

### Was ist Stahl?

Stahl ist eine Legierung aus Eisen, Kohlenstoff, Eisenbegleiter und Legierungselementen, die ohne Nachbehandlung schmiedbar ist und einen Kohlenstoffgehalt (C) von maximal 2 % aufweist. Guss-eisen hat einen höheren Kohlenstoffgehalt (> 2%) und ist daher nicht wie Stahl verformbar; im Bauwesen wird es nur in Spezialbereichen eingesetzt.

Baustähle haben im Allgemeinen einen Kohlenstoffgehalt von weniger als 0,25 %. Neben Kohlenstoff enthält Stahl Begleitstoffe, z. B. Phosphor, Schwefel, Stickstoff und Legierungselemente, u. a. Aluminium, Chrom, Mangan, Nickel. Durch die chemische Zusammensetzung und durch Wärmebehandlungen können die Werkstoffeigenschaften des Stahls gezielt beeinflusst werden.

So gibt es viele Stahlsorten:

- unlegierte Baustähle
- hochfeste Feinkornbaustähle
- wetterbeständige Baustähle
- Betonstähle
- Spannstähle
- nichtrostende Edeltähle
- warmfeste Stähle und andere.

### Klassifizierung der Baustähle

Die Bezeichnung und damit Klassifizierung der Stähle erfolgt nach ihren wesentlichen Eigenschaften, wie Festigkeit, Zähigkeit und speziellen Eigenschaften, wie z. B. Kaltumformbarkeit etc. In **Bild 1** sind die wichtigsten Bestandteile des Bezeichnungssys-

tems von Stählen nach DIN EN 10027-1 dargestellt. Die im Stahlhochbau am häufigsten verwendeten Stähle sind die der Stahlsorte S235 und S355.

Die mechanischen Eigenschaften und die chemische Zusammensetzung der Stähle sind in den Produktnormen spezifiziert. Im Bauwesen werden hauptsächlich unlegierte Baustähle und Feinkornbaustähle nach DIN EN 10025, warmgefertigte Hohlprofile nach DIN EN 10210 sowie kaltgefertigte und geschweißte Hohlprofile nach DIN EN 10219 eingesetzt. **Tabelle 1** gibt einen Überblick über die nach DIN EN 1993-1-1 einsetzbaren Stähle.

### Belastbarkeit von Stahl

Belastungen rufen an Bauteilen Formänderungen hervor. Stellt sich nach Entlastung die ursprüngliche Form wieder ein, so spricht man vom elastischen Verhalten des Werkstoffes. Ist dies nicht der Fall, so hat sich der Werkstoff plastisch verformt.

Der Übergang zwischen elastischem und plastischem Verhalten wird bei den meisten Stahlsorten durch die Streck- oder Fließgrenze charakterisiert. Sie ist neben der Zugfestigkeit ein Kriterium für die Bemessung und wird mit Hilfe des Zugversuchs nach DIN EN ISO 6892-1 anhand der Spannungs-Dehnungs-Linie bestimmt. Hierbei beschreibt die Streckgrenze das Spannungs-Niveau, bis zu dem sich der Stahl elastisch verhält. Die Zugfestigkeit entspricht hingegen der maximal aufnehmbaren Spannung bei gleichzeitigen plastischen Verformungen. Nach Erreichen der Zugfestigkeit kommt es zu einem Spannungsabfall bei weiterer Zunahme von Verformungen, bis Bruch eintritt, siehe **Bild 2**.

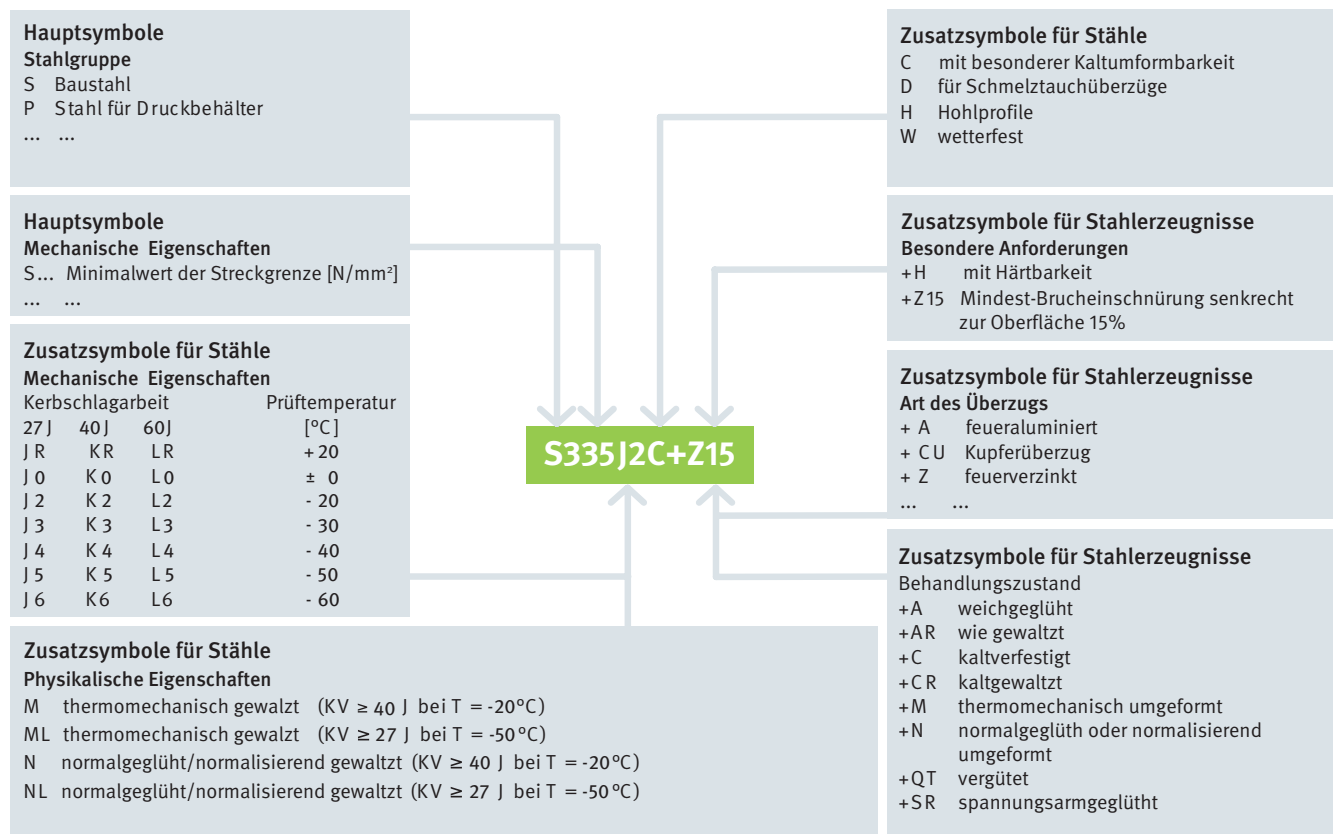


Bild 1 Bezeichnungssystem der Stähle nach DIN EN 10027-1

Norm	Titel	Stahlsorte
DIN EN 10025 - Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen		
DIN EN 10025-1	Allgemeine technische Lieferbedingungen	
DIN EN 10025-2	Unlegierte Baustähle	S235JR/J0/J2 S275JR/J0/J2 S355JR/J0/J2/K2 S450J0
DIN EN 10025-3	Normalgeglühte/ normalisierend gewalzte schweiß geeignete Feinkornbaustähle	S275N/NL S355N/NL S420N/NL S460N/NL
DIN EN 10025-4	Thermomechanisch gewalzte schweiß geeignete Feinkornbaustähle	S275M/ML S355M/ML S420M/ML S460M/ML
DIN EN 10025-5	Wetterfeste Baustähle	S235J0W/J2W S355J0WP/J2WP S355J0W/J2W/K2W
DIN EN 10025-6	Flacherzeugnisse aus Stählen mit höherer Streckgrenze im vergüteten Zustand	S460Q/QL/QL1
DIN EN 10210 – Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen		
DIN EN 10210-1	Technische Lieferbedingungen	S235JRH S275J0H/J2H/NH/NLH S355J0H/J2H/K2H/ NH/NLH S420NH/NLH S460NH/NLH
DIN EN 10210-2	Grenzabmaße, Maße und statische Werte	
DIN EN 10219- Kaltgefertigte und geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen		
DIN EN 10219-1	Technische Lieferbedingungen	S235JRH S275J0H/J2H/NH/NLH/MH/ MLH S355J0H/J2H/K2H/NH/NLH/ MH/MLH S420MH/MLH S460NH/NLH/MH/MLH
DIN EN 10210-2	Grenzabmaße, Maße und statische Werte	

Tabelle 1 Einsetzbare Baustähle und Hohlprofile nach DIN EN 1993-1-1

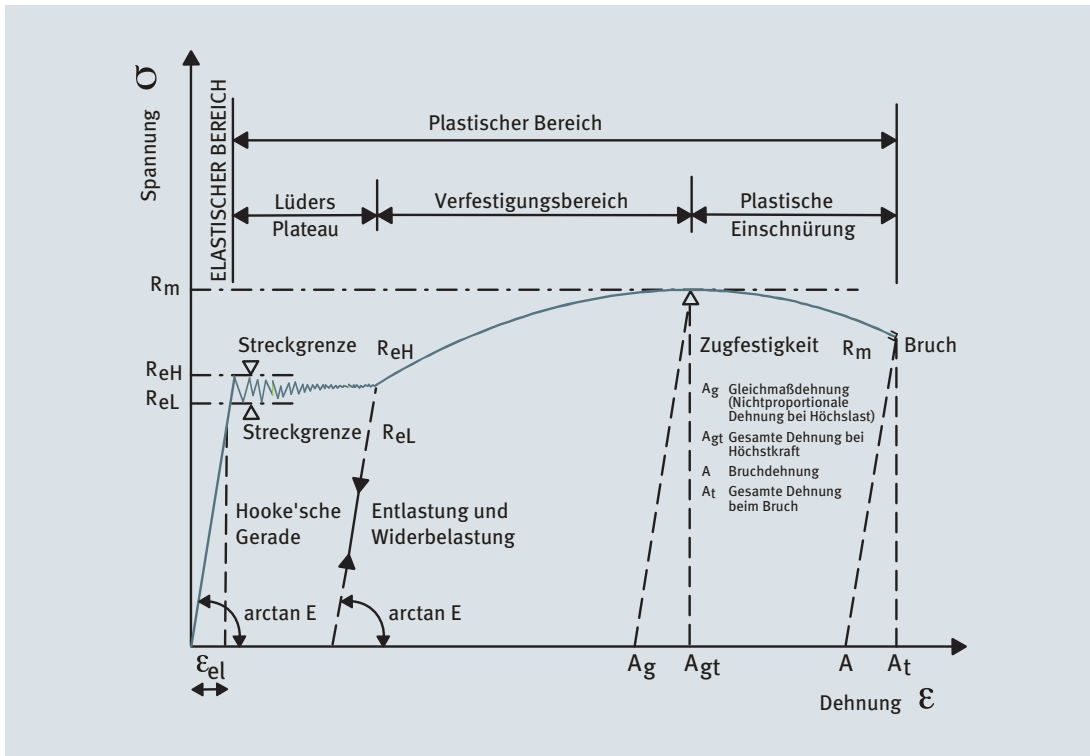


Bild 2 Typische Spannungs-Dehnungs-Linie eines Baustahls mit Lüders-Plateau

Produktnorm	Stahlsorte	Erzeugnisdicke t ≤ 40 mm		Erzeugnisdicke 40 mm < t ≤ 80 mm	
		f <sub>y</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>u</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>y</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>u</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
DIN EN 10025-2	S235JR/J0/J2	235	360	215	360
	S275JR/J0/J2	275	430	255	410
	S355JR/J0/J2/K2	355	490	335	470
	S450J0	440	550	410	550
DIN EN 10025-3	S275N/NL	275	390	255	370
	S355N/NL	355	490	335	470
	S420N/NL	420	520	390	520
	S460N/NL	460	540	430	540
DIN EN 10025-4	S275M/ML	275	370	255	360
	S355M/ML	355	470	335	450
	S420M/ML	420	520	390	500
	S460M/ML	460	540	430	530
DIN EN 10025-5	S235W	235	360	215	340
	S355W	355	490	335	490
DIN EN 10025-6	S460Q/QL/QL1	460	570	440	550
DIN EN 10210-1	S235H	235	360	215	340
	S275H	275	430	255	410
	S355H	355	510	335	490
	S275NH/NLH	275	390	255	370
	S355NH/NLH	355	490	335	470
	S420NH/NLH	420	540	390	520
	S460NH/NLH	460	560	430	550
DIN EN 10219-1	S235H	235	360		
	S275H	275	430		
	S355H	355	510		
	S275NH/NLH	275	370		
	S355NH/NLH	355	470		
	S460NH/NLH	460	550		
	S275MH/MLH	275	360		
	S355MH/MLH	355	470		
	S420MH/MLH	420	500		
S460MH/MLH	460	530			

Tabella 2 Nennwerte der Streckgrenze f<sub>y</sub> und Zugfestigkeit f<sub>u</sub> für Baustähle nach DIN EN 1993-1-1

Kriterium	nach DIN EN 1993-1-1 für Baustähle nach DIN EN 10025-2 bis 6, DIN EN 10210-2 und DIN EN 10219-2
$\frac{f_u}{f_y}$	≥ 1,10
A	≥ 15 %
$\epsilon_u$	≥ 15 · $\epsilon_y$

f<sub>u</sub> Mindestwert der Zugfestigkeit;

f<sub>y</sub> Mindestwert der Zugfestigkeit;

A Bruchdehnung bezogen auf eine Messlänge von  $5,65 \cdot \sqrt{A_0}$  :

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \cdot 100 \text{ [%]}$$

mit L<sub>0</sub> Anfangsmesslänge mit  $L_0 = 5,65 \cdot \sqrt{A_0}$  ;

L<sub>u</sub> Länge nach Bruch;

A<sub>0</sub> Ausgangsquerschnittsfläche;

$\epsilon_u$  Gleichmaßdehnung, wobei  $\epsilon_u$  der Zugfestigkeit f<sub>u</sub> zugeordnet ist;

$\epsilon_y$  Fließdehnung:  $\epsilon_y = \frac{f_y}{E}$

Tabella 3 Duktilitätsanforderungen an Baustähle und Flacherzeugnisse

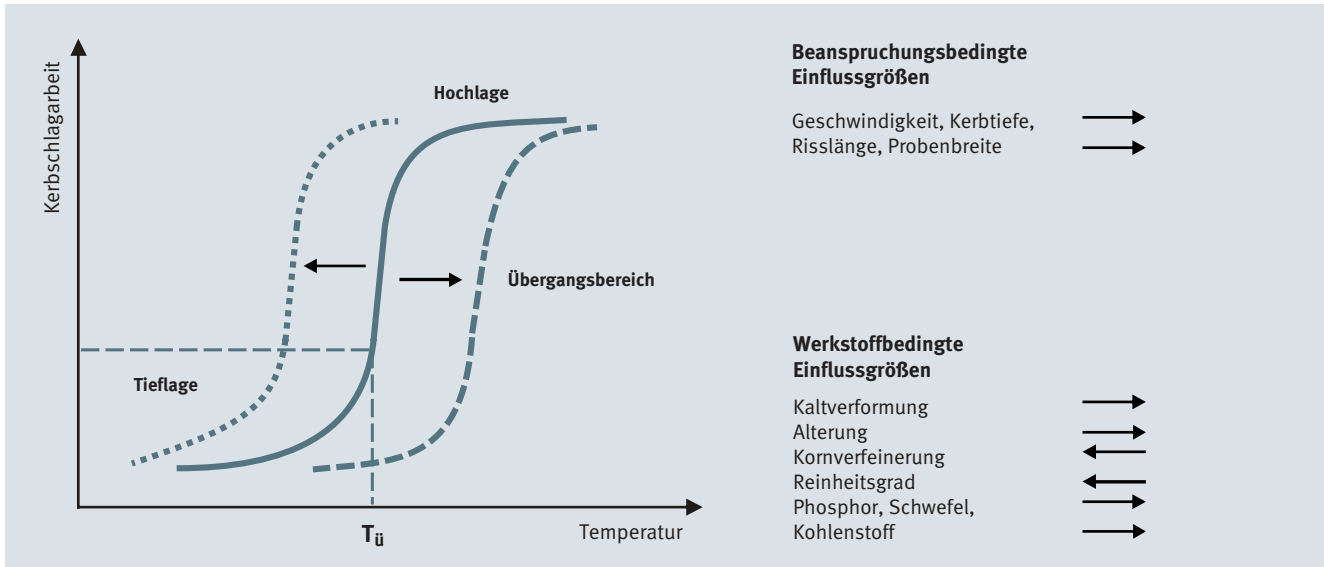


Bild 3 Zähigkeitsverhalten von ferristischem Baustahl

Die der Bemessung zugrunde zu legenden charakteristischen Werte der Streckgrenze und Zugfestigkeit können entweder den Produktnormen oder direkt der Bemessungsnorm für Stahlkonstruktionen, der DIN EN 1993-1-1, entnommen werden, siehe **Tabelle 2**. Zusätzlich zu den in den Produktnormen gestellten Anforderungen an die Festigkeitseigenschaften der Baustähle sind die in DIN EN 1993-1-1 definierten Duktilitätsanforderungen zu erfüllen, siehe **Tabelle 3**. Neben den Festigkeitseigenschaften sind die Zähigkeitseigenschaften von Baustahl mit Blick auf die Werkstoffwahl zur Vermeidung von Sprödbuch bei Einsatz der Baustähle bei tiefen Temperaturen von Bedeutung. Das prinzipielle Zähigkeit-Temperatur-Verhalten ist in **Bild 3** dargestellt. Wesentliche Einflussfaktoren sind die Bauteildicke, die Temperatur, der Spannungszustand, der Kaltverformungsgrad und die Dehnrage. Bei Beanspruchung in Dickenrichtung ist zusätzlich eine Werkstoffwahl bzgl. der Vermeidung von Terrassenbruch durchzuführen. Die Regelungen zur Werkstoffwahl für beide Fälle, Sprödbuch und Terrassenbruch, sind in DIN EN 1993-1-10 und den nationalen DAST-Richtlinien 009 und 014 enthalten, siehe auch **Bild 3** [1].

### Verarbeitung

Stahl lässt sich warm und kalt verformen (walzen, ziehen, pressen, biegen usw.), mechanisch bearbeiten (sägen, bohren, stanzen, fräsen, hobeln usw.) und schweißen.

### Wirtschaftlichkeit

Die Projektierung eines Gebäudes besteht im Wesentlichen aus dem architektonischen Entwurf, einem Tragwerkskonzept und der Einschätzung der Baukosten. Dabei ist die Kostenplanung heute eine der wesentlichen Aufgaben aller Planungs- und Baubeteiligten, da Qualitäten, Termine und Kosten die relevanten Erfolgsfaktoren eines jeden Bauprojekts sind.

Die Kostenschätzung kann schon in der Vorplanung über Erfolg oder Misserfolg eines Bauprojektes entscheiden.

Hierzu gehören neben den angegebenen Werten auch die Einsparungen bei den Gründungs- und Fundamentarbeiten sowie Vorteilen in der Bauzeit und Baulogistik, die im Rahmen jeder, ganzheitlichen Kostenplanung Berücksichtigung finden sollten.

### Nachhaltigkeit

Produkte aus Baustahl können wiederholt eingesetzt werden. Ist eine Verwendung in der ursprünglichen Form nicht möglich, so werden sie eingeschmolzen und zur Herstellung neuer Produkte wiederverwendet.

Baustahl kann durch eine hohe Sammelrate (99%) sowie Recycling (88%) und Wiederverwendung (11%) punkten und ist deshalb regenerativ [2, 3]. In der Umwelt-Produktdeklaration „Baustähle“ (Environmental Product Declaration, kurz: EPD), die durch PE INTERNATIONAL in Zusammenarbeit mit »bauforumstahl erstellt wurde, sind Produktkennzahlen von westeuropäischen Stahlherstellern – den Inhabern dieser Deklaration – zusammengestellt [4, 5].

### Normen/Richtlinien

- DIN EN 10027-1:2005-10, Bezeichnungssysteme für Stähle . Teil 1: Kurznamen; Deutsche Fassung EN 100271:2005
- DIN EN 10025-1 bis 6: Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen, Teile 1 bis 6, Deutsche Fassung EN 10025, Teile 1 bis 6
- DIN EN 10210-1:2006-07, Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen – Teil 1: Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10210-1:2006
- DIN EN 10219-1:2006-07, Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen – Teil 1: Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10219-1:2006
- DIN EN 1993-1-1:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009
- DIN EN ISO 6892-1:2009-12, Metallische Werkstoffe – Zugversuch – Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur (ISO 6892-1:2009); Deutsche Fassung EN ISO 6892-1:2009
- DIN EN 1993-1-10:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung; Deutsche Fassung EN 1993-1-10:2005 + AC:2009
- DAST-Richtlinie 009:2008-05, Stahlsortenauswahl für geschweißte Stahlbauten, Herausgeber: Deutscher Stahlbau-Verband DSTV, Düsseldorf. Stahlbau Verlags- und Service GmbH, Düsseldorf
- DAST-Richtlinie 014:1981-01, Empfehlungen zum Vermeiden von Terrassenbrüchen in geschweißten Konstruktionen aus Baustahl. Herausgeber: Deutscher Stahlbau-Verband DSTV, Düsseldorf. Stahlbau Verlags- und Service GmbH, Düsseldorf

### Literatur:

- [1] Kühn, B., Sedlacek, G., Höhler, S., Stranghöner, N., DIN EN 1993-1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf die Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung, in: Stahlbau-Kalender 2012, Hrsg.: Kuhlmann, U., Verlag Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, Berlin, 2012.
- [2] Nachhaltige Gebäude – Planen, Bauen, Betreiben, Nr. B105, »bauforumstahl e. V., Düsseldorf, 2011.
- [3] Ökobilanzieller Vergleich von Hallen unterschiedlicher Bauweisen, »bauforumstahl e. V., Düsseldorf, 2011.
- [4] Umwelt-Produktdeklaration nach ISO 14025, Deklarationsnummer EPD-BFS-2010111-D, Institut Bauen und Umwelt e.V., »bauforumstahl e.V., Düsseldorf, 2010.
- [5] Umwelt-Produktdeklaration Baustähle – Erläuterungen, Schriftenreihe Nr. B104, »bauforumstahl e. V., Düsseldorf, 2010.

### Fertigerzeugnisse für den Stahlbau

#### Lieferformen des Stahls

Walzstahlerzeugnisse werden in vielfältigen Formen produziert. Im Stahlbau wird zwischen Flacherzeugnissen, Stabstahl, Formstahl, Hohlprofilen, Kalt- und Trapezprofilen sowie Drähten, Seilen und Bündel unterschieden, siehe **Tabelle 1**. In **Bild 1** sind die im Stahlbau üblichen Profilquerschnitte dargestellt.

Walzstahlerzeugnisse sind sehr maßgenau und von gleichbleibender Qualität. Querschnitte und zulässige Toleranzen sind in EN-, DIN- und Werksnormen der Hüttenwerke festgelegt. Darüber hinaus können Sonderprofile hergestellt werden; dies wird jedoch erst bei genügend großen Bestellmengen wirtschaftlich. Je nach Profil sind unterschiedliche Standardlängen gebräuchlich. Fixlängen können bei der Bestellung vereinbart werden.

In **Tabelle 2** ist angegeben, in welchen Bereichen die verschiedenen I-Profile überwiegend angewendet werden.

Bei den U-Profilen wird unterschieden zwischen parallelfanschigen (UPE-Profilen) und innen schrägen Flanschen (U-Profilen).

Dies ist insbesondere dann zu beachten, wenn geschraubte Anschlüsse an den Flanschen vorgesehen werden.

