerstoffzufuhr; wichtig ist auch die Wärmeabfuhr in Decken und Wände sowie durch Öffnungen.

Um das Brandverhalten einzelner Bauteile vergleichen zu können, wurde die Normbrandkurve ISO 834 eingeführt und später als Einheits-Temperaturkurve unverändert in EN 1363-1 übernommen (vgl. Fig. 7.2). Brandschutz-Zulassungen für Bauteile und die meisten Feuerwiderstandsnachweise beruhen auf dieser Normbrandkurve.

Brandverläufe lassen sich auch mit objektbezogenen Naturbrandkurven abbilden (vgl. Fig. 7.2); ihre Anwendung für rechnerische Nachweise ist als Sonderfall zugelassen, wobei die erforderlichen Parameter vorgängig mit der Brandschutzbehörde festzulegen sind.

θ [°C]

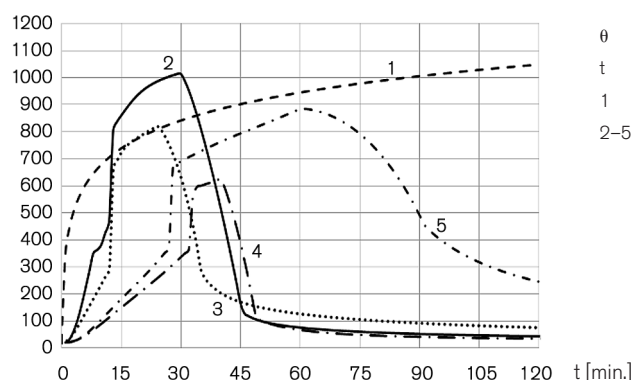


Fig. 7.2 – Normbrandkurve gemäss EN 1991-1-2 (Gl. 3.1) und typische Naturbrandkurven

Il ressort du tableau 7.1 que dans de nombreux ouvrages une protection passive contre le feu de la charpente en acier est inutile. Il s'agit des cas suivants:

- Les bâtiments de taille réduite
- Les maisons individuelles
- Le dernier étage des bâtiments de hauteur $h < 30$ m, à condition qu'aucune charge des étages inférieurs n'y soit suspendue
- Les bâtiments et halles à un seul niveau
- Certains bâtiments à deux niveaux (par ex. locaux industriels jusqu'à 1000 MJ/m^2 avec surface totale $\leq 2400 \text{ m}^2$ et $h \leq 11 \text{ m}$)
- Certaines constructions avec faible charge thermique (par ex. parkings ouverts) ou alors avec des mesures de protection actives (installations automatiques de détection et d'extinction, voir tab. 7.1, colonne sur fond orange) qui peuvent réduire le risque incendie même en cas de charges thermiques élevées.

7.1.2 Déroulement d'un incendie

Le déroulement typique d'un incendie se divise en une phase de propagation du feu, une phase de feu généralisé et une phase de refroidissement. La durée de la phase d'incendie généralisé et la température maximale atteinte dépendent de la nature et de la quantité du matériau combustible, des dimensions du local et de l'approvisionnement en oxygène; la dissipation de chaleur dans les dalles et les parois ainsi que par les ouvertures joue également un rôle important.

Afin de pouvoir comparer le comportement au feu d'éléments de construction isolés, la courbe d'incendie normalisé ISO 834 a été introduite puis reprise dans la norme EN 1363-1 comme courbe de température standard (voir fig. 7.2). Les homologations de protection incendie des parties de construction et la plupart des vérifications au feu reposent sur cette courbe d'incendie normalisé.

Les courbes d'incendie naturel (voir fig. 7.2) représentent le déroulement d'incendies dans des cas spécifiques; son utilisation pour les vérifications par le calcul est autorisée à titre de cas particulier, les paramètres requis devant être fixés au préalable avec l'autorité de protection incendie.

- θ Temperatur / Température
- t Zeit / Temps
- 1 ISO-Normbrandkurve / Courbe d'incendie normalisé ISO
- 2-5 Naturbrandkurven (Beispiele)
 - 2 grosse Brandbelastung, rasche Brandentwicklung
 - 3 mittlere Brandbelastung, rasche Brandentwicklung
 - 4 kleine Brandbelastung, langsame Brandentwicklung
 - 5 sehr grosse Brandbelastung, langsame Brandentwicklung
- Courbes d'incendie naturel (exemples)
 - 2 charge thermique importante et développement rapide
 - 3 charge thermique moyenne et développement rapide
 - 4 charge thermique faible et développement lent
 - 5 charge thermique très importante et développement lent

Fig. 7.2 – Courbe d'incendie normalisé selon la norme EN 1991-1-2 (éq. 3.1) et courbes d'incendie naturel typiques

Mit alternativen Brandschutzkonzepten (z.B. Brandrisikobewertung, Brandsimulation, Naturbrandnachweise unter Einbezug der Raum- und Ventilationsverhältnisse) kann in gewissen Fällen gezeigt werden, dass die Auswirkungen des Feuers auch ohne passive Schutzmassnahmen unter der Gefahrengrenze für die Tragstruktur liegen. Solche Ansätze erfordern allerdings die Zustimmung der Brandschutzbehörde und lohnen sich nur bei grossen Projekten.

7.1.3 Schutzkonzepte

In Standardkonzepten der Brandschutzvorschriften gemäss Art. 10 [7.1] werden die Schutzziele mit vorgeschriebenen Massnahmen erreicht. Dabei wird zwischen baulichem Konzept und Löschanlagenkonzept unterschieden.

Beim baulichen Konzept wird der Brandschutz der Konstruktion durch Massnahmen wie Überdimensionierung, Bekleidung, intumeszierender Beschichtung, Brandschutzputze oder Verbundbauweise erreicht.

Beim Löschanlagenkonzept werden stationäre Löschanlagen durch Reduktion der Feuerwiderstand-Anforderungen gemäss Tab. 7.1 berücksichtigt.

Alternative Brandschutzmassnahmen als Einzellösungen dürfen gemäss Art. 11 [7.1] im Rahmen von Standardkonzepten eingesetzt werden, soweit die Schutzziele mindestens gleichwertig erreicht werden.

Brandschutzkonzepte mit Nachweisverfahren dürfen gemäss Art. 12 [7.1] bei ganzheitlicher Betrachtungsweise eingesetzt werden, soweit die Schutzziele mindestens gleichwertig erreicht werden. Sie enthalten aufeinander abgestimmte bauliche, technische und organisatorische Massnahmen für ein konkretes Einzelobjekt. Dies erfordert den Beizug von Spezialisten. Die Brandschutzbehörde prüft die brandschutzrelevanten Konzepte und Nachweise auf Vollständigkeit, Nachvollziehbarkeit und Plausibilität.

7.1.4 Schutzmassnahmen

Um die tragenden Stahlteile vor dem Einfluss der hohen Temperaturen im Brandfall zu schützen, werden verschiedene Mittel eingesetzt; beispielsweise dämmschichtbildende Brandschutzbeschichtungen, Brandschutzbekleidungen, Stahl-Beton-Verbundkonstruktionen oder auch Kombinationen dieser Massnahmen. Auskunft über die verschiedenen anwendbaren Produkte gibt das Schweizerische Brandschutzregister (www.praever.ch). Im Folgenden wird die Wirkungsweise dieser Brandschutzmassnahmen beschrieben.

Dämmschichtbildende Brandschutzbeschichtungen sind Beschichtungssysteme, die unter Einfluss von hohen Temperaturen aufschäumen und auf der Stahloberfläche eine lockere Isolierschicht bilden (siehe Fig. 7.3). Damit lassen sich Feuerwiderstandsdauern von 30 oder 60 Minuten erreichen. Ihre Wirkungsweise und die für den Planer wesentlichen Gesichtspunkte sind im SZS-Merkblatt M2 beschrieben. Zudem sei auf die umfassende Anwendungsdokumentation C2.5 des SZS [8.2] verwiesen, wo auch die Möglichkeit zur rechnerischen Optimierung der Schichtdicke dargestellt ist.

Grâce à des variantes de concepts de protection incendie (par ex. évaluation du risque d'incendie, simulation incendie, vérification par incendie naturel avec prise en compte de la géométrie des locaux et des conditions de ventilation), il peut être montré, dans des cas spécifiques, que les actions thermiques se situent en-dessous de la limite de risque pour la structure porteuse même sans mesures de protection passives. De telles approches nécessitent toutefois l'accord de l'autorité de protection incendie et ne se justifient que pour les grands projets.

7.1.3 Conception de la protection

Dans les concepts standard des prescriptions de protection incendie selon l'art. 10 [7.1], les objectifs de protection sont atteints avec les mesures prescrites. Une distinction est faite entre le concept constructif et le concept d'extinction.

Dans le concept constructif, la protection incendie de la structure est réalisée par des mesures comme le surdimensionnement, le revêtement, la peinture intumescente, les enduits de protection ou la construction mixte.

Dans le concept d'extinction, les installations d'extinction fixes sont prises en compte en réduisant les exigences sur le plan de la résistance au feu selon le tab. 7.1.

Des mesures de protection incendie alternatives comme solutions spécifiques peuvent être utilisées en vertu de l'art. 11 [7.1] dans le cadre des concepts standard, dans la mesure où les objectifs de protection sont atteints de manière équivalente.

Les concepts de protection incendie avec méthodes de vérification peuvent être utilisés dans une approche globale selon l'art. 12 [7.1], dans la mesure où les objectifs de protection sont atteints de manière équivalente. Ces concepts comprennent les mesures de protection constructives, techniques et organisationnelles pour un ouvrage concret donné. Cette approche exige la participation de spécialistes. L'autorité de protection incendie doit tenir compte des concepts et des vérifications de protection incendie en ce qui concerne l'intégralité, l'exactitude et la vraisemblance.

7.1.4 Mesures de protection

Pour protéger les éléments porteurs en acier de l'influence des hautes températures en situation d'incendie, différentes mesures peuvent être mises en place, par exemple les peintures intumescentes, les revêtements de protection, la construction mixte acier-béton ou encore la combinaison de ces différentes mesures. Pour des renseignements sur les divers produits applicables, voir le Répertoire suisse de la protection incendie (www.praever.ch). L'efficacité de ces différentes mesures de protection incendie sont décrites ci-dessous.

*Une **peinture intumescente** est un système de protection qui gonfle sous l'influence des hautes températures et forme une couche isolante à la surface de l'acier (voir fig. 7.3). Il est ainsi possible d'atteindre des durées de résistance au feu de 30 à 60 minutes. Son mode d'action et les indications pour l'utilisateur sont décrits dans l'aide-mémoire SZS M2. Le lecteur est renvoyé à la documentation complète SZS C2.5 [8.2] dans laquelle est aussi donnée la possibilité d'optimiser par calcul la couche de revêtement.*

Brandschutzbekleidungen aus Spritzputzen bestehen aus Mineralfasern. Die aufgetragenen Schichten sind locker und porös, können aber auch angepresst ausgeführt werden. Sie werden meist direkt auf die Stahlprofile aufgetragen und ergeben eine dem Profil folgende Bekleidung (Fig. 7.4).

Mit **Brandschutzbekleidungen aus Bauplatten** sind sehr hohe Feuerwiderstände erreichbar. Die Bauplatten sind meist als flache Elemente erhältlich, die mit üblichen Werkzeugen auf die Grösse des Stahlprofils zugeschnitten und dann mit Klammern, Nägeln oder Schrauben befestigt werden. Sie ergeben nach der Montage eine kastenförmige Bekleidung (Fig. 7.5-7.7), die einen sehr guten Schutz des Stahlprofils bewirkt.