#### Wirtschaftlichkeit

Die Projektierung eines Gebäudes besteht im Wesentlichen aus dem architektonischen Entwurf, einem Tragwerkskonzept und der Einschätzung der Baukosten. Dabei ist die Kostenplanung heute eine der wesentlichen Aufgaben aller Planungs- und Baubeteiligten, da Qualitäten, Termine und Kosten die relevanten Erfolgsfaktoren eines jeden Bauprojekts sind. Die Kostenschätzung kann schon in der Vorplanung über Erfolg oder Misserfolg eines Bauprojektes entscheiden. Hierzu gehören neben den angegebenen Werten auch die Einsparungen bei den Gründungs- und Fundamentarbeiten sowie Vorteilen in der Bauzeit und Baulogistik, die im Rahmen jeder ganzheitlichen Kostenplanung Berücksichtigung finden sollten. Produkte aus Stahl können wiederholt eingesetzt werden. Ist eine Verwendung in der ursprünglichen Form nicht möglich, so werden sie eingeschmolzen und ohne Verlust zur Herstellung neuer Produkte wiederverwendet.

Flacherzeugnisse					
Bezeichnung	Maße [mm]		Normen	Bemerkungen	
Feinblech	Dicke < 3,0 mm		DIN EN 10130	Schwarzblech = unbehandelt; Oberflächenveredelung z. B. aluminisiert, feuerverzinkt; feuerverzinkt + kunststoffbeschichtet = coilcoated	
Grobblech	Dicke ≥ 3,0 mm		DIN EN 10079	Belagbleche, 3 – 20 mm (Riffel- und Tränenbleche)	
Flachstahl	Breite ≤ 150 mm		DIN EN 10058		
Breitflachstahl	Breite > 150 mm - 1250 mm		DIN 59200		
Stabstahl					
Bezeichnung	Kurzzeichen	Höhe [mm]	Breite [mm]	Normen	Bemerkungen
T-Stahl	T	30 - 140	30 - 140	DIN EN 10055	gleichschenkelig, rundkantig
U-Stahl	U	30 - 65	15 - 42	DIN 1026 - 1	Flansche innen schräg, rundkantig
Z-Stahl	Z	30 - 200	38 - 80	DIN 1027	Flansche parallel, rundkantig
Winkelstahl	L	20 - 200	20 - 200	DIN 1028	gleichschenkelig, rundkantig
Winkelstahl	L	30 - 200	20 - 100	DIN 1029	ungleichschenkelig, rundkantig
Zum Stabstahl zählen auch alle Rund-, Vierkant-, Sechskant- sowie Spezialprofile					
Formstahl					
Bezeichnung	Kurzzeichen	Höhe [mm]	Breite [mm]	Normen	Bemerkungen
U-Stahl	U	80 - 400	45 - 110	DIN 1026 - 1	Flansche innen schräg, rundkantig
	UPE	80 - 400	50 - 115	DIN 1026 - 2	Flansche parallel, scharfkantig
Schmale I-Träger	I	80 - 550	42 - 200	DIN 1025 - 1	Flansche innen schräg, rundkantig
Mittelbreite I-Träger	IPE	80 - 600	46 - 228	DIN 1025 - 5	Flansche parallel, scharfkantig Sonderprofile IPE a, o, v nach Werksnormen
Breite I-Träger	HEAA	91 - 970	100 - 300	Werksnorm	Flansche parallel, besonders leichte Ausführung
	HEA	96 - 990	100 - 300	DIN 1025 - 3	leichte Ausführung (EURONORM 52 - 62)
	HEB	100 - 1000	100 - 300	DIN 1025 - 2	normale Ausführung (EURONORM 52 - 62)
	HEM	120 - 1008	100 - 302	DIN	verstärkte Ausführung (EURONORM 52 - 62)
Hohlprofile					
Bezeichnung	Kurzzeichen	Maße [mm]	Wanddicke [mm]	Normen	Bemerkungen
Kreishohlprofil	○	Ø 21,3 - 1219	2 - 60	DIN EN 10210 - 2 DIN EN 10219 - 2	warmgefertigt, nahtlos oder geschweißt kaltgefertigt, geschweißt
Quadrathohlprofil	□	B 20 - 400	2 - 20		
Rechteckhohlprofil	▭	50 - 30 - 500 x 300	2 - 16		
Kaltprofile: Profile aus flach gewalztem Stahl mit nahezu konstanter Wanddicke. Formgebung durch Walzen (Dicke > 0,4 - 8 mm) und Abkanten (Dicke bis 20 mm), siehe DIN EN 10162, DAST - Ri 016 sowie Werksnormen.					
Trapezprofile: Aus Feinblechen rollprofilierter Tafeln mit hoher Tragfähigkeit. Breite 500 - 1050 mm, Profilhöhe 10 - 200 mm. Blechdicke 0,65 - 1,5 mm, Tafellänge bis 22.000 mm, siehe DIN 18807.					
Drähte, Seile, Bündel: Durch Verdrillen oder Bündeln vieler dünner Drähte (Durchmesser i. A. 0,15 - 0,35 mm) entstehen Seile von hoher Festigkeit und Biegsamkeit. Sie dienen zur Übertragung von Zugkräften, z. B. bei Brücken, Hängedächern sowie Abspannungen für Maste, Antennen und Schornsteine, siehe DIN EN 12385.					

**Tabelle 1** Lieferformen von Walzserzeugnissen für den Stahlbau

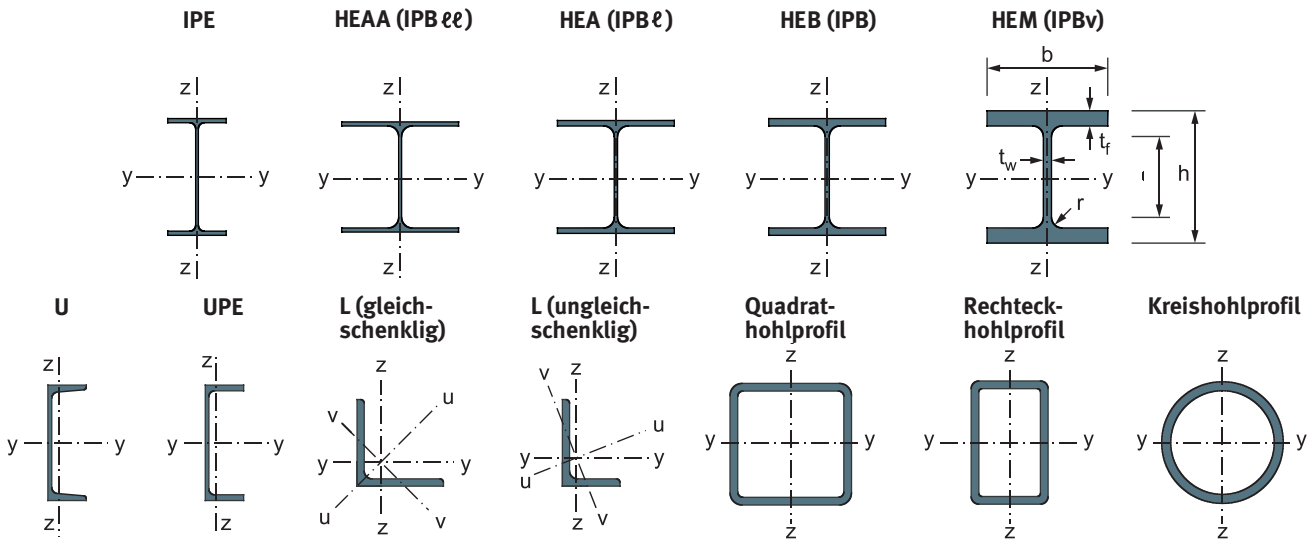


Bild 1 Im Stahlbau übliche Profilquerschnitte

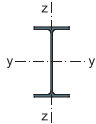
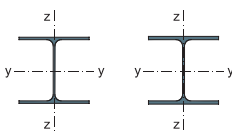
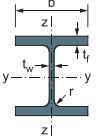
Profiltyp	Verwendung
<b>IPE-Profile</b> Mittelbreite I-Träger mit parallelen Flansflächen 	<b>Biegeträger</b> Rahmenriegel und Rahmenstützen im Hallenbau Dachpfetten Deckenträger
<b>HEA- und HEB-Profile</b> Breite I-Träger mit parallelen Flansflächen leichte und normale Ausführung 	Biegeträger mit Normalkräften <b>Druckstäbe</b> Stützen im Hallenbau Fachwerkbinder Deckenträger Stützen im Geschossbau
<b>HEM-Profile</b> Breite I-Träger mit parallelen Flansflächen verstärkte Ausführung 	Biegeträger mit Normalkräften <b>Druckstäbe</b> Stützen im Hallenbau Abfangträger schwere Unterzüge Stützen im Geschossbau

Tabelle 2 Überwiegende Anwendungsbereiche von I-Profilen

**Literatur**

Beratung Feuerverzinken  
 Sohnstr. 66, 40237 Düsseldorf | Tel.: (0211) 690 76 50 | www.feuerverzinken.com

Bundesverband Deutscher Stahlhandel e. V. (BDS)  
 Max-Planck-Str. 1, 40237 Düsseldorf | Tel.: (0211) 8 64 97-0 | www.stahlhandel.com

Deutscher Gießereiverband e. V. | Fachverband Stahlguss  
 Sohnstr. 70, 40237 Düsseldorf | Tel.: (0211) 68 71-0 | www.bdguss.de

Deutscher Schraubenverband e. V.  
 Goldene Pforte 1, 58093 Hagen | Tel.: (02331) 95 88 16 | www.schraubenverband.de

Versand von Fachliteratur über: Stahlbau Verlags- und Service GmbH  
 Sohnstr. 65, 40237 Düsseldorf | Tel.: (0211) 67 07-801 | www.deutscherstahlbau.de

Deutscher Verband für Schweißen und Verwandte Verfahren e. V. (DVS)  
 Aachener Str. 172, 40223 Düsseldorf | Tel.: (0211) 15 91-0  
 www.die-verbindungs-spezialisten.de

IFBS Industrieverband für Bausysteme im Metallleichtbau  
 Max-Planck-Straße 4, 40237 Düsseldorf | Tel.: (0211) 9 14 27-0 | www.ifbs.de

Informationsstelle Edelstahl Rostfrei  
 Sohnstraße 65, 40237 Düsseldorf | Tel.: (02 11) 67 07-8 35  
 www.edelstahl-rostfrei.de

Stahl-Informations-Zentrum S-I-Z  
 Sohnstr. 65, 40237 Düsseldorf | Tel.: (0211) 67 07-846 | www.stahl-info.de

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh) Informationszentrum und Bücherei  
 Sohnstr. 65, 40237 Düsseldorf | Tel.: (0211) 67 07-0 | www.stahl-online.de

Verlag Stahleisen mbH  
 Sohnstr. 65, 40237 Düsseldorf | Tel.: (0211) 67 07-561 | www.stahleisen.de

Fachverband Seile und Anschlagmittel e.V.  
 Prinz-Georg-Straße 106, 40479 Düsseldorf | Tel.: (0211) 44 53 22  
 www.fsa-verband.de

Sohnstraße 65 | 40237 Düsseldorf | Postfach 10 48 42 | Düsseldorf  
 T: +49(0)211.6707.828 | F: +49(0)211.6707.829 | zentrale@bauforumstahl.de | www.bauforumstahl.de



#### Allgemeines

Die Bemessung von Stahlbauten erfolgt nach den Grundregeln gemäß DIN EN 1993 „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten“. Allgemeine Grundlagen zur Tragwerksplanung sind DIN EN 1990, „Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung“ zu entnehmen. In der Regel sind Tragwerke nach den Einwirkungen gemäß DIN EN 1991 „Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke“ zu bemessen. Regeln zur Kombination von Einwirkungen sind in DIN EN 1990 angegeben. Bei der Ausführung von Stahltragwerken sind die Regeln der DIN EN 1090 „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken“ einzuhalten.

Ein Tragwerk ist so zu planen, dass es in der vorgesehenen Nutzungszeit sowie während seiner Errichtung mit angemessener Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit den möglichen äußeren Einwirkungen und Einflüssen standhält sowie die geforderten Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit eines Bauwerks oder eines Bauteils erfüllt. Hierbei sind die in **Tabelle 1** dargestellten Normen inklusive ihrer nationalen Anwendungsdokumente zu beachten.

#### Sicherheits- und Nachweiskonzept der Eurocodes

Bei der Bemessung von Tragwerken wird zwischen den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit unterschieden:

- **Grenzzustände der Tragfähigkeit** beinhalten alle Grenzzustände, die die Sicherheit von Personen und/oder die Sicherheit des Tragwerks betreffen. Grenzzustände der Tragfähigkeit beinhalten beispielsweise den Verlust der Lagesicherheit des betrachteten Tragwerks oder eines seiner Teile, ein Versagen durch übermäßige Verformungen, einem Bruchzustand oder eine instabile Lage oder ein Versagen des Tragwerks oder eines seiner Teile durch Ermüdung.
- **Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit** beinhalten die Grenzzustände, die die Funktion des Tragwerks oder eines seiner Teile unter normalen Gebrauchsbedingungen, das Wohlbefinden der

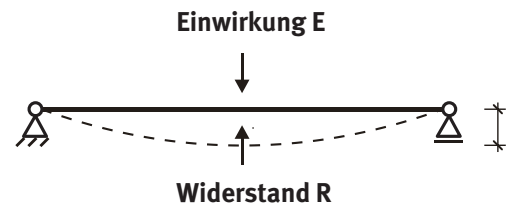


Bild 1 Nachweisformat der Eurocodes

Nutzer oder das Erscheinungsbild des Bauwerks betreffen. Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit beinhalten die Begrenzung von Verformungen, Verschiebungen oder Schwingungen. Die Nachweisverfahren der Eurocodes beruhen auf einem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten bei dem die Auswirkung einer Einwirkung E einer Beanspruchbarkeit R gegenübergestellt wird, siehe **Bild 1**. Eine Bemessung mit Teilsicherheitsbeiwerten bedeutet, dass für jede Bemessungssituation die Auswirkung der charakteristischen Einwirkungen  $E_k$  um einen Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_F$  erhöht und die charakteristische Beanspruchbarkeit  $R_k$  um einen Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_M$  abgemindert wird, siehe **Bild 2**. Hierbei ist sicherzustellen, dass in allen maßgebenden Bemessungssituationen beim Ansatz der Bemessungswerte der Auswirkungen der Einwirkungen  $E_d$  und für die Bemessungswerte der Beanspruchbarkeiten  $R_d$  keiner der maßgebenden Grenzzustände überschritten wird. Für die beiden Grenzzustände muss gelten:

Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT):

$$E_k \cdot \gamma_F = E_d \leq R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$$

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG):

$$E \cdot \gamma_F = E_d \leq C_d = \frac{C}{\gamma_M}$$

Eurocode 3 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten					
DIN EN 1993	-1-1	Allgemeine Bemessungsregeln für den Hochbau	DIN EN 1993	-2	Stahlbrücken
DIN EN 1993	-1-2	Tragwerksbemessung im Brandfall	DIN EN 1993	-3-1	Türme, Maste und Schornsteine Türme und Maste
DIN EN 1993	-1-3	Ergänzende Regeln für kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche	DIN EN 1993	-3-2	Türme, Maste und Schornsteine Schornsteine
DIN EN 1993	-1-4 <sup>1)</sup>	Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen	DIN EN 1993	-4-1	Silos
DIN EN 1993	-1-5	Plattenförmige Bauteile	DIN EN 1993	-4-2	Tankbauwerke
DIN EN 1993	-1-6	Festigkeit und Stabilität von Schalen	DIN EN 1993	-4-3	Rohrleitungen
DIN EN 1993	-1-7	Plattenförmige Bauteile mit Querbelastung	DIN EN 1993	-5	Pfähle und Spundwände
DIN EN 1993	-1-8	Bemessung von Anschlüssen	DIN EN 1993	-6	Kranbahnen
DIN EN 1993	-1-9	Ermüdung			
DIN EN 1993	-1-10	Stahlsortenwahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung			
DIN EN 1993	-1-11	Bemessung und Konstruktion von Tragwerken mit Zuggliedern aus Stahl			

<sup>1)</sup> Bei der Verwendung nichtrostender Stähle sind die Bedingungen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.3-6 „Erzeugnisse, Verbindungsmittel und Bauteile aus nichtrostenden Stählen“ (20. April 2009) zzgl. der Ergänzung (Mai 2011) zu beachten. DIN EN 1993-1-4 ist derzeit nicht bauaufsichtlich eingeführt.

Tabelle 1 Übersicht über die Normenreihe Eurocode 3

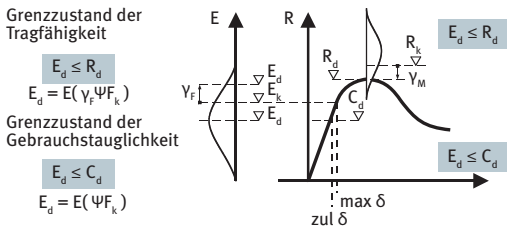


Bild 2 Nachweisformat mit Teilsicherheitsbeiwerten

Teilsicherheitsbeiwert	Wert	Beanspruchbarkeit von
$\gamma_{M0}$	1,0	Querschnitten (unabhängig von der Querschnittsklasse)
$\gamma_{M1}$	1,1	Bauteilen bei Stabilitätsversagen (bei Anwendung von Bauteilnachweisen)
$\gamma_{M2}$	1,25	Querschnitte bei Bruchversagen infolge von Zugbeanspruchung

Tabelle 2 Wesentliche Teilsicherheitswerte  $\gamma_M$  in Grenzzustand der Tragbarkeit

Zur Bestimmung der Zahlenwerte der Teilsicherheitsbeiwerte wird aus den Mittelwerten und Standardabweichungen der Häufigkeitsverteilung von Einwirkungen und Widerständen der Zuverlässigkeitsindex  $\beta$  berechnet, siehe Bild 3.

Für einen Bemessungszeitraum von  $T_{ref} = 50$  Jahren gilt die Anforderung an den Zuverlässigkeitsindex  $\beta = 3,8$ . Mit dem Zuverlässigkeitsindex lässt sich die Verteilung der Häufigkeit des Bauteilversagens  $Z$  in der Form: Versagen  $Z =$  Widerstand  $R$  - Einwirkung  $E$  aufstellen, siehe Bild 4.

Für  $Z < 0$  versagt das Bauteil, gilt  $Z > 0$  versagt das Bauteil nicht. Mit dem Zuverlässigkeitsindex  $\beta$ :  $\beta \geq 3,8$  lässt sich daraus die Versagenswahrscheinlichkeit  $p_f$  als Funktion  $p(Z < 0)$  bestimmen. Bezogen auf einen Bemessungszeitraum von 50 Jahren ergibt sich daraus eine Versagenswahrscheinlichkeit von  $7 \cdot 10^{-5}$ .

**Einwirkungskombinationen**

Die Einwirkungen werden nach DIN EN 1991 zusammengestellt und nach DIN EN 1990 in den Einwirkungskombinationen zusammengefasst. Hierbei sind folgende Einwirkungskombinationen zu berücksichtigen:

**Einwirkungskombinationen im Grenzzustand der Tragfähigkeit**

Es wird zwischen zwei unterschiedlichen Bemessungssituationen unterschieden:

1) *Ständige und vorübergehende Bemessungssituation* - entspricht den üblichen Nutzungsbedingungen eines Tragwerks, einschließlich zeitlich begrenzter Zustände wie Bauzustände,

2) *Außergewöhnliche Bemessungssituation* - berücksichtigt außergewöhnliche Einwirkungen auf das Tragwerk wie beispielsweise Anprall oder Explosion.

Für die unterschiedlichen Bemessungssituationen gelten folgende Kombinationsregeln:

*Ständige und vorübergehende Bemessungssituation:*

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

*Außergewöhnliche Bemessungssituation:*

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\Psi_{1,1} \text{ oder } \Psi_{2,1}) \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Q,i} \cdot Q_{k,i}$$

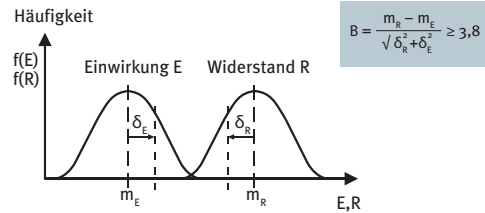


Bild 3 Sicherheitsindex  $\beta$

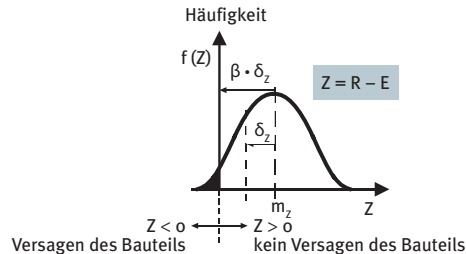


Bild 4 Häufigkeitsverteilung für Versagen des Bauteils

“+“ bedeutet in Kombination mit  $G_{k,j}$  steht für ständige Einwirkungen,  $P$  für die Vorspannung,  $Q_{k,1}$  für die maßgebende veränderliche Einwirkung oder Leiteinwirkung (Verkehr, Temperatur, ...) und  $Q_{k,i}$  für die nicht maßgebenden veränderlichen Einwirkungen oder Begleiteinwirkungen (Verkehr, Temperatur, ...). In der außergewöhnlichen Bemessungssituation wird zusätzlich die außergewöhnliche Einwirkung  $A_d$  berücksichtigt. Die unterschiedlichen  $\Psi$ -Werte sind Kombinationsbeiwerte, die die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens veränderlicher Einwirkungen unterschiedlichen Ursprungs berücksichtigen. Die entsprechenden Zahlenwerte können DIN EN 1990/NA entnommen werden.

**Einwirkungskombinationen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit**

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit wird ebenfalls zwischen drei verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten unterschieden:

1) *Charakteristische Kombination* - entspricht der ständigen und vorübergehenden Bemessungssituation ohne Teilsicherheitsbeiwerte. Sie wird in der Regel für nicht umkehrbare Auswirkungen am Tragwerk verwendet.

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

2) *Häufige Kombination* - wird in der Regel für umkehrbare Auswirkungen am Tragwerk angewendet.

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} + P + \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

3) *Quasi-ständige Kombination* - wird in der Regel für Langzeitauswirkungen, wie beispielsweise dem Erscheinungsbild des Bauwerks angewendet.

$$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 2} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind die Teilsicherheitsbeiwerte unterschiedlicher Größenordnung nach DIN EN 1990 für unterschiedliche Einwirkungen zu berücksichtigen. Auf der Widerstandsseite sind die wesentlichen Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_M$  gemäß Tabelle 2 angegeben. Weitere Teilsicherheitsbeiwerte sowie Kombinationsbeiwerte sind DIN EN 1993 bzw. DIN EN 1990 zu entnehmen.

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit betragen die Teilsicherheitsbeiwerte sowohl auf der Einwirkungsseite als auch auf der Widerstandsseite 1,0 ( $\gamma_F = \gamma_M = 1,0$ ).



### Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen

Alle im Eurocode 3 festgelegten Beanspruchbarkeiten für Querschnitte und Bauteile sind aus Bauteilversuchen an Werkstoffen mit ausreichender Duktilität abgeleitet, so dass anhand der Versuchsergebnisse vereinfachte Bemessungsmodelle abgeleitet werden konnten. Die Beanspruchbarkeiten nach DIN EN 1993 dürfen nur dann verwendet werden, wenn die in Abschnitt 3 der DIN EN 1993-1-1 definierten Duktilitätsanforderungen erfüllt sind, siehe Arbeitshilfe 1.1

### Normen

- DIN EN 1990:2010-12, Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010
- DIN EN 1990/NA:2010-12, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung
- DIN EN 1991, Einwirkungen auf Tragwerke (verschiedene Teile)
- DIN EN 1993-1-1:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009
- DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- DIN EN 1993-1-4:2007-02, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-4: Allgemeine Bemessungsregeln - Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen; Deutsche Fassung EN 1993-1-4:2006
- DIN EN 1993-1-4/NA:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-4: Allgemeine Bemessungsregeln - Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen; Deutsche Fassung EN 1993-1-4:2006
- DIN EN 1993-1-9:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung; Deutsche Fassung EN 1993-1-9:2005 + AC:2009
- DIN EN 1993-1-9/NA:2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung
- DIN EN 1993-1-10:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung; Deutsche Fassung EN 1993-1-10:2005 + AC:2009
- DIN EN 1993-1-10/NA:2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung

#### Allgemeines

Die Tragwerksberechnung von stählernen Tragwerken, die aus stabförmigen Bauteilen zusammengesetzt sind, erfolgt nach den Grundsätzen und Regeln der DIN EN 1993-1-1, „Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“.

Stabförmige Bauteile können durch die drei elementaren Beanspruchungen Zug- oder Drucknormalkraft ( $N$ ), Querkraft ( $V$ ) und Biegemoment ( $M$ ) beansprucht werden, siehe **Bild 1**.

Eine reine Normalkraftbeanspruchung liegt beispielsweise in Aussteifungsverbänden, Fachwerkkonstruktionen und je nach Ausführung in Stützen vor, siehe **Bild 2**.

Eine Querkraft- und Biegebeanspruchung erfährt jedes Bauteil, das nicht ausschließlich in seiner Längsachse belastet wird, z. B. Riegel einer Hallenkonstruktion, Deckenträger im Geschossbau oder Hauptträger einer Brücke, siehe **Bild 3**.

Üblicherweise erfolgt ein Bauteilnachweis nach DIN EN 1993-1-1 indem die auf die Bauteile einwirkenden Schnittgrößen den zulässigen Grenzschnittgrößen des jeweiligen Bauteils gegenübergestellt werden. Die einwirkenden Bemessungswerte der Beanspruchungen dürfen die Bemessungswerte der Beanspruchbarkeiten im betrachteten Grenzzustand der Tragfähigkeit nicht überschreiten. Somit wird eine Einwirkung einem Widerstand gegenübergestellt, wobei der Widerstand größer oder gleich der Einwirkung sein muss:

$$\text{Einwirkung } E_d \leq \text{Widerstand } R_d.$$

#### Bauteilnachweise

Der Nachweis eines Bauteils gliedert sich in vier Schritte:

- (1) Ermittlung der Beanspruchung (Einwirkung),
- (2) Klassifizierung des Querschnitts,
- (3) Ermittlung der Beanspruchbarkeit (Widerstand),
- (4) Nachweis des Bauteils durch Gegenüberstellung von Beanspruchung (Einwirkung) und Beanspruchbarkeit (Widerstand, ggf. mit Interaktionen).

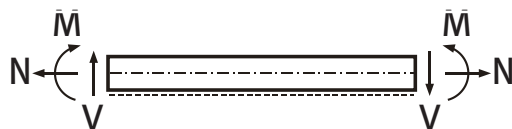


Bild 1 Elementare Beanspruchungen

#### Querschnittsklassifizierung

Um die Einflüsse aus örtlichem Beulen von druckbeanspruchten Querschnittsteilen zu berücksichtigen, werden Querschnitte in die folgenden vier Querschnittsklassen unterteilt, siehe auch **Bild 4**:

- QKL1: Querschnitte der Klasse 1 können plastische Gelenke mit ausreichendem Rotationsvermögen für plastische Bemessung ausbilden.
- QKL2: Querschnitte der Klasse 2 können die plastische Momententragfähigkeit entwickeln, haben aber aufgrund örtlichen Beulens nur eine begrenzte Rotationskapazität.
- QKL3: Querschnitte der Klasse 3 erreichen die Streckgrenze bei Druckbeanspruchung in der ungünstigsten Querschnittsfaser, können aber wegen örtlichen Ausbeulens die plastischen Reserven nicht nutzen.
- QKL4: Als Querschnitte der Klasse 4 werden alle Querschnitte eingestuft, die nicht den Klassen 1 bis 3 zugeordnet werden können. Bei diesen Querschnitten müssen Momenten- und Drucktragfähigkeit unter Berücksichtigung des örtlichen Ausbeulens bestimmt werden.

Die Einstufung eines Querschnitts erfolgt in der Regel nach der ungünstigsten Klasse eines seiner druckbeanspruchten Teile. Die Berechnung der Beanspruchbarkeiten sowie die erforderlichen Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind, in Abhängigkeit der Querschnittsklassen, in **Tabelle 1** dargestellt. Wird ein Bauteil gleichzeitig durch mehrere unterschiedliche Beanspruchungen belastet, ist für Querschnitte der Klassen 1 und 2 gegebenenfalls eine Interaktion der einzelnen Tragfähigkeiten erforderlich (z. B. Querkraft - Biegung, Querkraft - Normalkraft - Biegung). In **Bild 5** ist ein vereinfachtes Ablaufdiagramm zur Ermittlung der plastischen Tragfähigkeiten von I- und H-Profilen unter Berücksichtigung der Interaktion angegeben. Die Interaktionsregeln zur Bestimmung der abgeminderten Tragfähigkeiten können DIN EN 1993-1-1 entnommen werden.

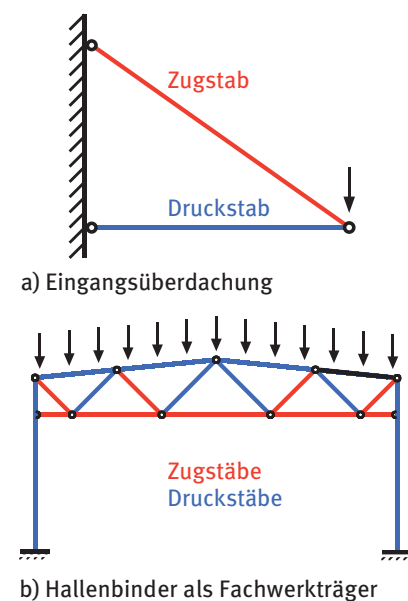
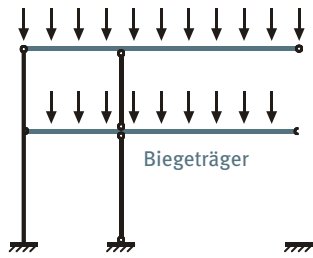
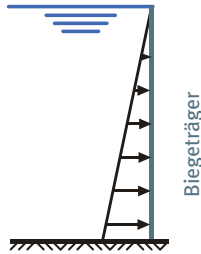


Bild 2 Normalkraftbeanspruchte Stäbe



a) Deckenträger



b) Stützwandträger

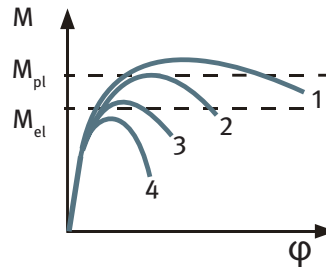
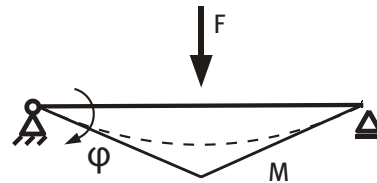


Bild 3 Biegeträger

Bild 4 Querschnittsklassifizierung

Beanspruchung	Nachweis	Beanspruchbarkeit
<p>Zug</p>	$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,0$	$N_{t,Rd} = \min \begin{cases} N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \\ N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_n \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \end{cases}$ <p>A: Querschnittsfläche                      A<sub>eff</sub>: Effektive Querschnittsfläche unter Berücksichtigung von lokalem Beulen                      A<sub>n</sub>: Nettoquerschnittsfläche unter Berücksichtigung von Lochschwächungen                      A<sub>v</sub>: Wirksame Schubfläche                      f<sub>y</sub>: Streckgrenze                      f<sub>u</sub>: Zugfestigkeit                      I: Flächenträgheitsmoment                      S: Statisches Moment                      t: Blechdicke                      V<sub>Ed</sub>: Einwirkende Querkraft                      W<sub>el</sub>: Elastisches Widerstandsmoment                      W<sub>eff</sub>: Effektives, elastisches Widerstandsmoment unter Berücksichtigung von lokalem Beulen</p>
<p>Druck (ohne Stabilität)</p>	$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0$	$N_{c,Rd} = \begin{cases} \text{QKL 1-3: } N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \\ \text{QKL 4: } N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \end{cases}$
<p>Biegung</p>	$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$	<p>QKL 1-2: <math>M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}</math>                      QKL 3: <math>M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}</math>                      QKL 4: <math>M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}}</math></p>
<p>Querkraft</p>	<p>QKL 1-2: <math>\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0</math>                      QKL 3: <math>\frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} \leq 1,0</math></p>	$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}}$ $\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot S}{I \cdot t}$ <p>W<sub>pl</sub>: Plastisches Widerstandsmoment</p>

Für Walzprofile können die Beanspruchbarkeiten  $V_{pl,Rd}$ ,  $N_{pl,Rd}$ ,  $M_{el,Rd}$  und  $M_{pl,Rd}$  aus Tabellen entnommen werden, siehe zum Beispiel „Stahlbau im Blick“ oder „Schneider Bautabellen“. Dabei sind die jeweils berücksichtigten Teilsicherheitsbeiwerte gemäß DIN EN 1993 - 1 - 1:2010 - 12 sind in Tabelle 2 dargestellt. Zur Berechnung der wirksamen Schubflächen siehe Tabelle 3.

Tabelle 1 Nachweise unter elementaren Beanspruchungen

Teilsicherheitsbeiwert	Wert	Beanspruchbarkeit von
$\gamma_{M0}$	1,0	Querschnitten (unabhängig von der Querschnittsklasse)
$\gamma_{M1}$	1,1	Bauteilen bei Stabilitätsversagen (bei Anwendung von Bauteilnachweisen)
$\gamma_{M2}$	1,25	Querschnitte bei Bruchversagen infolge von Zugbeanspruchung

Tabelle 2 Teilsicherheitswerte  $\gamma_{M}$  im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Querschnitt	$A_v$
1 Gewalzte Profile mit I- und H- Querschnitten Lastrichtung parallel zum Steg	$A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f \geq \eta \cdot h_w \cdot t_w$
2 Gewalzte Profile U- Querschnitten Lastrichtung parallel zum Steg	$A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + r) \cdot t_f$
3 Gewalzte Profile mit T- Querschnitten Lastrichtung parallel zum Steg	$0,9 \cdot (A - b \cdot t_f)$
4 Geschweißte Profile mit I- und H- und Kastenquerschnitten Lastrichtung parallel zum Steg	$\eta \cdot \Sigma (h_w \cdot t_w)$
5 Geschweißte Profile mit I- und H- und Kastenquerschnitten Lastrichtung parallel zum Flansch	$A - \Sigma (h_w \cdot t_w)$
6 Gewalzte Rechteckhohlquerschnitte mit gleichförmiger Blechdicke: Belastung parallel zur Trägerhöhe	$A \cdot h / (b + h)$
Belastung parallel zur Trägerbreite	$A \cdot b / (b + h)$
7 Rundhohlquerschnitte und Rohre mit gleichförmiger Blechdicke	$2 \cdot A / \pi$
Der Wert $\eta$ darf auf der sicheren Seite liegend zu $\eta = 1,0$ angesetzt werden	

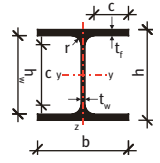


Tabella 3 Wirksame Schubfläche  $A_v$  gemäß DIN EN 1993-1-1:2010-12

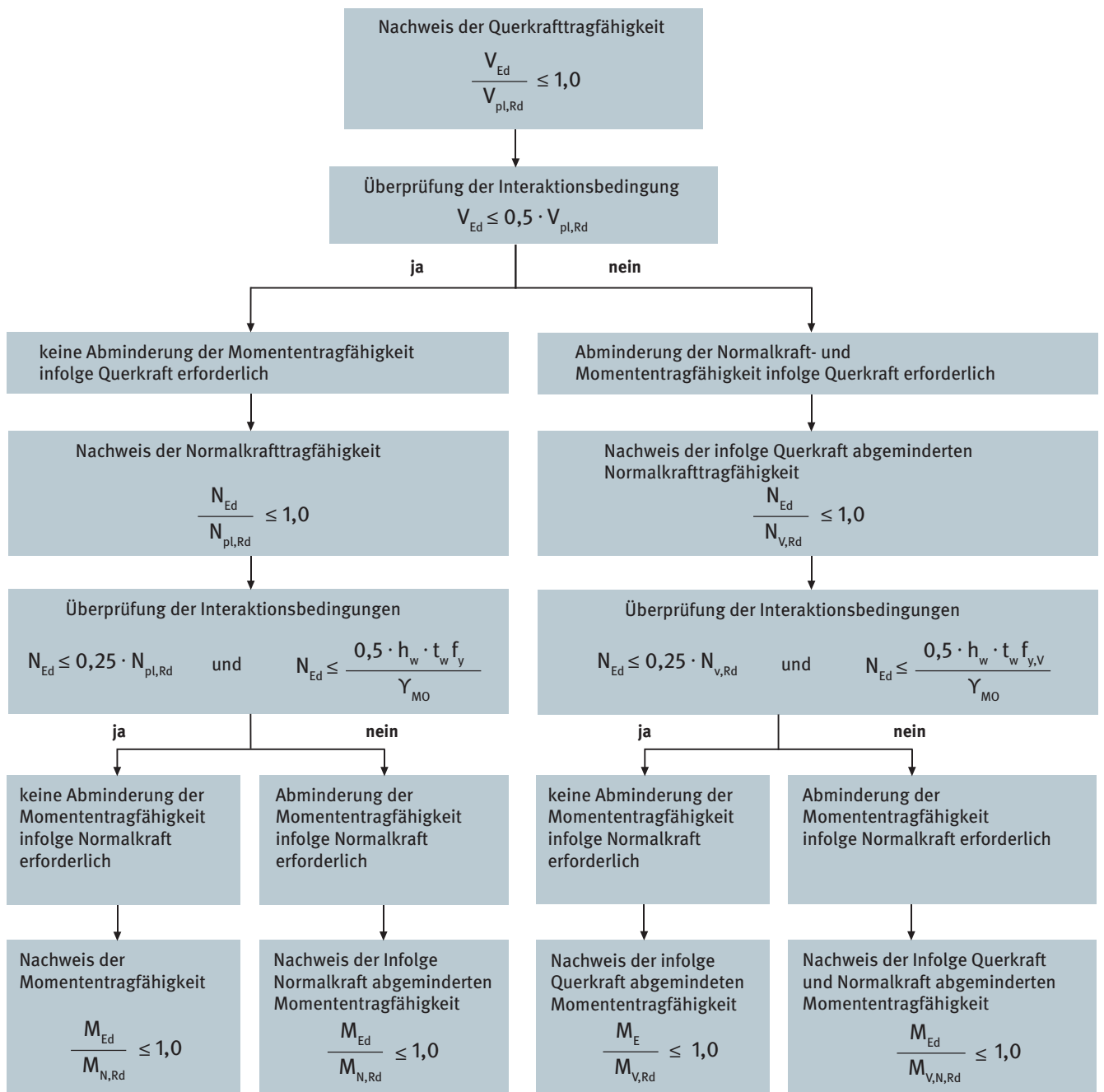


Bild 5 Vereinfachtes Ablaufdiagramm: Interaktion der vollplastischen Tragfähigkeiten von I- und H-Profilen bei gleichzeitiger Beanspruchung durch unterschiedliche Schnittgrößen

Wird ein Bauteil gleichzeitig durch mehrere unterschiedliche Beanspruchungen belastet, ist für Querschnitte der Klassen 1 und 2 gegebenenfalls eine Interaktion der einzelnen Tragfähigkeiten erforderlich (z. B. Querkraft - Biegung, Querkraft - Normalkraft - Biegung). In Bild 5 ist ein vereinfachtes Ablaufdiagramm zur Ermittlung der plastischen Tragfähigkeiten von I- und H-Profilen unter Berücksichtigung der Interaktion angegeben. Die Interaktionsregeln zur Bestimmung der abgeminderten Tragfähigkeiten können DIN EN 1993-1-1 entnommen werden.

Für Querschnitte der Klasse 3 darf das folgende Fließkriterium für den kritischen Punkt eines Querschnitts verwendet werden:

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 \leq 1,0.$$

Für Nachweise von Querschnitten der Klasse 4 unter kombinierten Beanspruchungen siehe DIN EN 1993-1-1 und DIN EN 1993-1-5.

### Stabilität

Für auf Druck beanspruchte, stabilitätsgefährdete Bauteile sind zusätzlich zu den Tragfähigkeitsnachweisen Stabilitätsnachweise zu führen (Knicken, Biegedrillknicken, Beulen). Nachweisverfahren gegen Knicken und Biegedrillknicken sind in DIN EN 1993-1-1 angegeben. Beulnachweise sind in DIN EN 1993-1-5 geregelt.

### Normen

- DIN EN 1993-1-1:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009
- DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- DIN EN 1993-1-5:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile; Deutsche Fassung EN 1993-1-5:2006 + AC:2009
- DIN EN 1993-1-5/NA:2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile

### Literatur

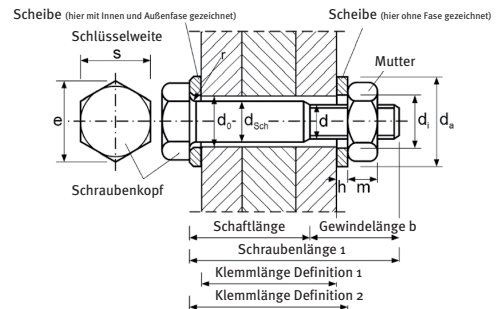
- Schneider, K.-J., Goris, A., Albert, A.: Bautabellen für Ingenieure. Mit Berechnungshinweisen und Beispielen. 19. Aufl. Köln: Werner Verlag 2010.
- Stranghöner, N.: Stahlbau im Blick. Das Handbuch für den Stahlbau. 1. Aufl. Düsseldorf: Stahlbau-Verl.-und-Service-GmbH 2010.
- Wagenknecht, G.: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3 – Band 1: Tragwerksplanung – Grundlagen, 4. vollst. überarbeitete Aufl. Berlin: Bauwerk Verlag 2011. Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung

### Allgemeines

Geschraubte Verbindungen, wie in **Bild 1** schematisch dargestellt, stellen eine klassische Verbindungstechnik im Stahlbau dar. Der Entwurf, die Berechnung und die Bemessung geschraubter Verbindungen erfolgt für vorwiegend ruhende Belastungen entsprechend DIN EN 1993-1-8.

Nicht vorwiegend ruhende Belastungen, wie sie in Brücken, Türmen, Masten, Schornsteinen und Kranbahnen vorkommen, werden bei Entwurf, Berechnung und Bemessung durch die entsprechenden Anwendungsnormen gesondert geregelt.

Die Ausführung und Kontrolle geschraubter Verbindung erfolgt in Übereinstimmung mit den Regeln nach DIN EN 1090-2, siehe **Tabelle 1**.



**Bild 1** Schematische Darstellung einer Garnitur aus Sechskantschraube, Sechskantmutter und zwei Scheiben aus [1]

### Normen für geschraubte Verbindungen im Stahlbau

Entwurf, Berechnung, Bemessung		Ausführung, Kontrolle	Produkte Garnituren für den Metallbau	
vorwiegend ruhende Belastung	nicht vorwiegend ruhende Belastung <sup>1)</sup>		nicht planmäßig vorgespannt	planmäßig vorspannbar
DIN EN 1993-1-8 DIN EN 1993-1-8/NA	DIN EN 1993-1-9 DIN EN 1993-1-9/NA	DIN EN 1090-2	DIN EN 15048-1	DIN EN 14399-1

<sup>1)</sup> Die Verwendung geschraubter Verbindungen unter nicht vorwiegend ruhender Belastung muss unter Berücksichtigung der einschlägigen Anwendungsnormen z.B. für Stahlbrücken, Türme, Maste, Schornsteine und Kranbahnen erfolgen.

**Tabelle 1** Schematische Darstellung einer Garnitur aus Sechskantschraube

Garnituren für geschraubte Verbindungen bestehen aus einer Schraube, einer Mutter und einer bzw. zwei Scheiben. Diese Komponenten einer Garnitur sind genormte Produkte nach Tabelle 2, die in der Verantwortung eines Herstellers zu Garnituren zusammengestellt werden. Schraubengarnituren, die im Stahlbau eingesetzt werden sollen, müssen die Anforderungen einer der beiden Schirm-Produktnormen DIN EN 15048-1 oder DIN EN 14399-1 erfüllen. Ausführliche Erläuterungen hierzu sind in [1] enthalten. DIN EN 15048-1 regelt die Anforderungen an Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen, die in den Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6 als deutsche Stahlbaugarnituren sowie als Standard-Metallbaugarnituren der Festigkeitsklasse 8.8

auf dem deutschen Markt verfügbar sind, siehe **Tabelle 2**. Garnituren für hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen entsprechend DIN EN 14399-1 werden als HV-Garnituren nach DIN EN 14399-4 in der Festigkeitsklasse 10.9 seit langem in Deutschland erfolgreich eingesetzt und sind daher aus Lagerbeständen verfügbar. Garnituren nach DIN EN 14399-1 dürfen auch für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen eingesetzt werden. Die CE-Kennzeichnung dieser Produkte entsprechend den Schirm-Produktnormen erlaubt die Verwendung dieser Garnituren im Stahlbau. Die Schraube und die Mutter einer Garnitur sind anhand ihrer spezifischen Kennzeichnungen vor und nach dem Einbau identifizierbar, siehe **Tabelle 2** und **Bild 2**.

Garnitur	Schrauben			Muttern			Scheiben				Anmerkung 1: Als DIN-Normen übernommene EN- und EN ISO-Normen werden ohne den Zusatz „DIN“ angegeben.	
	Schirm-Produkt-norm	Produktnorm	FK <sup>1)</sup>	Kennzeichnung <sup>4)</sup>	Produktnorm	FK <sup>2)3)</sup>	Kennzeichnung	Produktnorm	HK <sup>5)</sup>	Kennzeichnung		Kategorie
Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen für den Metallbau												
DIN EN 15048-1	DIN 7990 <sup>12)</sup>	4.6	SB	EN ISO 4034	5	SB	4 <sup>6)</sup>	DIN 7989-1	100	ohne	A D A-D	
	DIN 7969			EN ISO 4034				DIN 7989-2				
	EN ISO 4016 EN ISO 4018			EN ISO 4034				EN ISO 7091				
	DIN 7990 <sup>12)</sup>	5.6	7968 SB	EN ISO 4034	5	SB	SB	DIN 7989-1	DIN 7989-2	200 300	A D A-D	
	DIN 7968 <sup>12)</sup>			EN ISO 4034								EN ISO 7089
	EN ISO 4014 EN ISO 4017			EN ISO 4032								EN ISO 7090
	EN ISO 4014 EN ISO 4017	8.8 <sup>7)</sup>	SB	EN ISO 4032	8	SB	SB	EN ISO 7091	100	300	A D A-D	
EN ISO 10642	EN ISO 4032											DIN 34820
Garnituren für hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau												
DIN EN 14399-1	EN ISO 4014 EN ISO 4017	8.8	H... <sup>8)</sup>	EN ISO 4032	8	H... <sup>8)</sup>	DIN 34820	300	H <sup>9)</sup>	A B C D E A-D A-E B-E C-E		
	EN 14399-3			EN 14399-3							EN 14399-7	
	EN 14399-7			EN 14399-7							EN 14399-7	
	EN 14399-3	10.9	HV	EN 14399-3	10	HV	EN 14399 -6 <sup>10)</sup>	300	H <sup>9)</sup>	A B C D E A-D A-E B-E C-E		
	EN 14399-7			EN 14399-7							EN 14399-7	
	EN 14399-4			EN 14399-4							EN 14399-4	
	EN 14399-8	10.9	HVC	EN 14399-8	10	HVC	EN 14399-10	300	H <sup>9)</sup>	A B C D E A-D A-E B-E C-E		
	EN 14399-10			EN 14399-10							EN 14399-10	

**Tabelle 2** Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte und hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen im Metallbau

Geschraubte Verbindungen werden hinsichtlich ihrer Beanspruchungsart in Scher- und Zugverbindungen unterschieden, siehe **Tabellen 3** und **4**.