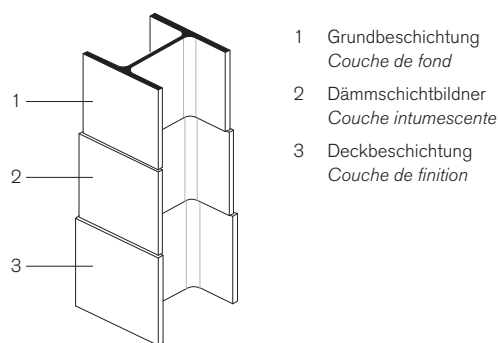


Fig. 7.3 – Dämmschichtbildendes Brandschutzsystem
Système de peinture intumescente

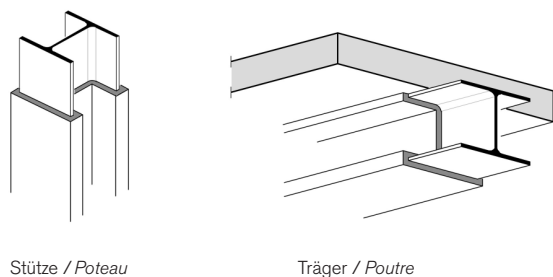


Fig. 7.4 – Profilfolgende Spritzputzbekleidung
Protection par crépi projeté épousant la forme du profilé

Die erforderliche Dicke einer Bekleidung ist im Schweizerischen Brandschutzregister produktbezogen festgelegt. Sie ist abhängig vom erforderlichen Feuerwiderstand und vom Profilfaktor A_m/V (Verhältnis der beflamten Oberfläche A_m zum Volumen V des Stahlprofils). Zudem sei auf die SZS-Publikation **steeltec** 02:2017 [8.8] verwiesen, wo die rechnerische Dickenoptimierung mit dem Euronogramm dargestellt ist. Bei freiliegenden Flanschen von Kammerbetonstützen und -trägern sowie Slim-Floor-Trägern darf der Profilfaktor konservativ wie für einseitig beflamte Flacherzeugnisse eingesetzt werden.

Les **revêtements anti-feu par crépis projetés** sont constitués de fibres minérales. Les couches projetées sont légères et poreuses mais peuvent aussi être réalisées de façon plus compacte. Elles sont en général appliquées directement sur les profilés et en épousent ainsi la forme (fig. 7.4).

Avec les **revêtements anti-feu en panneaux**, il est possible d'atteindre de grandes résistances au feu. Les panneaux sont généralement disponibles en éléments plans, qui peuvent être facilement découpés aux dimensions souhaitées à l'aide d'outils courants et ensuite fixés à l'aide d'agrafes, de clous ou de vis. Après montage, ils constituent un revêtement en caisson (fig. 7.5-7.7) qui offre une très bonne protection du profilé en acier.

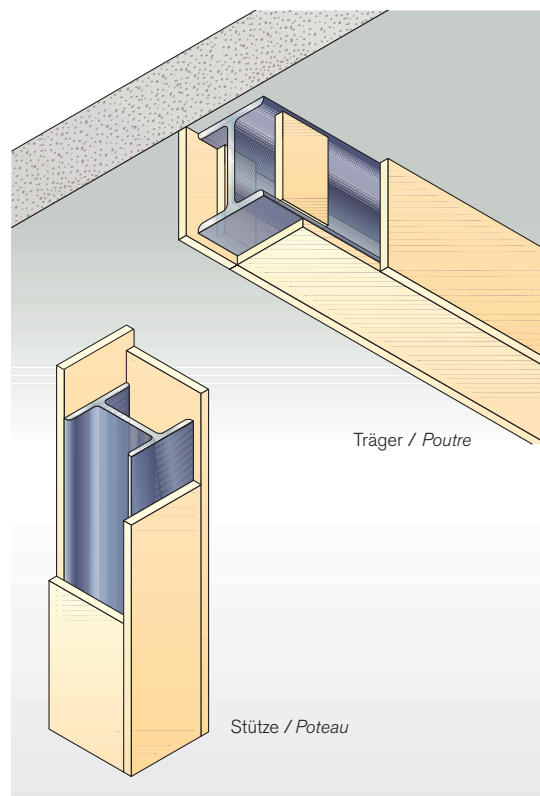
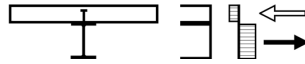


Fig. 7.5 – Kastenförmige Bekleidung mit Bauplatten
Revêtement en caisson par plaques
Beispiel: PROMATECT-Kalziumsilikatfaserzement-Platte
Ex.: plaque de fibrociment au silicate de calcium PROMATECT

L'épaisseur exigée d'un revêtement est donnée dans le Répertoire suisse de la protection incendie. Elle dépend de la résistance au feu exigée et du facteur de massivité A_m/V (rapport entre la surface exposée A_m et le volume V de l'élément). La publication **SZS steeltec** 02:2017 [8.8] donne les indications nécessaires permettant d'optimiser par calcul, à l'aide de l'Euronogramme, l'épaisseur de couche des revêtements. Pour les ailes des profilés enrobés de béton et des poutres « slim floor », il est possible d'utiliser, de façon conservatrice, le facteur de massivité égal à celui d'un plat métallique exposé au feu sur un côté.