Scherverbindungen werden entsprechend ihrer Wirkungsweise in Scher-/Lochleibungsverbindungen (Kategorie A) und gleitfeste Verbindungen (Kategorien B und C) unterteilt. Bei Scher-/Lochleibungsverbindungen (SL-Verbindungen) erfolgt die Kraftübertragung durch Beanspruchung der Schraube auf Abscherung und durch Beanspruchung der Lochleibung zwischen Schraubenschaft bzw. -gewinde und Lochwandung. Gleitfeste Verbindungen übertragen Beanspruchungen senkrecht zur Schraubenachse durch Haftreibung in den Kontaktflächen zwischen den zu verbindenden Bauteilen. Die gleitfeste Verbindung ist daher immer als planmäßig vorgespannte Verbindung auszuführen, die über eine geeignete Kontaktflächenbehandlung verfügen muss.

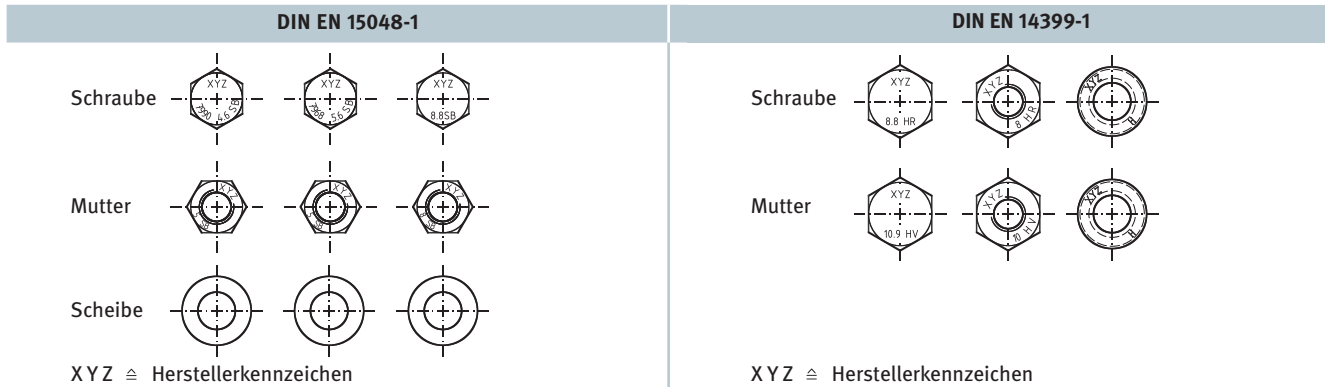
Die Beanspruchung von Zugverbindungen erfolgt in Richtung der Schraubenachse. Werden Zugverbindungen mit planmäßiger Vorspannung der Schrauben (Kategorie E) ausgeführt, sind ausschließlich hochfeste planmäßig vorspannbare Garnituren in den Festigkeitsklasse 8.8 oder 10.9 zu verwenden. Zugverbindungen ohne planmäßige Vorspannung (Kategorie D) dürfen auch mit Garnituren der Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6 ausgeführt werden. Die Kombination aus Scher- und Zugbeanspruchung von Verbindungen wird zusätzlich außerhalb der benannten Kategorien betrachtet. Der Nachweis der Tragsicherheit einer Schraubenverbindung wird unter Verwendung der Nachweiskriterien nach **Tabelle 3** geführt. Die Berechnung der unterschiedlichen Tragfähigkeiten ist in

Arbeitshilfe 2.4, **Tabellen 5** und **6** zusammengestellt, die Tragfähigkeitswerte gängiger Abmessungen und Werkstoffe finden sich in den dortigen **Tabellen 7** bis **11**.

Das Nennlochspiel  $\Delta d$  für normale runde Löcher ist nach DIN EN 1090-2 in Abhängigkeit des Nenndurchmessers der Schrauben vorgegeben. Das zulässige Nennlochspiel beträgt:

- für M12 und M14:  $\Delta d = 1 \text{ mm}$ ,
- für M16 bis M24:  $\Delta d = 2 \text{ mm}$ ,
- ab M27:  $\Delta d = 3 \text{ mm}$ .

Das Nennlochspiel darf bei Nenndurchmessern M12 und M14 unter den Bedingungen von DIN EN 1993-1-8 auf 2 mm vergrößert werden. Bei Passschrauben haben nach DIN EN 1090-2 Schraubenloch und -schaft einen identischen Nenndurchmesser (Nennlochspiel  $\Delta d = 0$ ). Der Einbau von Passschrauben wird über die vorgegebene Toleranzklasse für das Loch der Passschraube gewährleistet. Die Bestellung von Garnituren für den Metallbau erfolgt unter Verweis auf die Schirm-Produktnorm sowie unter Angabe der Liefermenge, der Produktbezeichnung und im Falle hochfester vorspannbarer Garnituren unter Festlegung der k-Klasse. Sonstige Anforderungen dürfen zwischen Lieferanten und Käufer vereinbart werden. Beispiele von Bestellangaben sind in **Tabelle 5** zusammengestellt. Bezüglich der Klemmlängendefinition ist zu beachten, dass für HV-Garnituren - auch für nicht planmäßig vorgespannte Verbindungen - die geänderte Klemmlängendefinition **2** gemäß **Bild 1** gilt, nach der die Klemmlänge als Dicke des zu klemmenden Bauteilpakets einschließlich der beiden Scheiben, also als lichter Abstand zwischen Kopf und Mutter definiert ist.



**Bild 2** Kennzeichnung von Garnituren

Kategorie	Ausführungsform	FK	Vorspannung	Oberflächenbehandlung <sup>4)</sup>	Nachweiskriterium <sup>1)</sup>	
A	Scher - / Lochleibungs - verbindung	4.6 5.6 8.8 <sup>2)</sup> 10.9 <sup>2)</sup>	handfest angezogen <sup>3)</sup>	keine besondere erforderlich	$F_{v,Rd} \leq \begin{cases} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{cases}$	<sup>1)</sup> Die Berechnung der Tragfähigkeiten $F_{Rd}$ unter vorwiegend ruhender Belastung erfolgt nach Arbeitshilfe 2.4, Tabelle 5. <sup>2)</sup> Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 dürfen als Qualitätssicherungsmaßnahme nach den Regeln von DIN EN 1090-2 oder DIN EN 1993-1-8/NA vorgespannt werden. <sup>3)</sup> Empfehlungen für „Handfest“-Anziehmomente enthalten Arbeitshilfe 2.4 und [1]. <sup>4)</sup> Oberflächenbehandlung zur Sicherstellung des Tragverhaltens und der rechnerischen Tragfähigkeiten. Nicht berücksichtigt ist die Oberflächenbehandlung für den Schutz vor Korrosion. <sup>5)</sup> Für vorgespannte Verbindungen müssen Vorspannkraftverluste durch Setzen und/oder Kriechen vermieden oder berücksichtigt werden. Für die Oberflächenbehandlung, z. B. als Korrosionsschutz, gelten daher für die durch die vorgespannten Schrauben beanspruchten Oberflächen besondere Anforderungen an die Eigenschaften der Beschichtung, insbesondere an die Trockenschichtdicke.
B		8.8 10.9	planmäßig vorgespannt auf Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ nach DIN EN 1090-2	nach DIN EN 1090-2, Tab. 18 und Anhang F.4	$F_{v,Ed,ser} \leq F_{v,Ed,ser}$ $F_{v,Ed} \leq \begin{cases} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{cases}$	
C		8.8 10.9	planmäßig vorgespannt auf Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ nach DIN EN 1090-2		$F_{v,Ed} \leq \begin{cases} F_{s,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{cases}$ $\sum F_{v,Ed} \leq N_{net,Rd}$	
D	Zugverbindungen	4.6 5.6 8.8 <sup>2)</sup> 10.9 <sup>2)</sup>	handfest angezogen <sup>3)</sup>	keine besondere erforderlich		
E		8.8 10.9	planmäßig vorgespannt auf Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ nach DIN EN 1090-2 nicht voll vorgespannt auf Regelvorspannkraft $F_{p,C}^*$ nach DIN EN 1993-1-8/NA	nach DIN EN 1090-2, Anhang F.4 <sup>5)</sup>	$F_{t,Ed} \leq \begin{cases} F_{t,Rd} \\ B_{p,Rd} \end{cases}$	

**Tabelle 3** Kategorien und Nachweiskriterien von Schraubenverbindungen nach DIN EN 1993-1-8

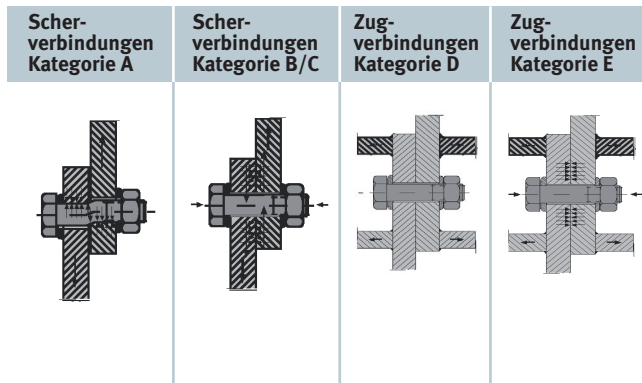


Tabelle 4 Wirkungweisen der Ausführungen

**Normen zur Arbeitshilfe 2.3 Geschraubte Verbindungen - Allgemeines**

- DIN EN 1090-2:2008-12, Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2008
- DIN EN 1993-1-8:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009
- DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen
- DIN EN 14399-1:2006-06, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 14399-1:2005
- DIN EN 15048-1:2007-07, Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 15048-1:2007

**Produktnormen nach Tabelle 2:**

- DIN 434:2000-04, Scheiben, vierkant, keilförmig für U-Träger
- DIN 435:2000-01, Scheiben, vierkant, keilförmig für I-Träger
- DIN 6917:1989-10, Scheiben, vierkant, keilförmig für HV-Schrauben an I-Profilen in Stahlkonstruktionen
- DIN 6918:1990-04, Scheiben, vierkant, keilförmig für HV-Schrauben an U-Profilen in Stahlkonstruktionen
- DIN 7968:2007-07, Sechskant-Passschrauben mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen
- DIN 7969:2007-10, Senkschrauben mit Schlitz mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen
- DIN 7990:2008-04, Sechskantschrauben mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen
- DIN 34820:2004-05, Flache Scheiben mit Fasen für den Stahlbau
- DIN 7989-1:2001-04, Scheiben für Stahlkonstruktionen – Teil 1: Produktklasse C
- DIN 7989-2:2001-04, Scheiben für Stahlkonstruktionen – Teil 2: Produktklasse A
- DIN EN 14399-3:2006-06, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 3: System HR – Garnituren aus Sechskantschrauben und -muttern; Deutsche Fassung EN 14399-3:2005
- DIN EN 14399-4:2006-06, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 4: System HV – Garnituren aus Sechskantschrauben und -muttern; Deutsche Fassung EN 14399-4:2005
- DIN EN 14399-5:2006-06, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 5: Flache Scheiben; Deutsche Fassung EN 14399-5:2005 + AC:2006
- DIN EN 14399-6:2006-06, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 6: Flache Scheiben mit Fase; Deutsche Fassung EN 14399-6:2005 + AC:2006
- DIN EN 14399-7:2008-03, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 7: System HR – Garnituren aus Senkschrauben und Muttern; Deutsche Fassung EN 14399-7:2007
- DIN EN 14399-8:2008-03, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 8: System HV – Garnituren aus Sechskant-Passschrauben und Muttern; Deutsche Fassung EN 14399-8:2007
- DIN EN 14399-10:2009-07, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 10: System HRC – Garnituren aus Schrauben und Muttern mit kalibrierter Vorspannung; Deutsche Fassung EN 14399-10:2009

Sohnstraße 65 | 40237 Düsseldorf | Postfach 10 48 42 | Düsseldorf  
T: +49(0)211.6707.828 | F: +49(0)211.6707.829 | zentrale@bauforumstahl.de | www.bauforumstahl.de

<b>EN 15048-1</b>	Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindung
100 Schrauben	ISO 4014 – M20 × 75 – 8.8 – tZn
100 Muttern	ISO 4032 – M20 – 8Z – tZn
100 Scheiben	ISO 7091 – 20 – 100 HV – tZn
<b>EN 15048-1</b>	Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindung
150 Schrauben	ISO 4017 – M12 × 60 – 8.8U – tZn
150 Muttern	ISO 4032 – M12 – 8 – tZn
300 Scheiben	ISO 7089 – 12 – 300 HV – tZn
<b>EN 14399-1</b>	Schraubengarnituren zum Vorspannen
100 Garnituren Schraube/Mutter	EN 14399 -4 – M16 × 80 – 10.9/10 – HV
200 Scheiben	EN 14399 -6 – 16
	k-Klasse: K1
<b>EN 14399-1</b>	Schraubengarnituren zum Vorspannen
150 Schrauben	EN 14399 -4 – M20 × 90 – 10.9 – HV – tZn
150 Muttern	EN 14399 -4 – M20 – 10 – HV – tZn
300 Scheiben	EN 14399 -6 – 20 – tZn
	k-Klasse: K1

Tabelle 5 Beispiele von Bestellangaben

- DIN EN ISO 4014:2011-06, Sechskantschrauben mit Schaft – Produktklassen A und B (ISO 4014:2011); Deutsche Fassung EN ISO 4014:2011
- DIN EN ISO 4016:2011-06, Sechskantschrauben mit Schaft – Produktklasse C (ISO 4016:2011); Deutsche Fassung EN ISO 4016:2011
- DIN EN ISO 4017:2011-07, Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf – Produktklassen A und B (ISO 4017:2011); Deutsche Fassung EN ISO 4017:2011
- DIN EN ISO 4018:2011-07, Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf – Produktklasse C (ISO 4018:2011); Deutsche Fassung EN ISO 4018:2011
- DIN EN ISO 4032:2001-03, Sechskantmutter, Typ 1 - Produktklassen A und B (ISO 4032:1999); Deutsche Fassung EN ISO 4032:2000
- DIN EN ISO 4034:2001-03, Sechskantmuttern - Produktklasse C (ISO 4034:1999); Deutsche Fassung EN ISO 4034:2000
- DIN EN ISO 7089:2000-11, Flache Scheiben - Normale Reihe, Produktklasse A (ISO 7089:2000); Deutsche Fassung EN ISO 7089:2000
- DIN EN ISO 7090:2000-11, Flache Scheiben mit Fase - Normale Reihe, Produktklasse A (ISO 7090:2000); Deutsche Fassung EN ISO 7090:2000
- DIN EN ISO 7091:2000-11, Flache Scheiben - Normale Reihe, Produktklasse C (ISO 7091:2000); Deutsche Fassung EN ISO 7091:2000
- DIN EN ISO 10642:2004-06, Senkschrauben mit Innensechskant (ISO 10642:2004); Deutsche Fassung EN ISO 10642:2004

**Literatur zur Arbeitshilfe 2.3 Geschraubte Verbindungen - Allgemeines:**

- [1] Schmidt, H., Stranghöner, N., Ausführung geschraubter Verbindungen nach DIN EN 1090-2, in: Stahlbau-Kalender 2011, Hrsg.: Kuhlmann, U., Verlag: Ernst & Sohn & Co. KG, Berlin, 2011.
- [2] Ungermaier, D., Schneider, S., Stahlbaunormen – DIN EN 1993-1-8: Bemessung von Anschlüssen, in: Stahlbau-Kalender 2011, Hrsg.: Kuhlmann, U., Verlag: Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, Berlin, 2011.
- [3] Hasselmann, U., Valtinat, G., Geschraubte Verbindungen, in: Stahlbau-Kalender 2002, Hrsg.: Kuhlmann, U., Verlag: Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, Berlin, 2002.
- [4] Kindmann, R., Stracke, M., Verbindungen im Stahl- und Verbundbau, 2. Auflage. Berlin: Ernst und Sohn 2009.
- [5] Wiegand, H., Kloos, K. H., Thomala, W., Schraubenverbindungen - Grundlagen, Berechnung, Eigenschaften, Handhabung; 5. Auflage. Berlin: Springer

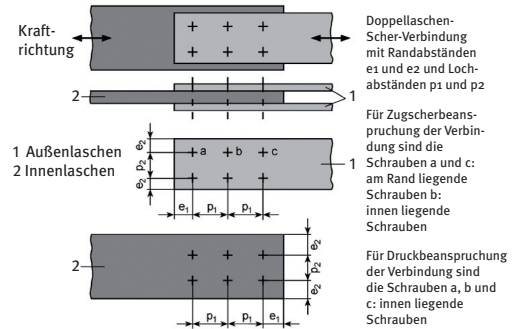


Tragfähigkeiten und Nachweiskriterien für kombinierte Beanspruchung	Kategorie
<p><b>Abschertragfähigkeit je Scherfuge</b></p> $F_{v,Rd} = \alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A \cdot (S) / \gamma_{M2}$ <p>mit - Gewinde (<math>A_s</math>) in der Scherfuge:</p> <p><math>\alpha_V = 0,6</math> für FK 4.6, 5.6, 8.8</p> <p><math>\alpha_V = 0,5</math> für FK 10.9</p> <p>- Schaft (A) in der Scherfuge:</p> <p><math>\alpha_V = 0,6</math></p>	A B
<p><b>Lochleibungstragfähigkeit (<math>t \geq 3 \text{ mm}</math>)</b></p> $F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$ <p>mit <math>\alpha_b = \min \{ \alpha_d   f_{ub} / f_u   1,0 \}</math> sowie <math>\alpha_d</math> und <math>k_1</math></p> <p>Für einschnittige Anschlüsse mit nur einer Schraubenreihe gilt:</p> $F_{b,Rd} \leq 1,5 \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$	A B
<p><b>Zugtragfähigkeit</b></p> $F_{t,Rd} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M2}$ <p>mit <math>k_2 = 0,63</math> für Senkschrauben</p> <p><math>k_2 = 0,9</math> für übrige Schrauben</p>	D E
<p><b>Durchstanzwiderstand</b></p> $B_{p,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u / \gamma_{M2}$	D E
<p><b>Kombination von Scher-/Lochleibung und Zug</b></p> $\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1,0$	A - D A - E B - E
<p><b>Gleitwiderstand</b></p> $F_{s,Rd,ser} = k_s \cdot n \cdot \mu \cdot F_{p,c} / \gamma_{M3,ser}$ $F_{s,Rd} = k_s \cdot n \cdot \mu \cdot F_{p,c} / \gamma_{M3}$ <p>mit <math>F_{p,c} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s</math></p>	B C
<p><b>Gleitwiderstand bei kombinierter Scher- und Zugbeanspruchung</b></p> $F_{s,Rd,ser} = k_s \cdot n \cdot \mu \cdot (F_{p,c} - 0,8 \cdot F_{t,Ed,ser}) / \gamma_{M3,ser}$ $F_{s,Rd} = k_s \cdot n \cdot \mu \cdot (F_{p,c} - 0,8 \cdot F_{t,Ed}) / \gamma_{M3,ser}$	Kategorie B - E Kategorie C - E
<p><b>Formelzeichen</b></p> <p>d Schraubendurchmesser</p> <p><math>d_{sch}</math> Schaftdurchmesser</p> <p><math>d_o</math> Lochdurchmesser</p> <p><math>d_m</math> Mittelwert aus Eckmaß und Schlüsselweite</p> <p><math>e_1</math> Randabstand in Krafrichtung</p> <p><math>e_2</math> Randabstand quer zur Krafrichtung</p> <p><math>f_u</math> Zugfestigkeit der Bleche</p> <p><math>f_{ub}</math> Zugfestigkeit der Schraube</p> <p>n Anzahl der Reibflächen</p> <p><math>p_1</math> Lochabstand in Krafrichtung</p> <p><math>p_2</math> Lochabstand quer zur Krafrichtung</p> <p><math>t_p</math> Blechdicke</p> <p>A Schaftquerschnittsfläche</p> <p><math>A_s</math> Spannungsquerschnittsfläche</p> <p><math>\mu</math> Reibbeiwert</p> <p>Teilsicherheitsbeiwerte:</p> <p><math>\gamma_{M2} = 1,25</math> <math>\gamma_{M3,ser} = 1,1</math> <math>\gamma_{M3} = 1,25</math></p>	

**Tabelle 5** Tragfähigkeiten von Schraubenverbindungen entsprechend DIN EN 1993-1-8

Abstände	am Rand liegender Schrauben	innen liegender Schrauben
in Krafrichtung $\alpha_d$	$\frac{e_1}{3 \cdot d_o}$	$\frac{p_1}{3 \cdot d_o} - \frac{1}{4}$
quer zur Krafrichtung $k_1$	$\min \left\{ \begin{array}{l} 2,8 \cdot e_2 / d_o - 1,7 \\ 1,4 \cdot p_2 / d_o - 1,7 \\ 2,5 \end{array} \right.$	$\min \left\{ \begin{array}{l} 1,4 \cdot p_2 / d_o - 1,7 \\ 2,5 \end{array} \right.$

**Tabelle 6** Beiwerte der Lochleibungstragfähigkeit



**Bild 3** Doppellaschen-Scher-Verbindung mit Rand- und Lochabständen

	Blechedicke $t = 10 \text{ mm}$		Baustahl S235		Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd}$ [kN]							
	Randabstand	Lochabstand	$e_2 \geq 1,5 d_o$	$p_2 \geq 3,0 d_o$	Gewinde							
					M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
Minimaler Abstand	Randabstand	$e_1 = 1,2 d_o$	SL <sup>1)</sup>	SLP <sup>2)</sup>	34,6	46,1	57,6	63,4	69,1	77,8	86,4	104
	Lochabstand	$p_1 = 2,2 d_o$	SL <sup>1)</sup>	SLP <sup>2)</sup>	37,4	49,0	60,5	66,2	72,0	80,6	89,3	107
Maximal nutzbarer Abstand	Randabstand	$e_1 = 3,0 d_o$	SL <sup>1)</sup>	SLP <sup>2)</sup>	41,8	55,7	69,6	76,6	83,5	94,0	104	125
	Lochabstand	$p_1 = 3,75 d_o$	SL <sup>1)</sup>	SLP <sup>2)</sup>	45,2	59,2	73,1	80,0	87,0	97,4	108	129
					86,4	115	144	158	173	194	216	259
					93,6	122	151	166	180	202	223	266
Nennlochspiel $\Delta d$ [mm] für normale runde Löcher <sup>3)</sup>					1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0

Anmerkung 1: Bei einem Randabstand senkrecht zur Krafrichtung von  $e_2 = 1,2 d_o$  und bei einem Lochabstand senkrecht zur Krafrichtung von  $e_3 = 2,4 d_o$  müssen die Tafelwerte mit  $2/3$  multipliziert werden.

Anmerkung 2: Für Baustahl S<sub>235</sub> dürfen die Tafelwerte mit wenigstens 1,31 multipliziert werden.

Anmerkung 3: Zwischenwerte für die Randabstände  $e_1$  und Lochabstände  $p_1$  dürfen linear interpoliert werden.