Verbundträger:
Feuerwiderstand

R 30



$N_{a,Rd,fi}$

Poutres mixtes:
Résistance au feu

Mittlere Stahltemperatur θ nach 30 Minuten

Abminderungsfaktor $k_{ya\theta}$

Querkraftwiderstand $V_{a,Rd,fi}$

Zugwiderstand $N_{a,Rd,fi}$

gültig für:

- Normbrand-Temperatureinwirkung gemäss ISO 834
- dreiseitige Beflammung ($\kappa = 0.85$)
- Erwärmung gemäss Euronomogramm (steeltec 02:2017 [8.8])
- Stahlbeton-Vollplatte oben aufliegend (1)
- Neutralachse im oberen Flansch oder höher

Température moyenne de l'acier θ après 30 min.

Facteur de réduction $k_{ya\theta}$

Résistance à l'effort tranchant $V_{a,Rd,fi}$

Résistance à la traction $N_{a,Rd,fi}$

valable pour:

- Température selon l'incendie normalisé ISO 834
- Exposition au feu sur trois faces ($\kappa = 0.85$)
- Echauffement selon l'Euronomogramme (steeltec 02:2017 [8.8])
- Dalle pleine en béton armé reposant sur l'aile supérieure (1)
- Axe neutre dans l'aile supérieure ou au-dessus

IPE	θ °C	$k_{ya\theta}$ [-]	$V_{a,Rd,fi}$		$N_{a,Rd,fi}$	
			S235	S355	S235	S355
160	870	0.075	10	15	42	63
180	870	0.075	11	17	50	75
200	860	0.080	15	23	63	95
220	850	0.085	18	28	78	118
240	840	0.090	23	35	97	147
270	840	0.090	27	41	114	173
300	830	0.095	33	50	141	213
330	810	0.105	44	66	182	275
360	800	0.110	52	79	221	334
400	790	0.122	71	107	285	430
450	780	0.134	92	140	366	553
500	770	0.146	119	179	466	704
550	760	0.158	155	234	587	887
600	750	0.170	193	292	733	1'108
750x134	760	0.158	207	313	746	1'126
750x137	760	0.158	199	301	763	1'152
750x147	755	0.164	235	354	850	1'284
750x173	740	0.182	288	434	1'114	1'682
750x196	730	0.194	335	506	1'345	2'032

HEA	θ °C	$k_{ya\theta}$ [-]	$V_{a,Rd,fi}$		$N_{a,Rd,fi}$	
			S235	S355	S235	S355
160	830	0.095	17	26	102	154
180	830	0.095	19	28	119	180
200	810	0.105	26	39	156	236
220	800	0.110	31	47	196	296
240	780	0.134	46	69	285	430
260	780	0.134	52	79	322	486
280	770	0.146	63	95	393	593
300	760	0.158	80	121	491	743
320	755	0.164	92	138	564	852
340	750	0.170	104	157	627	948
360	750	0.170	113	171	671	1'014
400	740	0.182	142	214	800	1'208
450	735	0.188	168	253	925	1'398
500	730	0.194	197	297	1'059	1'601
550	730	0.194	220	333	1'136	1'716
600	730	0.194	245	371	1'215	1'835
650	720	0.206	288	436	1'376	2'079
700	715	0.212	336	508	1'527	2'306
800	710	0.218	411	620	1'723	2'602
900	705	0.224	496	750	1'985	2'999
1000	705	0.224	561	847	2'148	3'246

HEB	θ °C	$k_{ya\theta}$ [-]	$V_{a,Rd,fi}$		$N_{a,Rd,fi}$	
			S235	S355	S235	S355
160	780	0.134	32	48	201	304
180	770	0.146	40	61	263	398
200	760	0.158	53	80	341	515
220	750	0.170	64	97	428	646
240	750	0.170	77	116	498	752
260	750	0.170	87	131	557	841
280	740	0.182	101	153	661	998
300	735	0.188	121	183	775	1'170
320	730	0.194	136	206	865	1'307
340	725	0.200	152	230	945	1'428
360	715	0.212	174	263	1'059	1'599
400	710	0.218	207	313	1'192	1'801
450	705	0.224	242	366	1'350	2'039
500	705	0.224	273	412	1'478	2'232
550	705	0.224	304	459	1'573	2'377
600	705	0.224	337	509	1'672	2'525
650	700	0.230	381	575	1'821	2'751
700	700	0.230	428	646	1'948	2'943
800	700	0.230	505	762	2'125	3'211
900	700	0.230	589	890	2'361	3'566
1000	700	0.230	663	1'002	2'544	3'844

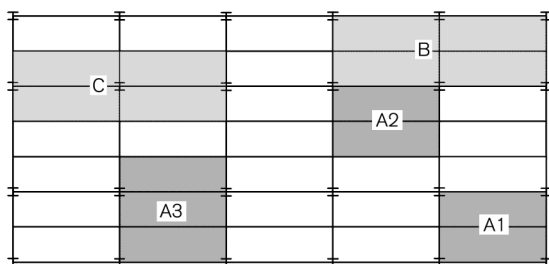
HEM	θ °C	$k_{ya\theta}$ [-]	$V_{a,Rd,fi}$		$N_{a,Rd,fi}$	
			S235	S355	S235	S355
160	710	0.218	91	138	585	884
180	710	0.218	103	155	683	1'031
200	705	0.224	125	188	813	1'228
220	700	0.230	141	213	950	1'436
240	670	0.296	246	372	1'666	2'517
260	665	0.312	285	431	1'907	2'880
280	660	0.326	319	481	2'165	3'270
300	615	0.434	533	805	3'636	5'495
320	615	0.434	559	844	3'744	5'656
340	615	0.434	581	877	3'790	5'726
360	620	0.422	586	886	3'719	5'620
400	620	0.422	631	953	3'801	5'739
450	630	0.398	647	977	3'691	5'575
500	630	0.398	699	1'056	3'789	5'723
550	640	0.374	708	1'070	3'664	5'535
600	650	0.350	711	1'073	3'519	5'318
650	660	0.326	707	1'067	3'369	5'090
700	665	0.312	723	1'093	3'325	5'023
800	670	0.296	796	1'202	3'375	5'100
900	670	0.296	879	1'327	3'537	5'342
1000	675	0.290	925	1'397	3'562	5'381

(1) oder Blechverbunddecke mit Hohlraumfüllung der Blechrippen (gemäss EN 1994-1-2 dürfen bei schwalbenschwanzförmigen Profilblechen die Flanschoberflächen ungeschützt bleiben, sofern der Oberflansch zu mindestens 85 % abgedeckt ist)

(1) ou dalle mixte à tôle profilée avec remplissage des nervures (selon EN 1994-1-2 en cas de nervures en queue d'aronde, l'aile supérieure du profilé peut rester non protégée si la face supérieure des ailes est couverte au moins à 85 %)

■ Stegbeulen, in der Tabelle nicht berücksichtigt / Voilement de l'âme, non considéré dans le tableau

- Für $\geq R 60$ müssen die Deckenfeld-Randträger entsprechend brandgeschützt werden (mit Kammerbeton, Bekleidung, Spritzputz oder für R 60 mit intumeszierender Beschichtung). Für R 30 können die Deckenfeld-Randträger auch als ungeschützte Träger bemessen und entsprechend ausgeführt werden.
- Randträger oder Eckstützen können auch durch feuerwiderstandsfähige Massivbauteile beliebig ersetzt werden.
- Alle Träger innerhalb eines Deckenfelds bleiben ungeschützt und werden nur für den Kaltzustand bemessen (der Tragwiderstandsbeitrag dieser «ausfallenden» Träger im Brandfall ist sehr klein).
- Die Deckenplatte wird als Blechverbunddecke ausgebildet, mit $h_p \leq 80$ mm und mindestens 60 mm Betondicke über den Profilblechrippen.



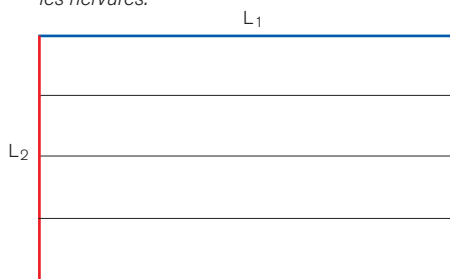
- A Trägerfelder für Tabellenanwendung:
Champs avec application tabulée:
A1 für / pour $\geq R 60$
A2, A3 nur für / seulement pour R 30
- B Trägerfeld ohne Tabellenanwendung
Champ sans application tabulée
- C kein Membranträgerfeld (wegen innerer Stütze)
pas d'effet membrane (à cause du poteau intérieur)

Fig. 7.12 – Anwendbarkeit der Bemessungstabellen für Deckenfeld-Typen
Types de champs de dalle auxquels s'appliquent les tableaux de dimensionnement

Gemäss Norm SIA 262 Tabelle 16 sind folgende minimalen Bewehrungsüberdeckungen einzuhalten: 20 mm für R 30/60, 30 mm für R 90, gemessen bis zum Rand der Bewehrung. Daraus ergeben sich für übliche Bewehrungsmatten Bewehrungsüberdeckungen c_s über OK Profilblech von 30 mm für R 30 und R 60, bezogen auf die Schwerachse der Bewehrungsmatte. Wegen des starken Erwärmungseinflusses gelten die Tabellenwerte für R 90 nur bei $c_s = 50$ mm. Für andere Werte von c_s würden sich andere Bewehrungen ergeben.

Die Bemessungstabellen sind anwendbar für die Deckenfeld-Typen A1 bis A3 gemäss Figur 7.12. Für jede Kombination der Deckenfeld-Spannweiten L_1 und L_2 können in der Tabelle auf Seite 212 die Lasten auf die Randträger als Bruchteil der Gesamlast auf dem betrachteten Deckenfeld abgelesen werden. Diese Last wirkt gleichförmig auf die gesamte Trägerlänge (vgl. Fig. 7.14). Bei nebeneinanderliegenden Deckenfeldern muss der gemeinsame Randträger Lasten aus beiden Deckenfeldern übernehmen – im Symmetriefall werden die Tabellenwerte also verdoppelt.

- Pour $\geq R 60$, les poutres de bord des champs doivent être protégées en conséquence (âme enrobée, revêtement, projection ou, pour R 60, peinture intumescente). Pour R 30, les poutres de bord de champ peuvent aussi être dimensionnées sans protection et réalisées en conséquence.
- Les poutres de bord et les poteaux d'angle peuvent aussi être remplacés par des éléments de construction massifs résistants au feu.
- Les poutres situées à l'intérieur d'un champ n'ont pas besoin d'être protégées et ne sont dimensionnées que pour la température ambiante (leur contribution à la résistance ultime en situation d'incendie est très faible).
- La dalle du plancher est une dalle mixte à tôle profilée, de hauteur $h_p \leq 80$ mm, avec au moins 60 mm de béton sur les nervures.



- L_1 Spannweite Nebenträger / portée des solives
 L_2 Spannweite Hauptträger / portée des sommiers
- Randträger (oder Wand), mit Feuerwiderstand wie Decke
Sommier de bord (ou paroi), avec même résistance au feu que la dalle
 - Randträger (oder Wand), mit Feuerwiderstand wie Decke, mit Zusatzlast im Brandfall
Solive de bord (ou paroi), avec même résistance au feu que la dalle, avec charge supplémentaire en situation d'incendie
 - Ungeschützter Nebenträger / Solive non protégée

Fig. 7.13 – Definition der Deckenfeld-Spannweiten
Définition des portées des champs de dalle

Selon la norme SIA 262, tableau 16, l'enrobage minimal de l'armature doit être de 20 mm pour R 30/60 et de 30 mm pour R 90, mesuré jusqu'au bord de l'armature. Il en résulte, pour les treillis usuels, des enrobages c_s de l'armature sur la tôle profilée de 30 mm pour R 30 et R 60, par rapport à l'axe de gravité du treillis d'armature. Du à la forte influence de l'échauffement, les valeurs tabulées supposent $c_s = 50$ mm pour R 90. Pour d'autres valeurs de c_s , on obtiendrait des armatures différentes.