<sup>1)</sup> SL = Scher-/Lochleibungsverbindung mit rohen Schrauben ( $d_{sch} = d$ )

<sup>2)</sup> SLP = Scher-/Lochleibungsverbindung mit Passschrauben ( $d_{sch} = d + 1 \text{ mm}$ )

<sup>3)</sup> Nach DIN EN 1090-2, Tabelle 11. ( $\Delta d = d_o - d$ )

**Tabelle 7** Bemessungswerte der Lochleibungstragfähigkeit  $F_{b,Rd}$  für eine Blechedicke von  $t = 10 \text{ mm}$  aus Baustahl S235 für einen Randabstand senkrecht zur Krafrichtung  $e_2 \geq 1,5 d_o$  und einen Lochabstand senkrecht zur Krafrichtung  $p_2 \geq 3,0 d_o$

Lage der Scherfuge im	Festigkeitsklasse	Abschertragfähigkeit $F_{v,Rd}$ [kN] je Scherfuge							
		Gewinde							
		M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
Gewinde der Schraube (SL-Verbindung)	4.6	16,2	30,1	47,0	58,3	67,7	88,2	108	157
	5.6	20,2	37,6	58,8	72,8	84,6	110	135	196
	8.8	32,4	60,2	94,0	117	135	176	215	314
	10.9	33,7	62,7	97,9	121	141	184	224	327
Schaft der rohen Schraube (SL-Verbindung)	4.6	21,7	38,6	60,3	73,0	86,9	110	136	195
	5.6	27,1	48,3	75,4	91,2	109	137	170	244
	8.8	43,4	77,2	121	146	174	220	271	391
	10.9	54,3	96,5	151	182	217	275	339	489
Schaft der Passschraube (SLP-Verbindung)	5.6	31,9	54,5	83,1	99,7	118	148	181	258
	10.9	63,7	109	166	199	236	296	362	516
Schaftquerschnitt A [mm <sup>2</sup> ]	SL	113	201	314	380	452	573	707	1018
	SLP	133	227	346	415	491	616	755	1075
Spannungsquerschnitt AS [mm <sup>2</sup> ]		84,3	157	245	303	352	459	561	817

**Tabelle 8** Bemessungswerte der Abschertragfähigkeit  $F_{v,Rd}$  je Schraube und je Scherfuge

Festigkeitsklasse	Zugtragfähigkeit $F_{t,Rd}$ [kN] (nicht für Senkschrauben)							
	Gewinde							
	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
4.6	24,3	45,1	70,5	87,4	102	132	161	235
5.6	30,3	56,4	88,1	109	127	165	202	294
8.8	48,5	90,2	141	175	203	265	323	470
10.9	60,7	113	176	218	254	331	404	588
Spannungsquerschnitt AS [mm <sup>2</sup> ]	84,3	157	245	303	352	459	561	817

**Tabelle 9** Bemessungswerte der Zugtragfähigkeit  $F_{t,Rd}$  einer Schraube

Schlüsselweite	Werkstoff mit t = 10 mm	Zugfestigkeit f <sub>u</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Durchstanzwiderstand B <sub>p,Rd</sub> [kN]								
			Gewinde								
			M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36	
Normal	S235	360	102	134	169	191	202	231	260	311	
	S275	430	121	160	201	228	242	276	311	372	
	S355	490	138	182	229	260	275	315	354	423	
Groß	S235	360	122	151	179	202	231	260	283	340	
	S275	430	146	181	214	242	276	311	338	406	
	S355	490	167	206	244	275	315	354	386	463	
Produktnorm											
			Sechskantschraube				Sechskantmutter				
Schlüsselweite	Normal	DIN 7968; 7990 DIN EN ISO 4014; 4016; 4017; 4018				DIN EN ISO 4032; 4033; 4034					
	Groß	DIN EN 1439 9-3; -4; -8									

**Tabelle 10** Bemessungswerte des Durchstanzwiderstandes B<sub>p,Rd</sub> einer Schraube

Kategorie	Grenz-zustand	Festigkeits-klasse	Gleitwiderstände F <sub>s,Rd,ser</sub> und F <sub>s,Rd</sub> [kN]								
			Gewinde								
			M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36	
B	Gebrauchs-tauglichkeit	8.8	21,4	39,9	62,3	77,2	89,7	117	143	208	
		10.9	26,8	49,8	77,9	96,5	112	146	178	260	
C	Tragfähigkeit	8.8	18,9	35,1	54,8	68,0	79,0	103	126	183	
		10.9	23,6	43,9	68,5	85,0	98,7	129	157	229	
Vorspannkraft F <sub>p,C</sub> [kN]		8.8	47,2	87,7	137	170	197	257	314	457	
		10.9	59,0	110	171	212	247	322	392	572	

**Tabelle 11** Bemessungswerte des Gleitwiderstandes F<sub>s,Rd,ser</sub> im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit und F<sub>s,Rd</sub> im Grenzzustand der Tragfähigkeit je Schraube mit normalem Lochspiel und je Reiboberfläche für Gleitflächenklasse A (μ = 0,5)

**Normen zur Arbeitshilfe 2.4 Tragfähigkeiten nach DIN EN 1993-1-8:**

- DIN EN 1090-2:2008-12, Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2008
- DIN EN 1993-1-8:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009
- DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen

**Literatur zur Arbeitshilfe 2.4 Tragfähigkeiten nach DIN EN 1993-1-8:**

- [1] Schmidt, H., Stranghöner, N., Ausführung geschraubter Verbindungen nach DIN EN 1090-2, in: Stahlbau-Kalender 2011, Hrsg.: Kuhlmann, U., Verlag: Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, Berlin, 2011.
- [2] Ungermann, D., Schneider, S., Stahlbaunormen – DIN EN 1993-1-8: Bemessung von Anschlüssen, in: Stahlbau-Kalender 2011, Hrsg.: Kuhlmann, U., Verlag: Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, Berlin, 2011.
- [3] Hasselmann, U., Valtinat, G., Geschraubte Verbindungen, in: Stahlbau-Kalender 2002, Hrsg.: Kuhlmann, U., Verlag: Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, Berlin, 2002.
- [4] Kindmann, R., Stracke, M., Verbindungen im Stahl- und Verbundbau, 2. Auflage. Berlin: Ernst und Sohn 2009.
- [5] Wiegand, H., Kloos, K. H., Thomala, W., Schraubenverbindungen - Grundlagen, Berechnung, Eigenschaften, Handhabung; 5. Auflage. Berlin: Springer Verlag 2007.

### Schweißverfahren

Das Schweißen ist ein Vorgang, bei dem Werkstoffe unter Verwendung von Wärmeenergie und/oder Druck derart verbunden werden, dass sich ein kontinuierlicher innerer Aufbau der Werkstoffe ergibt. Man unterscheidet Schmelz- und Pressschweißverfahren. Im konstruktiven Stahlbau sind die Schmelzschweißverfahren weit verbreitet, insbesondere das Lichtbogenschweißen. Ihnen gemeinsam ist die Verwendung des Lichtbogens als Energiequelle, der zwischen zwei elektrischen Polen entsteht. Der Lichtbogen brennt zwischen der Elektrode am Handstück des Schweißgerätes und dem Werkstoff und schmilzt den Grundwerkstoff sowie einen gegebenenfalls zugeführten Schweißzusatz auf. Der Lichtbogen und das Schmelzbad müssen gegen die Atmosphäre geschützt werden, um die Aufnahme von Luftstickstoff und Luftsauerstoff zu verhindern. Dazu werden beim Lichtbogenhandschweißen (E-Hand) gasbildende Elektrodenumhüllungen und beim Metall- oder Wolframschutzgasschweißen aus einer Düse am Handstück austretende Schutzgase verwendet.

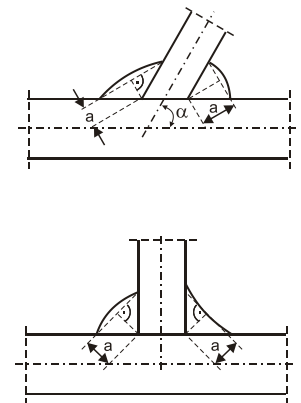
Die Schutzgasglocke kann schon bei geringem Luftzug zerblasen werden, was insbesondere bei Baustellenschweißungen beachtet werden muss. Das Schutzgas kann aktiv sein, z. B. beim Metall-Aktiv-Gas-Schweißen (MAG) oder inert (reaktionsträge), z. B. beim Metall-Inert-Gas-Schweißen (MIG) oder beim Wolfram-Inert-Gas-Schweißen (WIG). Zum Schweißen der unlegierten oder niedriglegierten Baustähle wird in der Regel aktives Schutzgas eingesetzt. Dieses kann beispielsweise reines Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) sein.

### Übliche Schweißnahtarten und -ausführungen

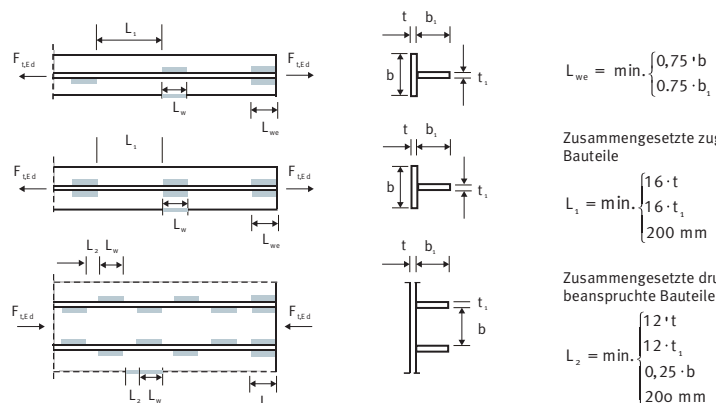
Übliche Schweißnahtarten im konstruktiven Stahlbau können **Bild 1** entnommen werden. Schweißnähte können prinzipiell über ihre Länge durchgehend oder unterbrochen hergestellt werden. Unterbrochen geschweißte Kehlnähte sollten allerdings bei Korrosionsgefährdung nicht zur Anwendung kommen. Unterbrochen geschweißte Stumpfnahte sind in der Regel zu vermeiden. Für die unverschweißten Spatllängen L<sub>1</sub> oder L<sub>2</sub> zwischen den einzelnen Schweißabschnitten L<sub>w</sub> einer unterbrochen geschweißten Kehlnaht gelten die in **Bild 2** dargestellten Anforderungen. Die wirksame Nahtdicke sollte im konstruktiven Stahlbau a ≥ 3 mm betragen. Die Definition der Kehlnahtdicke a ist in **Bild 3** dargestellt.

Schweißnahtart	Art der Verbindung		
	Stumpfstoß	T-Stoß	Überlappter Stoß
Kehlnaht			
durchgeschweißte Naht	V-Naht	HV-Naht	
	Doppel V-Naht	Doppel HV-Naht	
	U-Naht	J-Naht	
	Doppel U-Naht	Doppel J-Naht	
nicht durchgeschweißte Naht	Doppel Y-Naht	Doppel HY-Naht	
	Doppel U-Naht		

**Bild 1** Im Stahlbau übliche Schweißnähte



**Bild 3** Definition der Kehlnahtdicke a



**Bild 2** Nicht durchgeschweißte Nähte

**Tragfähigkeit von Schweißnähten**

**Kehlnähte**

Die Tragfähigkeit von Schweißnähten ist nach DIN EN 1993-1-8 nachzuweisen. Die Regelungen der DIN EN 1993-1-8 zu Schweißverbindungen beziehen sich auf schweißbare Baustähle, die den Anforderungen nach DIN EN 1993-1-1 entsprechen und Erzeugnisdicken von 4 mm oder mehr aufweisen. Für Schweißnähte bei dünneren Erzeugnisdicken gilt DIN EN 1993-1-3. Zu Schweißnähten von Hohlprofilen mit Blechdicken von 2,5 mm und mehr siehe Abschnitt 7 der DIN EN 1993-1-8. DIN EN 1993-1-8 stellt für den Tragfähigkeitsnachweis von Kehlnähten zwei Verfahren zur Verfügung: das Richtungsbezogene Verfahren und das Vereinfachte Verfahren. Nach dem Vereinfachten Verfahren darf die Tragfähigkeit als ausreichend angenommen werden, wenn an jedem Punkt der Kehlnaht die Resultierende aller einwirkenden Kräfte pro Längeneinheit der Schweißnaht  $F_{w,Ed}$  die Beanspruchbarkeit  $F_{w,Rd}$  nicht überschreitet, siehe auch **Bild 4**:

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}$$

Normen und Stahlsorte			Korrelationsbeiwerte $\beta$
DIN EN 10025	DIN EN 10210	DIN EN 10219	
S235 S235W	S235H	S235H	0,8
S275 S275N/NL S275M/ML	S275H S275NH/NLH	S275H S275NH/NLH S275MH/MLH	0,85
S355 S355N/NL S355M/ML S355W	S355H S355NH/NLH	S355H S355NH/NLH S355MH/MLH	0,9
S420N/NL S420M/ML		S420MH/MLH	0,88
S460N/NL S460M/ML S460Q/QL/QL1	S460NH/NLH	S460NH/NLH S460MH/MLH	0,85

Tabelle 1 Korrelationsbeiwerte  $\beta$

Stahlsorte	Nahtdicke a [mm]								
	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	
S 235	6,2	8,3	10,4	12,5	14,5	16,6	18,7	20,8	
S 275	7,0	9,3	11,7	14,0	16,4	18,7	21,0	23,4	
S 355	7,9	10,5	13,1	15,7	18,3	20,9	23,6	26,2	
S 420	7,2	9,6	12,0	14,4	16,8	19,2	21,6	24,0	
S 460	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,4	24,9	

Anmerkung: Die angegebenen Grenzkraften gelten für eine Zugfestigkeit für Blechdicken  $t \leq 40$  mm.

Tabelle 2 Grenzkraften  $F_{w,Rd}$  in [kN/cm] einer Kehlnaht

mit

$F_{w,Ed}$  Bemessungswert der auf die wirksame Kehlnahtfläche einwirkenden Kräfte je Längeneinheit,

$F_{w,Rd}$  Bemessungswert der Tragfähigkeit der Schweißnaht je Längeneinheit; sie ist unabhängig von der Orientierung der wirksamen Kehlnahtfläche zur einwirkenden Kraft und ergibt sich wie folgt:

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a$$

mit

$f_{vw,d}$  Bemessungswert der Scherfestigkeit der Schweißnaht:

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$f_u$  Zugfestigkeit des schwächeren der angeschlossenen Bauteile,

$\beta_w$  Korrelationsbeiwert zur Berücksichtigung der Stahlsorte, siehe Tabelle 1,

$\gamma_{M2}$  = 1,25, Teilsicherheitsbeiwert für Nachweis gegen Bruchversagen.

Bei der Ermittlung der Tragfähigkeit unterbrochen geschweißter Schweißnähte unter Verwendung der Gesamtlänge  $l_{tot}$  ist die Scherkraft für die Schweißnaht je Längeneinheit  $F_{w,Ed}$  mit Beiwert  $(e+l)/l$  zu vergrößern, siehe **Bild 5**.

**Stumpfnähte**

Die Tragfähigkeit von durchgeschweißten Stumpfnähten ist in der Regel mit der Tragfähigkeit des schwächeren der verbundenen Bauteile gleichzusetzen. Dies trifft zu, wenn die Schweißnaht mit Schweißzusätzen ausgeführt wird, die entsprechend Schweißgutprüfungen Mindestwerte der Streckgrenze und der Zugfestigkeit aufweisen, die nicht geringer sind als die für den Grundwerkstoff. Die Tragfähigkeit von nicht durchgeschweißten Stumpfnähten ist in der Regel wie für Kehlnähte mit tiefem Einbrand zu ermitteln, siehe hierzu Abschnitt 4.5.2(3) der DIN EN 1993-1-8. Weitere Angaben zu nicht durchgeschweißten Stumpfnähten und T-Stößen sind Abschnitt 4.7 der DIN EN 1993-1-8 zu entnehmen.

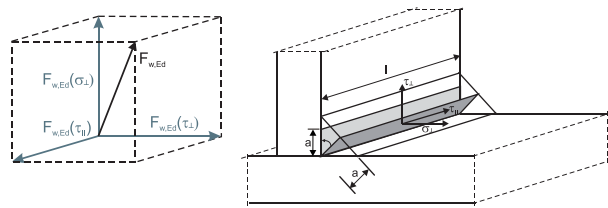


Bild 4 Spannungen im wirksamen Kehlnahtquerschnitt beim Vereinfachten Verfahren

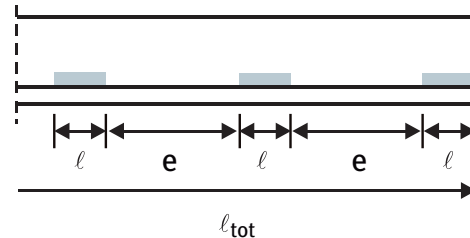


Bild 5 Definition der Kerngrößen zur Ermittlung des Beiwertes  $(e+l)/l$  bei nicht durchgeschweißten Nähten

**Normen**

- DIN EN 1993-1-1:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009
- DIN EN 1993-1-8:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009

### Allgemeines

Wenn biegesteife Stahlprofile und Stahlbetonteile so miteinander im Verbund stehen, dass sie statisch zusammenwirken, wird von Verbundbauweise gesprochen. Bei dieser Bauweise wird angestrebt, Material und Beanspruchung optimal einander zuzuordnen und zugleich die bauphysikalischen Erfordernisse im Verbundquerschnitt zu berücksichtigen.

Die Vorteile des Stahlbaus wie

- weitgehende Vorfertigung im Werk, anschließend schnelle und trockene Montage auf der Baustelle,
- hochentwickelte Stahlbau-Verbindungstechnik,
- hohe Tragfähigkeit bei geringem Gewicht,
- Flexibilität bei nachträglichen Einbauten und Veränderungen,
- Installationsfreundlichkeit,

verbinden sich dabei weitgehend mit den Vorteilen des Massivbaus. Zugleich wird der Stahlbau durch den sehr preiswerten, bei Druckbeanspruchung leistungsfähigen Baustoff Beton sowie durch die günstigen bauphysikalischen Eigenschaften massiver Bauteile hinsichtlich Schall-, Wärme-, Korrosions- und Brandschutz ergänzt. Mit Verbundkonstruktionen lassen sich ohne zusätzliche Brandschutzmaßnahmen die geforderten Feuerwiderstandsdauern erreichen, hierbei geht der Lastfall Brand in die Wahl des Querschnitts ein.

Das planmäßige Zusammenwirken im Verbund ermöglicht insbesondere auch bei hoher Beanspruchung niedrige Bauhöhen und geringe Querschnittsabmessungen für Träger, Decken oder Stützen. Auch unter dem quasi steifigkeitsreduzierenden Einfluss des Schwindens und Kriechens sind Verbundbauteile bauartbedingt sehr biegesteif und können entsprechend schlank dimensioniert werden.

### Verbundträger

Bei Verbundträgern sind Stahlträger und Betongurte schubfest miteinander verbunden. Die Bemessung und Ausführung regelt DIN EN 1994-1-1. Träger, die sich danach nicht vollständig beurteilen lassen, benötigen eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung. DIN EN 1994-1-1 erlaubt die Anwendung der Fließgelenktheorie auf Träger mit ausreichend dicken Stahlblechen oder -profilen (Klasse-1-Querschnitte) anwenden, so dass sämtliche Querschnitts- und Systemreserven genutzt werden können. Die erforderliche Beschränkung der Rissbreiten für den Betongurt in der Zugzone sichert eine dauerhafte Gebrauchstauglichkeit. Der Stahlträger kann gleichzeitig als Lehrgerüst dienen. Durch Anheben, Absenken, Vorbelasten und andere Maßnahmen lassen sich die Gebrauchseigenschaften zusätzlich gezielt beeinflussen. Verbundträger mit Betongurten in der Zugzone, die durch gezieltes Vorverformen der Stahlträger und/oder seltener mittels hochfester Litzen vorgespannt sind, können besonders schlank gehalten werden und weisen sehr geringe Verformungen auf.

Entscheidend ist eine sichere, tragfähige und zugleich wirtschaftliche Verdübelung zwischen Stahlprofil und Stahlbetonteilen. Der Verdübelungsgrad lässt sich dabei den jeweiligen Anforderungen anpassen – vom nachgiebigen bis zum starren Verbund, von der teilweisen bis zu vollständigen Verdübelung, siehe **Bilder 1 bis 3**. Eine unzureichende Verdübelung wird durch normative Begrenzung ausgeschlossen, nach deren Vorgabe der Verdübelungsgrad mindestens 40 % betragen muss.

Bei den Verbundmitteln haben sich aufgeschweißte Kopfbolzendübel weitgehend durchgesetzt, siehe **Bild 4**. Tragfähigkeit und Mindestabstände zur Übertragung von Schubkräften quer zur Bolzenachse regelt DIN EN 1994-1-1. Die Güte der Bolzenschweißverbindung lässt sich auch auf einfache Weise zuverlässig beurteilen (z. B. durch Sicht- und Klangproben oder durch den Schlagbiegeversuch einzelner Kopfbolzen).

Die Kopfbolzen werden in der Regel bereits im Werk, in Einzelfällen auch auf der Baustelle aufgeschweißt.

Eine bewährte Alternative zur Schubübertragung bei Verwendung von Betonfertigteilen ist der Reibungsverbund, bei dem die Stahlbetonplatten mit vorgespannten hochfesten Schrauben auf den Stahlträgerobergurt aufgeklemt werden – vor allem bei temporären Bauteilen (z. B. Parkdecks für zeitlich begrenzte Nutzung) stellt dies eine wirtschaftliche Lösung dar, da die Konstruktion leicht demontierbar ist.

Aus Brandschutzgründen werden häufig die Kammern ausbetoniert. Feuerwiderstandsdauern bis R180 nach DIN EN 1994-1-2 sind möglich.

### Verbunddecken

Verbunddecken bestehen aus profilierten Blechen mit Aufbeton. Dabei nimmt das Blech die Zugkräfte bei positiver Momentenbeanspruchung (Feldmoment) auf und dient zugleich als Schalung beim Betonieren.

**Bild 5** zeigt, wie der erforderliche Verbund der beiden Baustoffpartner gesichert werden kann:

- mechanischer Verbund (durch Formgebung des Blechs, z. B. Sicken oder Nocken),
- Reibungsverbund für Profile mit hinterschnittiger Geometrie (in Verbindung mit Endverankerung durch Blechverformungsanker bzw. Endverankerung durch Kopfbolzendübel),
- Endverankerung durch aufgeschweißte Kopfbolzen (nur in Verbindung mit den beiden oben genannten),
- Endverankerung durch Verformung der Rippen an den Blechen (Blechverformungsanker, nur in Verbindung mit dem zweitgenannten).

Verbunddecken sind allgemein in Eurocode 4 geregelt. Da insbesondere die Verbundsicherung recht unterschiedlich realisiert wird, benötigen diese Decken allerdings eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung; darin ist zugleich festgelegt, in welchen Fällen Verbunddecken aus profiliertem Blech und Aufbeton gleichzeitig als Gurt eines Verbundträgers genutzt werden können.

So sind aufgrund entsprechender Versuchsergebnisse die in **Bild 5** dargestellten Verbunddecken bis zu einer geforderten Feuerwiderstandsdauer von 120 Minuten (R120) zugelassen.

### Verbundstützen

Werden Stahlstützen mit Beton ummantelt oder gefüllt, entstehen Verbundstützen, siehe **Bild 6**. Ihre Vorteile sind geringe Querschnittsabmessungen bei besonders hoher Tragfähigkeit. Durch Endverdübeln und durch Anordnung von Verbundmitteln zur Kräfteinleitung in Stößen und Anschlüssen wird gewährleistet, dass Stahl und Beton bei Laststeigerungen bis zur Traglast zusammenwirken. Für Bemessung und Ausführung von Verbundstützen erreichen Feuerwiderstandsklassen bis R180. Angaben hierzu enthält DIN EN 1994-1-2.