Les tableaux de dimensionnement sont applicables aux types de champ A1 à A3 selon la figure 7.12. Pour chaque combinaison de portées L_1 et L_2 , les charges des poutres de bord sont données dans le tableau de la page 212 comme fraction de la charge totale du champ considéré. Cette charge est répartie uniformément sur toute la longueur de la poutre (voir fig. 7.14).

En présence de champs adjacents, la poutre de bord commune doit reprendre des charges de deux champs – en cas de symétrie, il faut donc doubler les valeurs des tableaux.

Die Kontinuitätsbewehrung in den Elementfugen gemäss Figur 7.22d ist für den Brandfall mit der Querkraftbewehrung gemäss Figur 7.22c zu ergänzen; bei relativ niedrigen Trägern ist hierfür auch die Bewehrungsform (a) möglich. Die Verlängerung der unteren Kontinuitätsbewehrung fördert die Redundanz und verbessert das Tragverhalten. Bei bewehrtem Überbeton ist die Kontinuitätsbewehrung gemäss Figur 7.22d nicht zwingend.

7.5.3 Bemessung der Deckenplatten

Die Deckenplatten sind aufgrund anerkannter Regeln sowohl für Biegung wie auch für Schub zu bemessen. Dazu dienen meist die Angaben der Element-Lieferanten (Bemessungstabellen für verschiedene Feuerwiderstandsdauern). Bei Betonelementen ist die Brandsicherheit in der Regel durch eine genügende Überdeckung der Bewehrung und minimale Bauteilabmessungen gemäss Norm SIA 262 Tabelle 16 erreichbar.

Der Anhang C enthält Beschreibungen zu verschiedenen Deckensystemen und Deckenelementen einschliesslich Hinweisen zum Feuerwiderstand, ausserhalb des von der VKF als «Stand der Technik» anerkannten Bereichs.

Für Feuerwiderstände $\geq R 60$ speziell zu betrachten ist der Auflagerbereich der Deckenelemente. Im Brandfall entstehen durch den Temperaturgradienten Eigenspannungen in der Platte, die zu Rissen in den Stegen und zu einer markanten Reduktion der Schubtragfähigkeit führen. Auch wird der Unterflansch des Stahlträgers im Brandfall zu schwach, so dass das Auflager zusätzlich gesichert werden muss, beispielsweise durch eine aufgebogene Bewehrung, welche die Last auf den Träger «zieht» (siehe Bewehrungsskizzen in Fig. 7.22).

In der Regel werden die Hohlplatten im Auflagerbereich durch Ausbetonieren von mindestens zwei Löchern und Einlegen einer kombinierten Schub-Zug-Bewehrung gemäss Figur 7.22 verstärkt. Durch diese Auflagerbewehrung können die Auflagerkräfte sicher aufgenommen werden, und zugleich wird die monolithische Wirkung der Decke als Brandabschnitt gemäss den in [7.1] definierten Kriterien R E I sichergestellt. – Bei geringer Querkraftbeanspruchung ist alternativ ein vereinfachter Nachweis gemäss Norm SIA 264, Ziffer 5.5.3.2 möglich.

7.5.4 Bemessung des Stahlträgers

Die nachfolgenden Bemessungstabellen für Slim-Floor-Träger wurden erarbeitet nach baustatischen Methoden auf der Basis der allgemeinen Berechnungsverfahren, die in der Norm EN 1994-1-2 sowie in der Norm SIA 263, Ziffer 4.8.4 definiert sind.

Zur Ermittlung des Tragwiderstands des Verbundträgers müssen die Temperaturen im Querschnitt bekannt sein. Genaue Resultate liefert eine Temperaturberechnung. Der Tragwiderstand wird dann mit den gemäss der Temperatur abgeminderten Festigkeitswerten bestimmt, siehe Figur 7.23.

En situation d'incendie, l'armature de continuité dans les joints entre éléments selon la figure 7.22d doit être complétée par l'armature sur poutres d'appui selon la figure 7.22c; en cas de poutres de relativement faible hauteur, la forme d'armature (a) est aussi possible. Le prolongement de l'armature de continuité inférieure crée une redondance qui améliore le comportement structural. En cas de béton de recouvrement armé, l'armature de continuité selon la figure 7.22d n'est pas forcément nécessaire.

7.5.3 Dimensionnement des éléments de dalle

Les éléments de dalle doivent être dimensionnés sur la base des règles reconnues, aussi bien pour la flexion que pour l'effort tranchant. Les données des fabricants d'éléments de dalle sont très utiles à cet égard (tableaux de dimensionnement pour différentes durées de résistance au feu). La sécurité incendie de ces éléments est en général obtenue par un enrobage suffisant des armatures et des dimensions minimales des éléments, selon la norme SIA 262, tableau 16.

L'annexe C contient la description de différents systèmes de dalles et d'éléments de dalle y compris des indications relatives à la résistance au feu, hors de la partie reconnue comme «état de la technique» par l'AEAI.

Pour les résistances au feu $\geq R 60$, la zone d'appui des éléments de dalle doit faire l'objet d'une attention particulière. En situation d'incendie, des contraintes résiduelles dues au gradient de température apparaissent dans la dalle et provoquent des fissures dans les âmes des éléments conduisant à une réduction significative de la résistance à l'effort rasant. De même l'aile inférieure de la poutre intégrée en acier devient trop faible en situation d'incendie, ce qui nécessite un renforcement de l'appui, par exemple par une armature relevée qui transfère la réaction d'appui sur la poutre (voir schémas d'armature fig. 7.22).

En général, les éléments alvéolaires sont renforcés dans les zones d'appui par remplissage de béton d'au moins deux alvéoles et la pose d'une armature cisaillement-traction selon la figure 7.22. Cette armature permet de reprendre les réactions d'appui de façon sûre et aussi de réaliser l'effet monolithique de la dalle en tant qu'élément coupe-feu selon les critères R E I définis dans [7.1]. – En cas de faible effort tranchant, la vérification simplifiée selon la norme SIA 264, chiffre 5.5.3.2, est une variante possible.

7.5.4 Dimensionnement de la poutre en acier

Les tableaux de dimensionnement des poutres «slim floor» ci-dessous ont été développés selon des méthodes d'analyse statique basées sur les méthodes générales définies dans la norme EN 1994-1-2 et dans la norme SIA 263, chiffre 4.8.4.

Pour déterminer la résistance ultime de la poutre mixte, les températures dans la section doivent être connues. Un calcul thermique en donne les valeurs exactes. La résistance ultime est ensuite déterminée en fonction des résistances réduites selon la température, voir la figure 7.23.

A1. Grundlagen / Bases

Schweizer Normen, europäische Normen: siehe Abschnitt 1.2, www.sia.ch und www.snv.ch.

Normes suisses et normes européennes: voir section 1.2, www.sia.ch et www.snv.ch.

- [1.1] Hirt M. A., Crisinel M.; *Charpentes métalliques, Conception et dimensionnement des halles et bâtiments. Traité de Génie civil, Volume 11, PPUR, Lausanne, 2005. ISBN 2-88074-629-9.*
- [1.2] Bachmann H. et al.; *Vibration problems in structures.* Birkhäuser Verlag, Basel, 1995. ISBN 3-7643-5148-9.
- [1.3] www.stb.rwth-aachen.de/projekte/2007/HIVOSS/download.php

A2. Verbundträger / Poutres mixtes

- [2.1] Johnson R. P., Anderson D.; *Designers' Handbook to Eurocode 4, Part 1.1: Design of composite steel and concrete structures.* Thomas Telford Services Ltd., London, 1993. ISBN 0-7277-1690-5.

A3. Blechverbunddecken / Dalles mixtes à tôles profilées

- [3.1] Stark, J. W. B. and Brekelmans, J. W. P. M.; *Plastic Design of Continuous Composite Slabs.* Journal of Constructional Steel Research 15 (1990), p. 23–47.
- [3.2] Porter, M. L. and Eckberg, C. E. Jr.; *Design Recommendations for Steel Deck Floor Slabs.* ASCE Journal of the Structural Division, New York, vol. 102, no 11, 1976, p. 2121–2136.
- [3.3] Bode, H. et al.; *Design of composite slabs with partial shear connection, Annex to Eurocode 4, second draft, January 1990.* Universität Kaiserslautern, 1990.

A4. Slim-Floor-Decken / Planchers «slim floor»

- [4.1] *Precast prestressed hollow core floors.* FIP Recommendation, ed. Thomas Telford, London, 1988.

A5. Verbundstützen / Poteaux mixtes

- [5.1] Johnson R. P., Anderson D.; *Designers' Handbook to Eurocode 4, Part 1.1: Design of composite steel and concrete structures.* Thomas Telford Services Ltd., London, 1993. ISBN 0-7277-1690-5.

A6. Verbund-Anschlüsse / Assemblages mixtes

- [6.1] Kattner M.; *Beitrag zum Entwurf von Rahmen mit Verbundknoten im Hochbau.* Thèse EPFL N° 2055, Ecole polytechnique fédérale, Lausanne, 1999.
- [6.2] Crisinel M., Luible E. A., Ruffieux M.; *Guide technique pour le dimensionnement d'ossatures de bâtiment à nœuds semi-rigides et à résistance partielle. Rapport ICOM 433, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Lausanne, 2003.*
- [6.3] Schwindl K., Mensinger M.; *Gelenkige Sekundärträgeranschlüsse mit langen Fahnenblechen im Verbundbau.* Forschungsbericht, Deutscher Ausschuss für Stahlbau DASt, Düsseldorf, 2011 (Veröffentlichung in Vorbereitung).

A7. Brandbemessung / Dimensionnement en situation d'incendie

- [7.1] *Schweizerische Brandschutzvorschriften VKF 2015, Revision 2017.* Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF, Bundesgasse 20, Bern, 2017.
Prescriptions suisses de protection incendie AEAI 2015, révision 2017. Association des établissements cantonaux d'assurance incendie AEAI, Bundesgasse 20, Berne, 2017.
- [7.2] J-M. Franssen, P. V. Real; *Fire Design of Steel Structures.* ECCS Eurocode Design Manuals, W. Ernst & Sohn, Berlin, 2010. ISBN 978-3-433-02974-9.
- [7.3] Newman G. M., Robinson J. T., Bailey C. G.; *Fire Safe Design. A new approach to multi-storey steel framed buildings.* SCI publication P288, ISBN 1-8594-2169-5 (www.shop.steelbiz.org).
- [7.4] Vassart O., Zhao B.; *Fire Resistance Assessment of Partially Protected Composite Floors – Design Guide.* 2011. SCI publication P388, www.arcelormittal.com/sections
- [7.5] Vassart O., Zhao B.; *Fire Resistance Assessment of Partially Protected Composite Floors (FRACOF) – Engineering Background.* 2011. SCI publication P389, www.arcelormittal.com/sections
- [7.6] *FRACOF, Fire Resistance Assessment of Partially Protected Composite Floors – www.arcelormittal.com/sections*
- [7.7] Mensinger M., Schaumann P., Stadler M., Sothmann J.; *Nutzung der Membranwirkung von Verbundträger-Decken-Systemen im Brandfall.* Forschungsbericht, Deutscher Ausschuss für Stahlbau DASt, Düsseldorf, 2011.