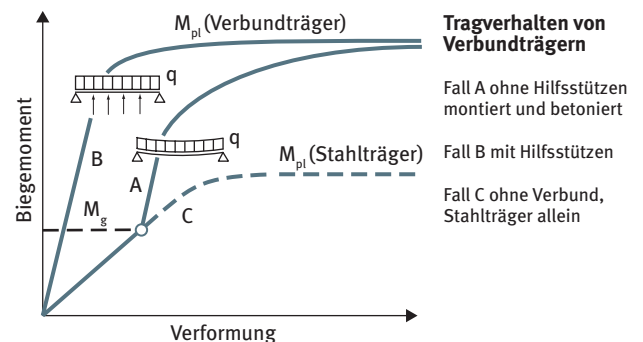


Bild 1 Tragverhalten von Verbundträgern

### Tragverhalten von Verbundträgern

Fall A ohne Hilfsstützen montiert und betoniert

Fall B mit Hilfsstützen

Fall C ohne Verbund, Stahlträger allein

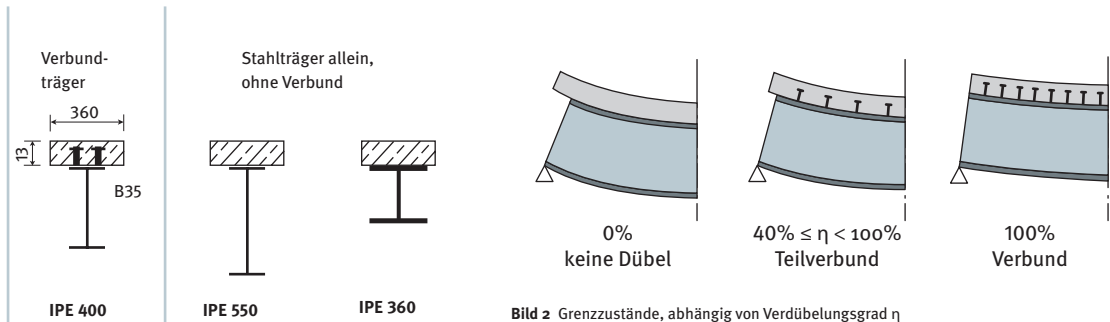


Bild 2 Grenzzustände, abhängig von Verbundungsgrad η

	IPE 400	IPE 550	IPE 360
Tragfähigkeit	100%	100%	100%
Steifigkeit	100% (Langzeitlast)	100%	65%
Stahlträgergewicht	100%	160%	210%
Bauhöhe	100%	128%	92%

Bild 3 Vergleich Träger mit und ohne Verbund

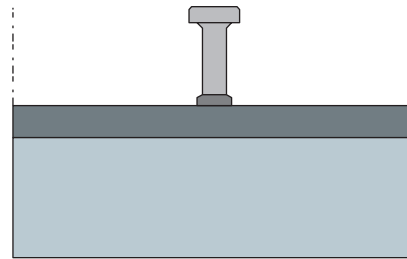
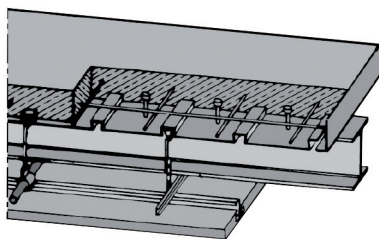
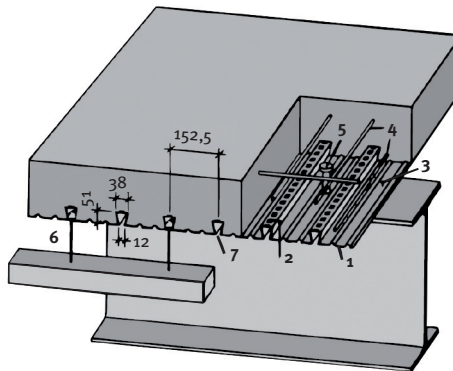


Bild 4 Verbundmittel – Kopfbolzendübel



- 1 Versteifungsrippe
- 2 Noppen zur Schubverzahnung
- 3 Popniete



- 4 Bewehrung nach Erfordernis
- 5 Kopfbolzen
- 6 Abhängung für Installationen u.a.
- 7 Schwälbenbschwanz-Profillierung

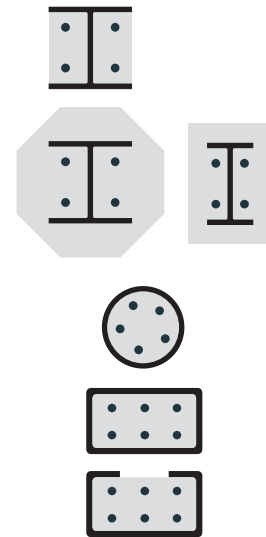


Bild 6 Verbundstützen – Querschnitte

Bild 5 Beispiele für Verbunddecken mit Stahltrapezprofilen

**Normen**

- DIN EN 1994-1-1:2010-12, Eurocode 4 – Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Anwendungsregeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1994-1-1:2004/AC:2009, Dezember 2010.
- DIN EN 1994-1-2:2010-12, Eurocode 4 – Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1994-1-2:2005/AC:2008, Dezember 2010.
- DIN 4102-4:1994-03, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile, März 1994.

**Literatur:**

- [1] Hanswille, G., Bergmann, R., Neue Verbundbaunormen E DIN 18800-5 mit Kommentar und Beispielen, Stahlbau-Kalender 2000, Ernst & Sohn, Berlin 2000.
- [2] Hanswille, G., Schäfer, M., Verbundtragwerke aus Stahl und Beton, Bemessung und Konstruktion – Kommentar zu DIN V 18800-5 Ausgabe November 2004, Stahlbau-Kalender 2005, Ernst & Sohn, Berlin 2005.
- [3] Hanswille, G., Schäfer, M., Bergmann, M., Stahlbaunormen – Verbundtragwerke aus Stahl und Beton, Bemessung und Konstruktion – Kommentar zu DIN

18800-5 Ausgabe März 2007, Stahlbau-Kalender 2010, Ernst & Sohn, Berlin 2010.

- [4] Sauerborn, N., Kretz, J., Verbundstützen, Stahlbau-Kalender 2010, Ernst & Sohn, Berlin 2010.
- [5] Kurz, W., Mensinger, M., Kohlmeier, C., Sauerborn, I., Sauerborn, N., Verbundträger und Deckensysteme, Stahlbau-Kalender 2010, Ernst & Sohn, Berlin 2010.
- [6] Kuhlmann, U., Rölle, L., Verbundanschlüsse nach Eurocode, Stahlbau-Kalender 2010, Ernst & Sohn, Berlin 2010.
- [7] Minnert, J., Wagenknecht, G., Verbundbau-Praxis – Berechnung und Konstruktion, Bauwerk Verlag, Berlin 2008.
- [8] Brandschutz-Online-Tools, <http://www.bauforumstahl.de/brandschutz>.
- [9] bauforumstahl e.V., Katalog zur Bemessung von Verbundstützen für den Brandfall, Prüfbericht Nr. 411720-007/04 – statische Typenprüfung (Geltungsdauer bis 30.06.2010), Weimar 2005, <http://www.bauforumstahl.de/upload/publications/D696.pdf>.
- [10] bauforumstahl e.V., Verbundstützen mit eingestellten Stahlprofilen – Anschlüsse und Bemessung – Dokumentation 696/1, Düsseldorf 2007, <http://www.bauforumstahl.de/upload/documents/publikationen/D696-1a.pdf>.

Sohnstraße 65 | 40237 Düsseldorf | Postfach 10 48 42 | Düsseldorf  
 T: +49(0)211.6707.828 | F: +49(0)211.6707.829 | zentrale@bauforumstahl.de | www.bauforumstahl.de



Werden Stahlstützen mit Beton ummantelt oder mit Beton gefüllt, entstehen Verbundstützen. Sie sind schlank und zeichnen sich durch eine große Steifigkeit aus. Die Lasten werden über kleine Querschnitte abgetragen. Bei vollständig einbetonierten bzw. betongefüllten Querschnitten wird die Brandwiderstandsdauer durch den Beton erhöht.

### Verbundstützen-Querschnitte

Mögliche Querschnitte sind nach Bild 1:

- vollständig einbetonierte Querschnitte,
- teilweise einbetonierte Querschnitte (Kammerbeton),
- betongefüllte Hohlprofile, siehe Bild 2, und
- in Hohlprofile einbetonierte Stahlprofile, siehe Bild 3.

Die Bemessung von Verbundstützen erfolgt nach DIN EN 1994-1-1. Das dort angegebene vereinfachte Bemessungsverfahren kann auf alle oben angeführten Querschnittsarten angewendet werden, mit der Bedingung, dass die Querschnitte doppelt-symmetrisch und über die Bauteillänge konstant sind.

### Vollständig und teilweise einbetonierte Querschnitte

Die hohe Tragfähigkeit einer reinen Stahlstütze kann durch den zusätzlichen Beton erheblich gesteigert werden, siehe Bild 4. Dies gilt insbesondere für Stützen mit:

- großen Betondeckungen,
- leichten Stahlplatten aus S235 und S355,
- zentrischer Druckbeanspruchung und
- Knickgefahr um die schwache Stahlprofilachse.

Der Betonteil sollte mit Betonstahl (BSt 500) bewehrt sein. Bei Einhaltung bestimmter Betondeckungen des Stahlprofils und der Bewehrung sowie durch Zulage zusätzlicher Längsbewehrung lassen sich Stützen in sehr hohe Feuerwiderstandsklassen (R180) einordnen. Die Bemessung für den Brandfall erfolgt nach DIN EN 1994-1-2. Kammergefüllte Querschnitte werden besonders häufig eingesetzt, da zum einen die Herstellung sehr einfach ist, zum anderen die Stahlflächen sichtbar bleiben, an die auch nachträglich Anschlusskonstruktionen angeschweißt werden können. Durch

entsprechende Wahl von Profilen, Stahlsorten und Bewehrungsanteilen kann der Tragwerksplaner den Wünschen des Architekten nach konstanten Außenabmessungen der Stützen vom Fundament bis zum Dachgeschoss eines Gebäudes leicht entgegenkommen.

### Betongefüllte Querschnitte

Der mögliche Gewinn an Tragfähigkeit durch die Betonfüllung liegt in der gleichen Größenordnung wie bei offenen Profilen mit Kammerbetonfüllung. Die Steigerung ist besonders groß bei:

- dünnwandigen Hohlprofilen,
- großen Querschnitten mit zusätzlicher Längsbewehrung,
- kurzen betongefüllten Rundhohlprofilen (Umschnürungswirkung) und
- zentrischer Druckbeanspruchung.

Der Betonkern braucht nicht bewehrt zu sein. Durch Zulage von Längsbewehrung und ggf. Reduzierung des Ausnutzungsgrades kann eine geforderte Feuerwiderstandsklasse ohne zusätzliche Brandschutzbekleidung erreicht werden. DIN EN 1994-1-2 geben für diese Querschnitte Bemessungswerte für den Brandfall an. Werden betongefüllte Hohlprofile mit Stahlprofilen bewehrt, können auch in den im Allgemeinen hoch belasteten unteren Geschossen eines Gebäudes die Stützenabmessungen gering gehalten werden. Weiterhin ergeben sich zahlreiche Abstufungsmöglichkeiten unter Beibehaltung konstanter Außenabmessungen, um die Tragfähigkeit den unterschiedlichen Belastungen in den verschiedenen Geschossen anzupassen.

### Anschlüsse an Träger und Decken

Das planmäßige Zusammenwirken von Stahlprofilen und Beton wird durch Endverankerungen sowie durch zuverlässige Verdübelungen in Anschluss- und Krafteinleitungsbereichen sichergestellt. Die hoch entwickelte Verbindungstechnik des Stahlbaus erleichtert den Anschluss von Deckenkonstruktionen an die Verbundstütze.

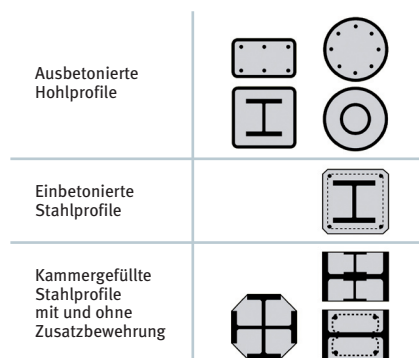


Bild 1 Stahl-Beton-Verbundstützen

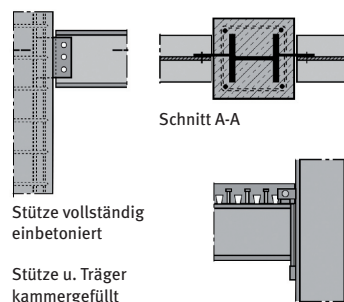


Bild 3 Einbetonierte Stahlprofile

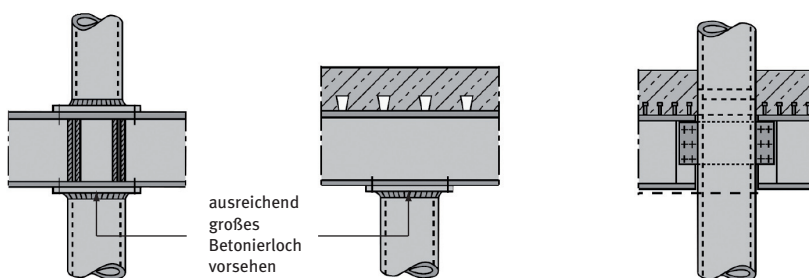


Bild 2 Ausbetonierte Hohlprofile

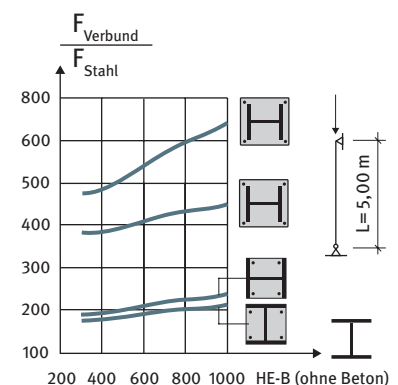
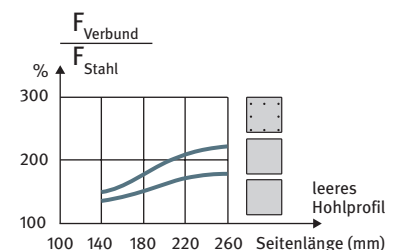


Bild 4 Traglaststeigerung in [%] von Verbundstützen gegenüber reinen Stahlstützen (für L=5,0 m, S235, C35/45, 3% BSt 500)

Geschosshöhe	Stützenlast N [kN]	HEA		HEB		HEM		KHP	RHP
		Profil	Profil / A	Profil	Profil / A	Profil	Profil / A	D · t	a · t
3,0 m	500	160		140					
	750	180		160					150 · 6,3
	1.000	200		180		140		219,1 · 6,3	150 · 10,0
	1.500	220	160/260	200	160/260	180		273,0 · 6,3	200 · 10,0
	2.000	260	180/280	240	180/280	200	140/260	323,9 · 6,3	260 · 8,0
	3.000	300	240/340	280	220/320	240	180/300	406,4 · 6,3	
	5.000	450	320/420	400	300/400	300	240/360	610,0 · 6,3	
	7.500		400/500		400/500	500	300/320	610,0 · 10,0	
4,2 m	10.000		500/600		500/600		450/570		
	500	160		160		140			
	750	200		180		160			150 · 8,0
	1.000	220	160/260	200	160/260	160		219,1 · 8,0	180 · 8,0
	1.500	240	180/280	220	160/260	200	140/260	273,0 · 6,3	200 · 10,0
	2.000	280	200/300	260	200/300	220	160/280	323,9 · 6,3	260 · 8,0
	3.000	320	240/340	300	240/340	240	200/320	406,4 · 6,3	
	5.000	500	320/420	450	320/420	300	260/380	610,0 · 6,3	
	7.500		450/550		400/500		320/440	610,0 · 12,5	
	10.000		500/600		500/600		450/570		

Die zulässigen Querschnitte wurden unter Berücksichtigung eines mittleren Teilsicherheitsbeiwertes auf der Einwirkungsseite von  $\gamma_F = (1,35 + 1,5)/2 = 1,425$  berechnet.

**Tabelle 1** Querschnitte von Verbundstützen bei mittlerer Belastung der Stützen und beidseitig gelenkiger Lagerung der Stützebenen für zwei Geschosshöhen ( $h=3,0\text{m}$  und  $4,2\text{m}$ )

#### Normen/Richtlinien

- DASt-Richtlinie 019, Brandsicherheit von Stahl- und Verbundbauteilen in Büro- und Verwaltungsgebäuden; November 2001; Deutscher Ausschuss für Stahlbau DASt, Düsseldorf.
- DIN EN 1994-1-1:2010-12, Eurocode 4 – Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Anwendungsregeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1994-1-1:2004/AC:2009, Dezember 2010.
- DIN EN 1994-1-2:2010-12, Eurocode 4 – Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton – Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung EN 1994-1-2:2005/AC:2008, Dezember 2010.
- DIN 4102-4:1994-03, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile, März 1994.
- DIN 4102-4/A1:2004-11, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 4: Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile; Änderung A1.
- DIN 4102-22:2004-11, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 22: Anwendungsnorm zu DIN 4102-4 auf der Bemessungsbasis von Teilsicherheitsbeiwerten, November 2004.

#### Literatur:

- [1] Hanswille, G., Bergmann, R., Neue Verbundbaunormen E DIN 18800-5 mit Kommentar und Beispielen, Stahlbau-Kalender 2000, Ernst & Sohn, Berlin 2000.
- [2] Hanswille, G., Schäfer, M., Verbundtragwerke aus Stahl und Beton, Bemessung und Konstruktion – Kommentar zu DIN V 18800-5 Ausgabe November 2004, Stahlbau-Kalender 2005, Ernst & Sohn, Berlin 2005.
- [3] Hanswille, G., Schäfer, M., Bergmann, M., Stahlbaunormen – Verbundtragwerke aus Stahl und Beton, Bemessung und Konstruktion – Kommentar zu DIN 18800-5 Ausgabe März 2007, Stahlbau-Kalender 2010, Ernst & Sohn, Berlin 2010.
- [4] Sauberborn, N., Kretz, J., Verbundstützen, Stahlbau-Kalender 2010, Ernst & Sohn, Berlin 2010.
- [5] Kurz, W., Mensinger, M., Kohlmeyer, C., Sauerborn, I., Sauerborn, N., Verbundträger und Deckensysteme, Stahlbau-Kalender 2010, Ernst & Sohn, Berlin 2010.
- [6] Kuhlmann, U., Rölle, L., Verbundanschlüsse nach Eurocode, Stahlbau-Kalender 2010, Ernst & Sohn, Berlin 2010.
- [7] Minnert, J., Wagenknecht, G., Verbundbau-Praxis – Berechnung und Konstruktion, Bauwerk Verlag, Berlin 2008.
- [8] Brandschutz-Online-Tools, <http://www.bauforumstahl.de/brandschutz>.
- [9] bauforumstahl e.V., Katalog zur Bemessung von Verbundstützen für den Brandfall, Prüfbericht Nr. 411720-007/04 – statische Typenprüfung (Geltungsdauer bis 30.06.2010), Weimar 2005, <http://www.bauforumstahl.de/upload/publications/D696.pdf>.
- [10] bauforumstahl e.V., Verbundstützen mit eingestellten Stahlprofilen – Anschlüsse und Bemessung – Dokumentation 696/1, Düsseldorf 2007, <http://www.bauforumstahl.de/upload/documents/publikationen/D696-1a.pdf>.



Je mehr Installationen in einem Gebäude erforderlich sind, desto sorgfältiger ist die Leitungsführung zu planen und mit der Tragkonstruktion abzustimmen: Die richtige Wahl der Deckenkonstruktion sowie der Anordnung von Stützen und Trägern erspart oft erhebliche Installationskosten. Ebenfalls ist zu bedenken, dass höhere Aufwendungen für das Deckentragwerk oder zum Beispiel für mehrteilige Stützen durchaus zu niedrigeren Kosten des Gesamtbauwerkes führen können.

### Installationen flexibel halten!

Technische Einrichtungen altern schneller als das Gebäude selbst; sie müssen erneuert, umgerüstet oder verlegt werden. Bei Stahlbauten ist die Installationsführung oder deren Veränderung ohne hohen Aufwand möglich: Die Tragkonstruktion erleichtert aufgrund ihrer geringeren Abmessungen und ihrer Durchlässigkeit (Fachwerke, Regelaussparungen) die Trassenführung, lässt sich ohne größeren Aufwand verändern oder auch zur Aufnahme höherer Lasten verstärken.

### Installation nach Planungsabschluss

Falls aus Zeitgründen die Konstruktion schon geplant oder gar gebaut werden muss, während die Installationen noch nicht festliegen, sollte möglichst viel Raum für Leitungen vorgesehen werden.

### Zentralen

Die Hausleitungen werden in Hausanschlussräumen an das öffentliche Leitungssystem angeschlossen. Aufbereitung, Verteilung, Steuerung und Überwachung der Medien sowie die Erzeugung von Wärme- und Kälteenergien werden zentral zusammengefasst. Lage und Größe dieser Zentralen, die oft hohen Raumbedarf haben, sollten schon im Vorentwurfstadium mit den Fachingenieuren abgestimmt werden. Hochinstallierte Gebäude können eigene Installationsgeschosse erfordern, vor allem, wenn mit häufigen Systemänderungen, Reparaturen oder Umstellung von dezentraler zu zentraler Installationsstruktur zu rechnen ist.

### Installationsführung im Gebäude

Vertikale Hauptleitungen ver- und entsorgen die Geschosse, horizontale Verteil- und Sammelleitungen erreichen die Bedarfsstellen in den Geschossen.

### Das axiale System

Die Installationen durchlaufen die Geschosse in einer oder mehreren Achsen, von denen aus sie sich verzweigen. Die Sanitärinstallation kann dabei beiderseits der Achse einen Streifen von maximal 5 m ver- und entsorgen bei einer durchlässigen Stahlkonstruktion auch einen breiteren Streifen, wenn das Gefälle dies zulässt. Die Endpunkte der Achse(n) münden in vertikale Installationsschächte.

### Das radiale System

Die Hauptleitungen werden in Schächten vertikal durch das Gebäude geführt, die Versorgungsleitungen innerhalb der Geschosse laufen von maximal 5 m entfernten Bedarfsstellen radial auf die Schächte zu.

### Vertikale Installationen

Liegen die Vertikalleitungen nicht in Schlitzen (vor allem beim konventionellen Bauen) oder in Installationswänden, benötigen sie ausreichend bemessene Schächte.

### Die Schachtbreite

wird bestimmt

- durch den Außendurchmesser der Leitungen einschließlich der Umhüllungen (Wärme- und Schallschutz) sowie
- durch die Zwischenräume für Montage und Unterhaltung.

### Die Schachttiefe

wird in der Regel bestimmt

- durch die Leitung mit dem größten Querschnitt sowie
- durch Armaturen und Zweigleitungen von bzw. hinter den Hauptleitungen.

Eine zweireihige Leitungsquerführung erfordert tiefere Schächte.



Bild 1 Exemplarische Leitungsführung aus der Praxis

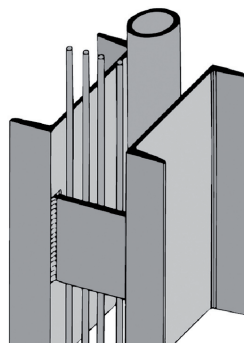
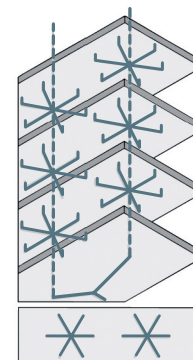
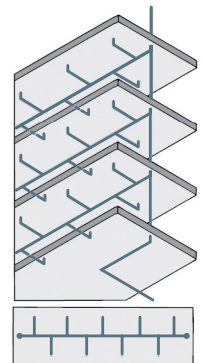


Bild 2 Raum für Leitungsführungen

Axiales System



Radiales System

Bild 3 Axiale und Radiale Installationsführung im Gebäude

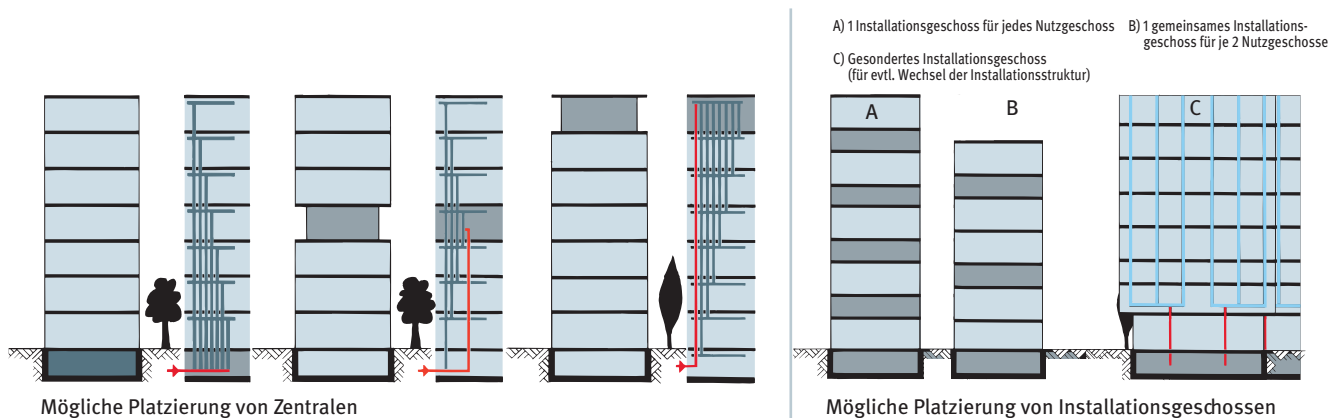
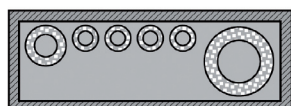
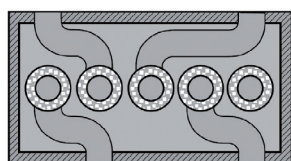


Bild 4 Mögliche Platzierung von Zentralen



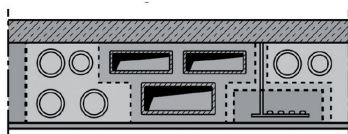
Schachtbreite



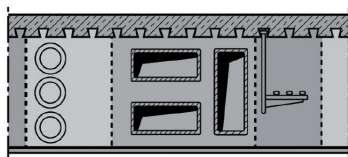
Schachttiefe

Bild 5 Schachtbreite / Schachttiefe

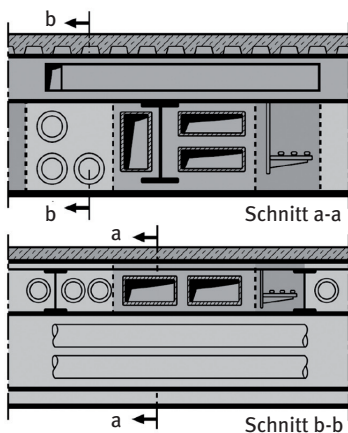
Sollten die Schächte begehrbar sein, ist ein entsprechend großer Arbeitsraum vorzusehen. Elektrische Leitungen müssen in eigenen Schächten bzw. in abgeschotteten Schachtteilen geführt werden.