- [7.8] Ungrad A.-K., Oneschkow N.; Bailey-Methode – Nachweisverfahren für Deckentragwerke mit ungeschützten Stahlträgern für den Brandfall. Institut für Stahlbau, Universität Hannover, 2005.
- [7.9] SZS-Publikation C2.4; Brandsichere Stahl-Beton-Verbundtragwerke. Schweizerische Zentralstelle für Stahlbau (Stahlbau Zentrum Schweiz), 1997 (vergriffen).
Publication SZS C2.4; La construction mixte acier-béton résistant au feu. Centre suisse de la construction métallique, 1997 (épuisée).
- [7.10] Franssen, J.-M.; SAFIR. A thermal/structural program modelling structures under fire. Engineering Journal, AISC, vol. 42, n° 3, pp. 143–158, 2005.
- [7.11] Hosser, Dorn, El-Nesr; Vereinfachtes Rechenverfahren zur brandschutztechnischen Bemessung von Verbundstützen aus kammerbetonierten Stahlprofilen. Stahlbau 63(3): S. 71–78 und 63(4): S. 116–119. 1994.
- [7.12] Fontana, M.; Beispiele für richtiges Konstruieren von Stahlbauten für den Brandfall. Stahlbau 65 (1996), S. 60–63.
- [7.13] CTICM, SRI – 05/78f – CR/NB; *Guide de vérification des entrepôts en structure métallique en situation d'incendie. Arrêté du 5 août 2002, Rév. F, 07/06/2006.*

A8. Weitere SZS-Publikationen / Autres publications du SZS

- [8.1] SZS, Merkblatt M1; Feuerwiderstand: Anforderungen, Bauformen, Abmessungen. Stahlbau Zentrum Schweiz, 2005.
SZS, Aide-mémoire M1; Résistance au feu: Exigences, conception et dimensions des structures. Centre suisse de la construction métallique, 2005.
- [8.2] SZS-Publikation C2.5; Dämmschichtbildende Brandschutzsysteme. Stahlbau Zentrum Schweiz, 2017.
Publication SZS C2.5; Peintures intumescentes. Centre suisse de la construction métallique, 2017.
Publicazione SZS C2.5; Vernici intumescenti. Centro svizzero per la costruzione in acciaio, 2017.
- [8.3] SZS, steelwork C4/06; Bemessungstabellen / *Tables de dimensionnement*. Stahlbau Zentrum Schweiz / *Centre suisse de la construction métallique*, 2016.
- [8.4] SZS, steelwork C5/05; Konstruktionstabellen / *Tables de construction*. Stahlbau Zentrum Schweiz / *Centre suisse de la construction métallique*, 2016.
- [8.5] SZS-Publikation C8; Konstruktive Details im Stahlhochbau. Schweizerische Zentralstelle für Stahlbau (Stahlbau Zentrum Schweiz), Revision 1996.
Publication SZS C8; Détails de construction en charpente métallique. Centre suisse de la construction métallique, révision 1992.
- [8.6a] SZS, steelwork C9.A/14; Trägerstösse mit Stirnplatten, Fahnenblechanschlüsse / *Joints de poutres par plaque frontale, Assemblages par gousset*. Stahlbau Zentrum Schweiz / *Centre suisse de la construction métallique*, 2014.
- [8.6b] SZS, steelwork C9.B/15; Rahmenknoten / *Nœuds de cadre*. Stahlbau Zentrum Schweiz / *Centre suisse de la construction métallique*, 2015.
- [8.7] steeldoc 01/06; Konstruktives Entwerfen. Stahlbau Zentrum Schweiz, 2006.
steeldoc 01/06; Concevoir et construire. Centre suisse de la construction métallique, 2006.
- [8.8] steeltec 02:2017; Brandschutz im Stahlbau. Stahlbau Zentrum Schweiz, 2017.
steeltec 02:2017; Protection incendie des structures. Centre suisse de la construction métallique, 2017.

A9. Weitere Publikationen / Autres publications

- [9.1] Hirt, M.A. et al.; *Construction métallique: Notions fondamentales et méthodes de dimensionnement. Traité de génie civil volume 10. Editions PPUR, Lausanne, 2011. ISBN 978-288074-646-9.*
Hirt M. A. et al.; Stahlbau (TGC Band 10), Grundbegriffe und Bemessungsverfahren. PPUR Lausanne, 2007. ISBN 978-288074-702-2.
- [9.2] Maquoi R. et al.; *Construction mixte. Infosteel, Bruxelles, 2011. ISBN 78-90-807555-74.*
- [9.3] ECCS N° 109; Design of composite joints for buildings. 1999. ⁽¹⁾
Conception et calcul des assemblages mixtes des bâtiments. Edition CTICM, 2003.
- [9.4] ECCS N° 96; Design Handbook for Braced Composite Steel-Concrete Buildings According to Eurocode 4. 2000. Available also in F-D-ES-I-NL ⁽¹⁾
- [9.5] ECCS N° 87; Design manual for composite slabs. 1995. ⁽¹⁾
- [9.6] ECCS N° 83; Design guide for slim floors with built-in beams. 1995.
Guide de conception pour les planchers minces à poutres incorporées. 1996. ⁽¹⁾
- [9.7] ECCS N° 73; Good construction practice for composite slabs. 1993. ⁽¹⁾
- [9.8] ECCS N° 72; Composite beams and columns to Eurocode 4. 1993. ⁽¹⁾
- [9.9] ECCS N° 55; Calculation of the fire resistance of centrally loaded composite steel-concrete columns exposed to the standard fire. 1989. ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Bestellung/commande: www.steelconstruct.com