Bildung von Bereichen



Bildung von Zonen



Bildung von Ebenen

Bild 6 Installation im Deckenzwischenraum

### Horizontale Installationen

Horizontalleitungen verlaufen in, über od. unter den Deckenplatten.

#### In Deckenplatten

können in der Regel nur kurze Leitungen mit kleinen Querschnitten verlegt werden – entweder vor Erstellung der Decken oder in Deckenaussparungen (z. B. Kabelkanälen) bzw. in Zellen von Trapezblechdecken.

#### Über der Deckenplatte

können z. B. Stark- und Schwachstromleitungen verlaufen –

- in Kabelkanälen (im Estrich eingebettet) oder
- unter einem Doppelboden (üblich bei Rechenzentren)

#### Unter der Deckenplatte

bietet sich der Raum zwischen Deckenplatte und abgehängter Decke zur Installationsverlegung an. Die richtige Bemessung dieses Zwischenraumes beeinflusst die Wirtschaftlichkeit des gesamten Bauwerkes:

- Zu hohe Decken ergeben unnötige Bauhöhen
- Zu niedrige Decken erschweren Montage, Kontrolle und Reparatur der Installationen und verursachen häufig hohe Folgekosten.

#### Installation im Deckenzwischenraum

#### Bereichsbildung

Werden einzelne Bereiche für die verschiedenen Installationssysteme nach Fläche und Höhe festgelegt, so ist dieses zwar sehr platzsparend, erfordert jedoch eine exakte abgeschlossene Planung für die Abstimmung der Leitungsführung. Änderungen und Reparaturen werden durch die Bereichsbildung erschwert.

#### Zonenbildung

Die verschiedenen Installationsgewerke erhalten für ihre Leitungsführung bestimmte Zonen über die gesamte verfügbare Höhe des Deckenzwischenraumes; dies führt zu großem Platzbedarf.

#### Ebenenbildung

Am wirtschaftlichsten ist es, die Last abtragenden und Medien führenden Elemente in zwei Ebenen übereinander straff so zu ordnen, dass

- alle in der einen Richtung verlaufenden Elemente in der oberen und
- alle rechtwinklig dazu verlaufenden in der unteren Ebene liegen. Tragkonstruktion und Installation behindern sich nicht; für die Kreuzung von Leitungen steht der volle Deckenzwischenraum zur Verfügung.

#### Literatur

[1] Hart, Henn, Sontag: Stahlbauatlas – Geschossbauten, 2. Auflage. Rudolf Müller, Köln 1994

## 1 Korrosionsschutz – Schutz + Farbe

### Korrosion

Fast alle Baustoffe ändern ihre Eigenschaften, wenn sie der freien Bewitterung ausgesetzt sind, z. B. durch Erosion, Verschleiß, Abrieb, Alterung, Korrosion u. a.

**Korrosion ist die Reaktion eines metallischen Werkstoffes mit seiner Umgebung, die eine messbare Veränderung des Werkstoffes bewirkt (Rost) und zu einer Beeinträchtigung der Funktion eines metallischen Bauteiles oder eines ganzen Systems führen kann (Querschnittsschwächung).**

### Wann „rostet“ Stahl

Atmosphärische Korrosion ist ein Prozess, der einen Feuchtfilm auf der Metalloberfläche voraussetzt.

Nennenswerte Korrosion tritt auf, wenn die relative Luftfeuchte über 80 % und die Temperatur über 0 °C liegt.

In Verbindung mit reaktiven Luftverunreinigungen und/oder hygroskopischen Salzen findet Korrosion bei viel niedrigerer Luftfeuchte statt.

Die Lage des Bauteils beeinflusst ebenfalls die Korrosion. Durch Schmutzablagerungen, Wasseransammlungen, nicht vermeidbare Kondensfeuchtigkeit u. a. können örtlich die Korrosionsbelastungen beträchtlich verstärkt werden.

Kriterien für die Korrosivität atmosphärischer Umgebungsbedingungen werden in DIN EN ISO 12944-2 angegeben (Tabelle 1).

### Korrosionsschutz von Stahl

Die moderne Korrosionsschutztechnik ist in der Lage, Stahl sicher und dauerhaft gegen Korrosion zu schützen. Darüber hinaus können mit dem Korrosionsschutz gestalterische Gesichtspunkte berücksichtigt werden. So schützen farbige Beschichtungen den Stahl vor Korrosion und geben ihm gleichzeitig ein freundliches Aussehen. Eine breite Farpalette lässt Planern und Bauherren große gestalterische Freiheit. Farblich beschichtete Stahlkonstruktionen heben sich wohltuend gegen die oft vorhandene graue Monotonie im Bauen ab.

### Korrosionsschutz nach Maß

Wirtschaftliches Bauen mit Stahl heißt, den Korrosionsschutz entsprechend den während der Bauphase und der Nutzung auf ein Bauwerk einwirkenden unterschiedlichen Korrosionsbelastungen anzupassen.

Korrosivitäts-kategorie	Dickenverlust im 1. Jahr [µm]		Beispiele typischer Umgebungen	
	C-Stahl	Zink	Freiluft	Innenraum
C1 unbed.	≤ 1,3	< 0,1	–	≤ 60 % rel. Luftfeuchtigkeit
C 2 gering	1,3 – 25	0,1 – 0,7	Gering verunreinigte Atm., trockenes Klima	Ungedämmte Gebäude mit zeitweiser Kondensation
C3 mäßig	25 – 50	0,7 – 2,1	Stadt./Industrieatm. mit mäßiger SO <sub>2</sub> -Belastung o. gemäßigttes Küstenklima	Räume mit hoher rel. Luftfeuchtigkeit und etwas Verunreinigungen
C 4 stark	50 – 80	2,1 – 4,2	Industrieatm. u. Küste mit mäßiger Salzbelastung	z. B. chem. Produktionshallen, Schwimmbäder
C 5 sehr stark I	80 – 200	4,2 – 8,4	Industrieatm. mit hoher rel. Luftfeuchtigkeit u. aggr. Atm.  Küsten- und Offshorebereich	Gebäude mit nahezu ständiger Kondensation und starker Verunreinigung
C 5 sehr stark M	80 – 200	4,2 – 8,4		

Tabelle 1: Korrosionsbelastung – Einteilung der Umgebungsbedingungen nach DIN EN ISO 12944-2

Bei unbedeutenden Korrosionsbelastungen, wie sie z. B. im Innenraum gedämmter Gebäude mit neutraler Atmosphäre oder in dichtgeschlossenen Hohlbauteilen und Hohlkästen auftreten, kann aus technischen Gründen der Korrosionsschutz entfallen. Brandschutzbeschichtungen oder Betonumhüllungen können oft gleichzeitig auch die Funktion des Korrosionsschutzes übernehmen.

Nach der Montage unzugängliche Stahlbauteile, die der freien Bewitterung ausgesetzt sind, müssen hingegen dauerhaft gegen Korrosion geschützt werden. Korrosionsschutzsystem (Beschichtungen und/oder Überzüge), Oberflächenvorbereitung, Sollschildicken und Aufbringungsart der Beschichtungen müssen – vor allem bei größeren Bauvorhaben – rechtzeitig festgelegt werden.

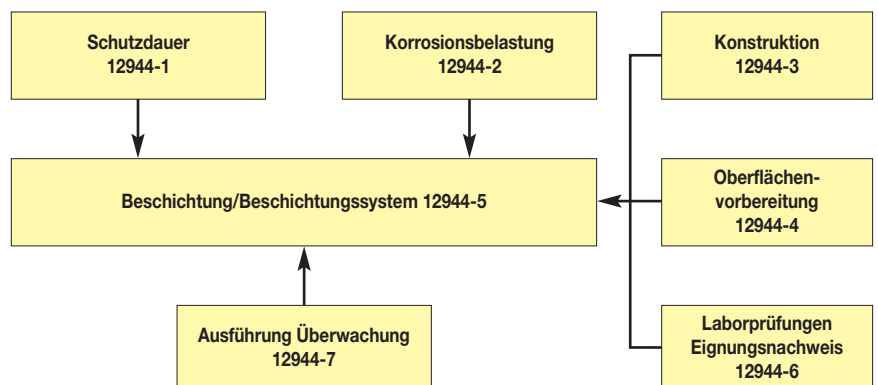


Abbildung 1: Spezifikation von Beschichtungssystemen in Anlehnung an DIN EN ISO 12944-8

Hinweise für die Erarbeitung von Spezifikationen und die Planung für den Korrosionsschutz von Stahlbauten werden in DIN EN ISO 12944-8 gegeben (Abbildung 1).

### Korrosionsschutzsystem

Gesamtheit der Schichten aus Metallen (z. B. Zink, Aluminium) und/oder Beschichtungsstoffen auf einer Stahloberfläche. Sie bestehen aus

- einem Beschichtungssystem oder
- einem Überzug (Feuerverzinkung oder Spritzmetallisierung) oder
- einem Duplex-System (Überzug + Beschichtungssystem).

### Beschichtungssystem

Gesamtheit einer oder mehrerer Schichten aus Beschichtungsstoffen auf einer Stahloberfläche.

### Überzüge

Gesamtheit einer oder mehrerer Schichten aus Metallen, z. B. Zn oder Al, auf einer Stahloberfläche.

### Sollschichtdicke

Die Sollschichtdicke ist die vorgegebene Trockenschichtdicke für einzelne Schichten oder das gesamte Beschichtungssystem, um die geforderte Schutzdauer zu erzielen. Die Messung der Trockenschichtdicke von Beschichtungen auf Stahl erfolgt zerstörungsfrei mit magnetischen oder magnetinduktiven Messinstrumenten.

Die Sollschichtdicke – falls nicht anders vereinbart – gilt als erreicht, wenn Einzelmesswerte 80 % der Sollschichtdicke nicht unterschreiten und der Mittelwert aller Messergebnisse gleich oder größer der Sollschichtdicke ist.

Bereiche mit zu hoher Schichtdicke sollten vermieden werden. Wenn in den technischen Datenblättern der Beschichtungsstoffhersteller nicht anders angegeben, sollte die Höchstsichtdicke das Dreifache der Sollschichtdicke nicht überschreiten.



### Schutzdauer von Korrosionsschutzsystemen

Ein auf die Korrosionsbelastung abgestimmtes und fachgerecht ausgeführtes Korrosionsschutzsystem hat bei freier Bewitterung im Allgemeinen eine Schutzdauer von 20 bis 25 Jahren und im Falle metallischer Überzüge (Feuerverzinken, Spritzverzinken) bis zu 40 Jahren.

In DIN EN ISO 12944-1 werden für die Schutzdauer 3 Zeitspannen angegeben:

- kurz (K) 2 bis 5 Jahre
- mittel (M) 5 bis 15 Jahre
- lang (L) über 15 Jahre

Die Schutzdauerangabe soll dem Auftraggeber helfen, ein Instandsetzungsprogramm festzulegen.

Die erste Instandsetzungsmaßnahme aus Korrosionsschutzgründen ist normalerweise notwendig, wenn das Beschichtungssystem den Rostgrad Ri 3 nach DIN ISO 4628-3 erreicht hat. Eine Instandsetzung kann aufgrund von Ausbleichen, Kreiden, Verunreinigung, Verschleiß oder aus ästhetischen oder anderen Gründen bereits früher erforderlich sein, als es die angegebene Schutzdauer vorsieht.

### Durchführung von Beschichtungsarbeiten

Die Oberflächenvorbereitung – in der Regel zum Vorbereitungsgrad Sa 2 1/2 – wird in Schleuderrad-Durchlaufanlagen mit metallischen Strahlmitteln oder auch durch Druckluftstrahlung mit nichtmetallischen Strahlmitteln ausgeführt.

Die Beschichtung erfolgt wirtschaftlich mittels leistungsfähiger Spritztechnik. DIN EN ISO 12944-5 empfiehlt zur Sicherstellung einer langen Schutzdauer und Wirksamkeit eines Beschichtungssystems die meisten Schichten oder, falls möglich, das gesamte Beschichtungssystem, vorzugsweise im Werk auszuführen. Bei hohen ästhetischen Anforderungen wird die Deckbeschichtung nach Ausbesserung aller Transport- und Montageschäden auf der Baustelle ausgeführt.

### Literatur

- Stahlbau Arbeitshilfen Korrosionsschutz 1.1, 1.2, 1.3, 1.4
- DIN EN ISO 12944-1/8 „Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“
- Richtlinie „Korrosionsschutz von Stahlbauten in atmosphärischen Umgebungsbedingungen durch Beschichtungssysteme“, DSTV
- Verbände-Richtlinie „Korrosionsschutz von Stahlbauten – Duplex-Systeme“, DSTV, BVK, VdL, IVF
- Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme, VdL, BVK

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

- Die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbauverbandes DSTV beherrschen die modernen Korrosionsschutzverfahren. Diese Unternehmen sind in der Lage, Sie bei der Auswahl eines wirksamen und wirtschaftlichen Oberflächenschutzes fachmännisch zu beraten und diesen auszuführen.
- Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: [www.bauen-mit-stahl.de](http://www.bauen-mit-stahl.de)  
E-Mail: [zentrale@bauen-mit-stahl.de](mailto:zentrale@bauen-mit-stahl.de)

## 1.1 Korrosionsschutzgerechte Gestaltung

### Vorbemerkung

Die Form eines Bauwerkes kann seine Korrosionsanfälligkeit beeinflussen. Wesentliche Voraussetzung für einen wirksamen Korrosionsschutz ist die korrosionsschutzgerechte Gestaltung der Konstruktion (DIN EN ISO 12944-3).

### Vielfältige Anforderungen

An den Konstrukteur werden hierbei vielfältige Anforderungen gestellt. Eine Stahlkonstruktion sollte u. a. sicher, wirtschaftlich, fertigungs-, schweiß-, beschichtungs-, montage- und korrosionsschutzgerecht konstruiert sein. Diese Forderungen können sich widersprechen. Bei Interessenwiderstreit muss nicht zuletzt der Konstrukteur entscheiden.

### Grundsätzliche Forderungen

Die Oberflächen von Stahlbauten, welche Korrosionsbelastungen ausgesetzt sind, sollten möglichst klein und wenig gegliedert sein. Das Bauwerk sollte wenig Unregelmäßigkeiten (z. B. Überlappungen, Ecken, Kanten) aufweisen. Um eine ebenere Gesamtoberfläche zu erreichen, sollten Schweißverbindungen den Schrauben- oder Nietverbindungen vorgezogen werden. Unterbrochene Schweißnähte und Punktschweißnähte sollten nur angewendet werden, wenn die Korrosionsgefahr unbedeutend ist (Bild 1).

### Zugänglichkeit/Erreichbarkeit

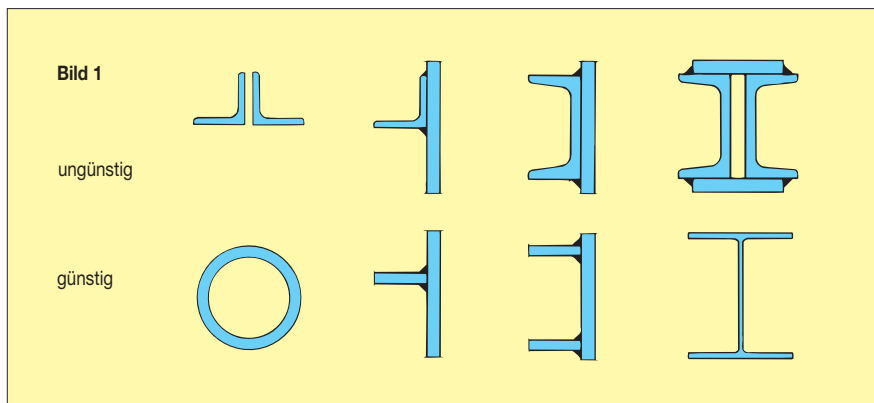
Stahlbauteile sollten zugänglich oder erreichbar gestaltet sein, damit das Beschichtungssystem aufgetragen, überwacht und instandgesetzt werden kann. Zugänglichkeit bedeutet, dass der Raum zwischen Bauwerken und/oder Bauteilen den Zutritt von Personen erlaubt; Erreichbarkeit bedeutet, dass alle Flächen von Hand mit Werkzeugen vorbereitet, beschichtet und geprüft werden können (Bilder 2a und 2b).

### Feuerverzinken

Für das feuerverzinkungsgerechte Konstruieren sind die Regelungen in DIN EN ISO 14713 zu beachten.

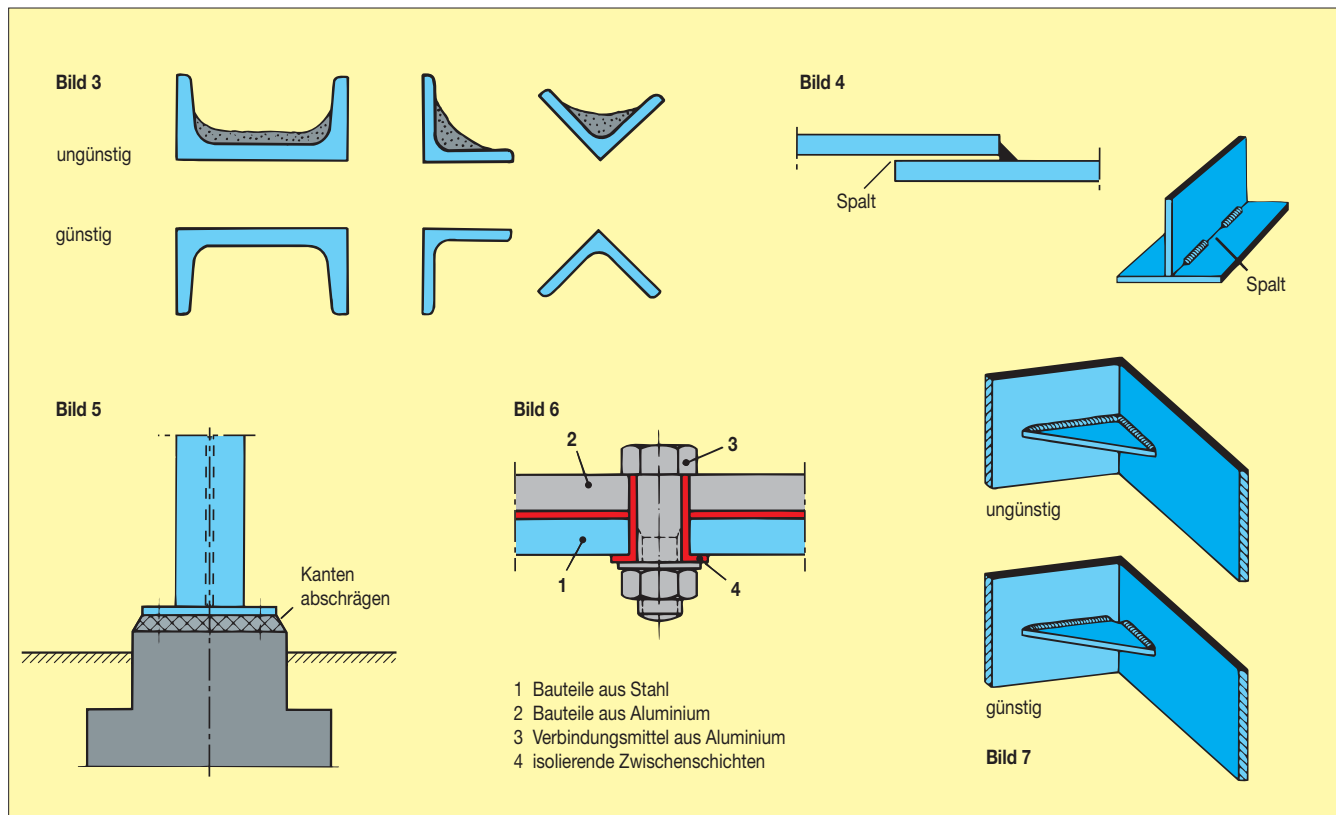
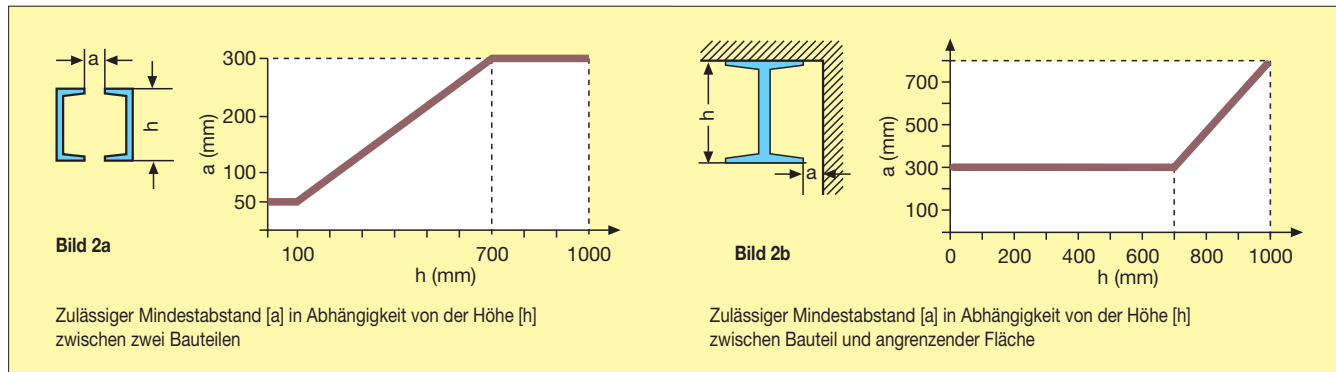
Insbesondere ist zu beachten:

- Vermeidung geschlossener Hohlräume oder Vorsehen von Entlüftungsöffnungen,
- Vermeidung großflächiger Überlappungen (> 100 cm<sup>2</sup>) durch aufeinandergelegte Bleche und Profile (verdeckte Hohlräume),
- Sicherstellung eines ungehinderten Ablaufes der Zinkschmelze.



### Einige Grundregeln

- Oberflächenformen, auf denen sich Wasser ansammeln kann, und die in Verbindung mit Fremdstoffen (Schmutz, Salze u. a.) die Korrosionsbelastung verstärken, sollten vermieden werden (Bild 3):
  - Konstruktionen mit geneigten oder abgeschrägten Oberflächen vorsehen,
  - oben offene Profile vermeiden oder in Schräglage anordnen,
  - keine Taschen oder Vertiefungen vorsehen, in denen sich Wasser oder Schmutz ansammeln kann,
  - Wasser und korrosive Flüssigkeiten vom Bauwerk ableiten.
- Spalte und Schlitze sind möglichst zu verschließen. Bei freibewitterten Bauteilen sind Punktschweißungen und unterbrochene Schweißnähte zu vermeiden (Bild 4).
- Scharfe Kanten aus dem Fertigungsprozess sollten gerundet oder gebrochen werden. Grate an Löchern und Schnittkanten müssen entfernt werden.
- Bei Stützenfüßen im Freien für Wasserabfluss sorgen (Bild 5).
- Offene Hohlkästen und offene Hohlbauteile, die der Einwirkung von Oberflächenfeuchte ausgesetzt sind, müssen mit Umluft- und Entwässerungsöffnungen versehen und innen wirksam gegen Korrosion geschützt werden.
- Geschlossene Hohlkästen und geschlossene Hohlbauteile verbleiben ohne Korrosionsschutz. Sie dürfen weder Luft noch Feuchtigkeit eindringen lassen. Sie sind durch umlaufende Schweißnähte abzudichten. Öffnungen sind mit Dichtschotten zu versehen.
- Für die Beschichtung von Kontaktflächen planmäßig vorgespannter Scher-Lochleibungsverbindungen (SLV/SLVP) sind zulässige Höchstwerte für die Schichtdicke und/oder geeignete Beschichtungsstoffe/-systeme festzulegen.
- Ausparungen in Aussteifungsrippen, Stegen oder ähnlichen Bauteilen sollten einen Radius von mindestens 50 mm besitzen (Bild 7).
- Bei Verbundkonstruktionen sind die Stahloberflächen mit einer quellfesten und verseifungsbeständigen Beschichtung, z. B. auf Epoxydharzbasis, 5 cm in den Beton hineingehend zu beschichten.
- Das Verbinden von Bauteilen aus Metallen mit unterschiedlichen elektrochemischen Potential sollte vermieden werden. Ist das konstruktiv nicht möglich, sollten die Kontaktflächen elektrisch isoliert werden (Bild 6).
- Für Stahloberflächen, die nach der Montage nicht mehr zugänglich sind oder besonderen Korrosionsbelastungen unterliegen, sind erhöhte Korrosionsschutzmaßnahmen vorzusehen.



### Literatur

- Stahlbau Arbeitshilfen  
Korrosionsschutz 1, 1.2, 1.3, 1.4
- DIN EN ISO 12944-1/8  
„Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“
- DIN EN ISO 1461  
„Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgetragene Zinküberzüge (Stückverzinken)“
- DIN EN ISO 14713  
„Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion, Zink- und Aluminiumüberzüge“

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

- Die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbauverbandes DSTV beherrschen die modernen Korrosionsschutzverfahren. Diese Unternehmen sind in der Lage, Sie bei der Auswahl eines wirksamen und wirtschaftlichen Oberflächenschutzes fachmännisch zu beraten und diesen auszuführen.
- Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: [www.bauen-mit-stahl.de](http://www.bauen-mit-stahl.de)  
E-Mail: [zentrale@bauen-mit-stahl.de](mailto:zentrale@bauen-mit-stahl.de)

## 1.2 Korrosionsschutz Oberflächenvorbereitung

Ziel der Oberflächenvorbereitung von Stahlbauteilen ist es, Stoffe, die sich nachteilig auf die Haftung und die Schutzdauer von Korrosionsschutzsystemen auswirken, zuverlässig zu entfernen und den hinsichtlich Reinheit und Rauheit der Stahloberfläche geforderten Oberflächenvorbereitungsgrad zu erreichen. Ausführliche Hinweise und Empfehlungen zur Oberflächenvorbereitung enthält DIN EN ISO 12944-4.

### Oberflächenvorbereitungsgrade

#### 1. Primäre (ganzflächige)

##### Oberflächenvorbereitung

Walzhaut/Zunder, Rost, vorhandene Beschichtungen und Verunreinigungen werden von der Stahloberfläche entfernt. Die gesamte Stahloberfläche besteht nach der Oberflächenvorbereitung aus Stahl. Vorbereitungsgrade: Sa, St, Fl und Be

#### 2. Sekundäre (partielle)

##### Oberflächenvorbereitung

Rost und andere Verunreinigungen werden entfernt, intakte Beschichtungen oder Überzüge verbleiben.

Vorbereitungsgrade: PSa, PSt, PMa

Beispiele für Vorbereitungsgrade siehe Tabelle 1

### Ausgangszustand der

#### unbeschichteten Stahloberfläche

Das Aussehen der vorbereiteten Stahloberfläche hängt vom ursprünglichen Oberflächenzustand und dem für die Oberflächenvorbereitung angewendeten Verfahren ab. Man unterscheidet nach DIN EN ISO 8501-1 nachstehende Rostgrade:

- A: Stahloberflächen mit festhaftendem Zunder bedeckt, in der Hauptsache frei von Rost (Bild 1)
- B: Stahloberfläche mit beginnender Zunderabblätterung und beginnendem Rostangriff (Bild 2)
- C: Stahloberfläche, von der der Zunder weggerostet ist oder sich abschaben lässt, die aber nur wenige, für das Auge sichtbare Rostnarben aufweist (Bild 3)
- D: Stahloberfläche, von der der Zunder weggerostet ist und die zahlreiche, für das Auge sichtbare Rostnarben aufweist

### Verfahren für die Oberflächenvorbereitung

Verfahren für die Oberflächenvorbereitung sind in Tabelle 2 angegeben. Für den Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschich-

Vorbereitungsgrad	Zustand der vorbereiteten Oberflächen
Sa 1 Bild 4	Lose(r) Walzhaut/Zunder, loser Rost, lose Beschichtungen und lose artfremde Verunreinigungen sind entfernt.
Sa 2 Bild 5	Nahezu alle(r) Walzhaut/Zunder, nahezu aller Rost, nahezu alle Beschichtungen und nahezu alle artfremden Verunreinigungen sind entfernt. Alle verbleibenden Rückstände müssen fest haften.
Sa 2 1/2 Bild 6	Walzhaut/Zunder, Rost, Beschichtungen und artfremde Verunreinigungen sind entfernt. Verbleibende Spuren sind allenfalls noch als leichte fleckige oder streifige Schattierungen zu erkennen.
St 2	Lose(r) Walzhaut/Zunder, loser Rost, lose Beschichtungen und lose artfremde Verunreinigungen sind entfernt.
St 3	Lose(r) Walzhaut/Zunder, loser Rost, lose Beschichtungen und lose artfremde Verunreinigungen sind entfernt. Die Oberfläche muss jedoch viel gründlicher bearbeitet sein als für St 2, so dass sie einen vom Metall herrührenden Glanz aufweist.
Fl	Walzhaut/Zunder, Rost, Beschichtungen und artfremde Verunreinigungen sind entfernt. Verbleibende Rückstände dürfen sich nur als Verfärbung der Oberfläche (Schattierungen in verschiedenen Farben) abzeichnen.
Be	Walzhaut/Zunder, Rost, Beschichtungen und artfremde Verunreinigungen sind vollständig entfernt. Beschichtungen müssen vor dem Beizen mit Säure mit geeigneten Mitteln entfernt werden.
P Sa 2 1/2 und PMa	Festhaftende Beschichtungen müssen intakt sein. Von der Oberfläche der anderen Bereiche sind lose Beschichtungen und Walzhaut/Zunder, Rost und artfremde Verunreinigungen entfernt. Verbleibende Spuren sind allenfalls noch als leichte, fleckige oder streifige Schattierungen zu erkennen.

Tabelle 1: Beispiele für Vorbereitungsgrade Vorbereitungsgrad

tungssysteme ist die Oberflächenvorbereitung durch mechanische Verfahren, insbesondere Strahlverfahren, am wirtschaftlichsten.

### Strahlmittel

Als Strahlmittel werden überwiegend metallische Strahlmittel nach ISO 11124 oder nicht-metallische nach ISO 11126 verwendet. Man unterscheidet zwischen wiederverwendungsfähigen Umlaufstrahlmitteln, wie z. B. Stahlguss, Temporguss, Hartguss, Stahldrahtkorn, oder Einwegstrahlmitteln, wie z. B. Schmelzkammer-, Kupferhütten-, Hochofen-, Nickelhütenschlacken.

### Bewertung der vorbereiteten Oberflächen

Die Reinheit wird nur nach dem Aussehen der Oberfläche durch Sichtvergleich mit Vergleichsnormen nach DIN EN ISO 8501-1 bewertet. Für Beschichtungen, die stärkeren Korrosionsbelastungen ausgesetzt sind, ist eine Prüfung auf lösliche Salze und andere nicht sichtbare Verunreinigungen nach verschiedenen Teilen von DIN EN ISO 8502 zweckmäßig.

Für die Bewertung des **Rauheitsgrades** gilt das Vergleichsmusterverfahren nach DIN EN ISO 8503-2. Die **Rautiefe** kann mit geeigneten Tastschnittgeräten nach DIN EN ISO 8503-4 erfolgen. Für die zu beschichtende

# Stahlbau Arbeitshilfe 1.2 Korrosionsschutz Oberflächenvorbereitung

Verunreinigungen	Verfahren
Fett und Öl/ wasserlösliche Verunreinigungen, z. B. Salze	Reinigen mit Wasser, Dampfstrahlen, Reinigen mit Emulsionen, Reinigen mit Alkalien
Walzhaut/Zunder	Beizen mit Säure, Trockenstrahlen, Nassstrahlen, Flammstrahlen
Rost	Gleiche Verfahren wie für Walzhaut/Zunder außerdem: Reinigen mit maschinell angetriebenen Werkzeugen Druckwasserstrahlen, Spot-Strahlen
Beschichtungen	Abbeizen, Trockenstrahlen, Nassstrahlen, Druckwasserstrahlen, Sweepstrahlen, Spot-Strahlen
Zinkkorrosionsprodukte	Sweepstrahlen, Alkalisches Reinigen

Tabelle 2: Verunreinigungen der Oberfläche und Verfahren zu deren Entfernung nach DIN EN ISO 12944-4, Anhang C

**Beispiele für unbehandelte Stahloberflächen**



Bild 1: Ausgangszustand „A“



Bild 2: Ausgangszustand „B“



Bild 3: Ausgangszustand „C“

**Beispiele für behandelte Stahloberflächen**



Bild 4: „Sa 1“



Bild 5: „Sa 2“



Bild 6: „Sa 2 1/2“

Repräsentative fotografische Beispiele (Vergleichsnormale) enthält DIN EN ISO 8501-1. Für die Vorbereitungsgrade Be und P gibt es keine fotografischen Beispiele.

Stahloberflächen soll die Rauheit dem Rauheitsgrad „mittel G“ oder „mittel S“ nach DIN EN ISO 8503-1 entsprechen. Die mittlere maximale Rautiefe  $R_{y5}$  (früher  $R_{ZDIN}$ ) soll ca. 40 bis 80  $\mu\text{m}$  betragen.

### Literatur

- Stahlbau Arbeitshilfen  
Korrosionsschutz 1, 1.1, 1.3, 1.4
- DIN EN ISO 12944-1/8  
„Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“
- Richtlinie „Korrosionsschutz von Stahlbauten in atmosphärischen Umgebungsbedingungen durch Beschichtungssysteme“, DSTV
- Verbände-Richtlinie  
„Korrosionsschutz von Stahlbauten – Duplex-Systeme“, DSTV, BVK, VdL, IVF
- Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme, VdL, BVK

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

- Die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbauverbandes DSTV beherrschen die modernen Korrosionsschutzverfahren. Diese Unternehmen sind in der Lage, Sie bei der Auswahl eines wirksamen und wirtschaftlichen Oberflächenschutzes fachmännisch zu beraten und diesen auszuführen.
- Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: [www.bauen-mit-stahl.de](http://www.bauen-mit-stahl.de)  
E-Mail: [zentrale@bauen-mit-stahl.de](mailto:zentrale@bauen-mit-stahl.de)



## 1.3 Korrosionsschutz Beschichtungsstoffe

Stahl lässt sich durch Beschichtungen optimal gegen Korrosion schützen. Voraussetzungen für das Erreichen einer langen Schutzdauer ist die richtige Wahl des Beschichtungssystems. In DIN EN ISO 12944-5 werden Beschichtungsstoffe und Beschichtungssysteme für den Korrosionsschutz von Stahlbauten beschrieben. Zehn Tabellen ermöglichen die Auswahl eines geeigneten Beschichtungssystems in Abhängigkeit von der Korrosionsbelastung, der Oberflächenvorbereitung und der geforderten Schutzdauer für den jeweiligen Anwendungszweck.

### Beschichtungsstoffe

Beschichtungsstoffe sind Mehrstoffsysteme, deren Eigenschaften ebenso wie die Eigenschaften der daraus entstehenden Beschichtungen durch Art und Menge ihrer Bestandteile

- Bindemittel,
- Pigmente und Füllstoffe,
- Lösemittel (organisch oder Wasser),
- Additive

bestimmt werden.

Beschichtungsstoffe werden überwiegend nach der Art des Bindemittels klassifiziert, z. B. Acrylharz- oder Epoxidharz-Beschichtungsstoff.

Hinsichtlich der Filmbildung unterscheidet man in drei Hauptgruppen:

- Oxidativ härtende (trocknende),  
z. B. Alkydharz oder Urethanalkydhharz
- Physikalisch trocknende,  
z. B. PVC, Acrylharz
- Reaktionsbeschichtungsstoffe,  
z. B. Epoxidharz, Polyurethan

Durch Verwendung von High solid- und Hydro-Beschichtungsstoffen kann eine deutliche Reduzierung von VOC (Lösemittel)-Emissionen in die Atmosphäre erreicht werden.

### Ausführung der Beschichtungsarbeiten

Beschichtungen dürfen nur auf entsprechend vorbereiteten Oberflächen aufgetragen werden. Bei der Verarbeitung der Stoffe sind die technischen Merkblätter der Stoffhersteller zu beachten. Als Applikationsverfahren kommen Streichen, Rollen und Spritzen (Airless oder Airmix) zur Anwendung.



### Beschichtungssysteme

Das „klassische“ Beschichtungssystem besteht aus

- Grundbeschichtung
- Zwischenbeschichtung
- Deckbeschichtung

Für bestimmte Anwendungen, insbesondere bei geringeren Korrosionsbelastungen, gelten normgemäß auch Einschichtbeschichtungen als Beschichtungssysteme.

Für den Schutz gestrahlter Stahloberflächen während der Fertigung der Bauteile werden auch **Fertigungsbeschichtungen** angewendet, die das Schweißen zulassen. Fertigungsbeschichtungsstoffe müssen die Zulassungsbedingungen der DASt-Richtlinie 006 erfüllen. Die **Grundbeschichtung** dient dem Korrosionsschutz und der Haftvermittlung. Sie muss auf dem Substrat gut haften, eine Basis für die nachfolgenden Zwischen- oder

Tabelle 1: Schutzdauer von Beschichtungssystemen in Abhängigkeit von der Schichtdicke

Korrosionsbelastung nach DIN EN ISO 12944-2	Schutzdauer nach DIN EN ISO 12944-1	Sollschichtdicke [µm]	Bindemittelbasis des Beschichtungssystems
C1	Korrosionsschutz aus technischen Gründen nicht erforderlich		
C2	kurz 2 – 5 Jahre mittel 5 – 15 Jahre lang über 15 Jahre	80 120 160	Alkydharz Acrylharz PVC Epoxidharz Polyurethan
C3	kurz 2 – 5 Jahre mittel 5 – 15 Jahre lang über 15 Jahre	120 160 200	Epoxidharz Polyurethan
C4	kurz 2 – 5 Jahre mittel 5 – 15 Jahre lang über 15 Jahre	160 200 240 – 280	PVC Epoxidharz Polyurethan
C5	kurz 2 – 5 Jahre mittel 5 – 15 Jahre lang über 15 Jahre	200 240 – 280 320	Epoxidharz Polyurethan

System-Nr. DIN EN ISO 12944-5 Anhang A1	Beschichtungssystem Bindemittel- Basis Sollschild- dicke [µm]		Erwartete Schutzdauer des Beschichtungssystems in atmosphärischen Umgebungsbedingungen mit unterschiedlicher Korrosionsbelastung/Korrosivitätskategorie												
			C2 (gering)			C3 (mäßig)			C4 (stark)			C5 (stark)			
			kurz	mittel	lang	kurz	mittel	lang	kurz	mittel	lang	kurz	mittel	lang	
S 1.01	AK/AY	100													
S 1.09	AK	160													
S 1.29	EP/PUR	160													
S 1.35	EP/PUR	240													
S 1.11	EP/PUR	280													
S. 1.06	EP/PUR	320													

**Tabelle 2: Auswahl von Beschichtungssystemen nach DIN EN ISO 12944-5**

geeignet
  geeignet, aber unwirtschaftlich
  ungeeignet

Deckbeschichtungen ergeben und durch ihre Pigmentierung (z. B. Zinkstaub) die wesentliche Korrosionsschutzfunktion übernehmen. Hinsichtlich Pigmentierung werden Grundbeschichtungen unterschieden in Zinkstaub-Grundbeschichtungen und solche, die „diverse“ Korrosionsschutz-Pigmente enthalten, in der Regel Zinkphosphat. Die Hauptfunktion von **Zwischenbeschichtungen** ist die Barrierewirkung für das Beschichtungssystem. Aus diesem Grund können sie auch Korrosionsschutzpigmente mit Barrierewirkung enthalten, z. B. Eisenglimmer. Die **Deckbeschichtung** ist verantwortlich für die gewünschten optischen Eigenschaften des Beschichtungssystems und für seine Wetterbelastbarkeit (UV-Beständigkeit).

### Schutzdauer von Beschichtungen

Die Schutzdauer eines Beschichtungssystems ist abhängig von der Art der Beschichtung und der Korrosionsbelastung. Von entscheidender Bedeutung für die Wirksamkeit einer Beschichtung ist aber auch die Schichtdicke. Bei Korrosionsbelastungen entsprechend Korrosivitätskategorie C1, z. B. im Inneren beheizter Gebäude, wird bereits mit einer Sollschilddicke von 80 µm Langzeitkorrosionsschutz erreicht. Bei Freibewitterung und mit zunehmender Korrosionsbelastung reicht diese Schichtdicke nicht einmal aus, die Schutzdauer „kurz“ zu erreichen. Tabelle 1 enthält Beispiele für die Schutzdauer von Beschichtungen in Abhängigkeit von Schichtdicke und Korrosionsbelastung.

### Duplex-Systeme

Ein Duplex-System ist die Kombination eines metallischen Überzuges, z. B. hergestellt durch Feuerverzinkung oder Spritzmetallisierung, mit einer Beschichtung. Die Schutzdauer ist durch den aus dieser Kombination resultierenden Synergie-Effekt um den Faktor 1,5 bis 2,5 mal größer als die Summe Schutzdauer Überzug/Beschichtung. Für die Beschichtung sind nur Beschichtungsstoffe zu verwenden, deren Eignung für Zinküberzüge im technischen Merkblatt des Stoffherstellers ausgewiesen ist.

Es gibt Beschichtungsstoffe, mit denen Zinküberzüge direkt beschichtet werden können. Wird für Beschichtungsstoffe als Oberflächenvorbereitung für Zinküberzüge „Sweepen“ ausdrücklich verlangt, sind die in der Richtlinie Korrosionsschutz des DSTV empfohlenen Sweep-Parameter einzuhalten.

### Literatur

- Stahlbau Arbeitshilfen  
Korrosionsschutz 1, 1.1, 1.2, 1.4
- DIN EN ISO 12944-1-8  
„Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“
- Verbände-Richtlinie  
„Korrosionsschutz von Stahlbauten – Duplex-Systeme“, DSTV, BVK, VdL, IVF
- Richtlinie „Korrosionsschutz von Stahlbauten in atmosphärischen Umgebungsbedingungen durch Beschichtungssysteme“, DSTV
- Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme, VdL, BVK

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

- Die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbauverbandes DSTV beherrschen die modernen Korrosionsschutzverfahren. Diese Unternehmen sind in der Lage, Sie bei der Auswahl eines wirksamen und wirtschaftlichen Oberflächenschutzes fachmännisch zu beraten und diesen auszuführen.
- Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

## 1.4 Korrosionsschutz Feuerverzinken

Feuerverzinken ist das gebräuchlichste Verfahren, Eisen oder Stahlteile durch Eintauchen in eine flüssige Zinkschmelze mit einem Zinküberzug zu versehen.

Die Schutzdauer eines Zinküberzuges ist bei atmosphärischer Belastung in der Regel höher als die von Beschichtungssystemen. Normative und informative Hinweise zum Feuerverzinken (Stückverzinken) enthält DIN EN ISO 1461.

### Anwendungsbereich

Grundsätzlich kann jede Stahlkonstruktion feuerverzinkt werden, sofern die verfahrensbedingten und konstruktiven Einschränkungen beachtet werden. Besonders vorteilhaft ist es, feingliedrige Stahlkonstruktionen wie z. B. Maste, Hochregallager u. a. zu verzinken.

### Grundsätze der baulichen Durchbildung

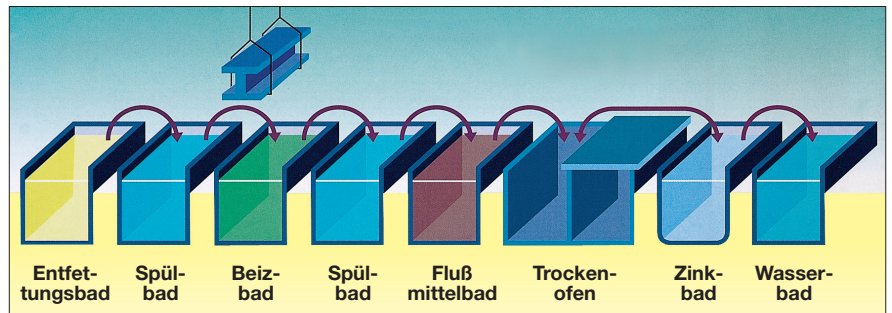
Bei der Planung und Konstruktion von Stahlbauteilen sind wesentliche Grundsätze des korrosionsschutzgerechten und insbesondere des verzinkungsgerechten Konstruierens zu beachten. Nur dann können ausreichender Korrosionsschutz und befriedigende Zinküberzüge erreicht und ein Verzug der Konstruktion, Risse oder andere Beschädigungen der Bauteile weitestgehend vermieden werden. Empfehlungen werden in DIN EN ISO 14713 gegeben. Insbesondere sicherheitsrelevante Besonderheiten beim Feuerverzinken, wie

- Vermeidung geschlossener Hohlräume oder Vorsehen von Entlüftungsöffnungen,
  - Vermeidung großflächiger Überlappungen (> 100 cm<sup>2</sup>) durch aufeinandergelegte Bleche und Profile (verdeckte Hohlräume),
  - Sicherstellung eines ungehinderten Ablaufes der Zinkschmelze
- sind zu beachten.

Bei der Planung von Stahlbauteilen, die feuerverzinkt werden sollen, sollte möglichst frühzeitig eine Abstimmung mit dem Feuerverzinkungsunternehmen zur Festlegung wesentlicher Qualitätsparameter erfolgen.

### Technologie des Feuerverzinkens

Das Feuerverzinken (Schema) erfordert eine metallisch blanke Oberfläche (Oberflächenvorbereitungsgrad Be nach DIN EN ISO 12944-4). Diese wird durch Entfetten und Entfernen von Rost und Zunder in Salzsäure-Beizbädern mit anschließender Flussmittelbehandlung hergestellt. In der Regel werden



### Schematischer Verfahrensablauf der Feuerverzinkung (Varianten sind möglich)

die Stahlkonstruktionen ohne mechanische Oberflächenvorbereitung den Feuerverzinkerien angeliefert. Verunreinigungen, die durch Entfetten und Beizen nicht zu beseitigen sind, z. B. Beschichtungsreste, Schweißschlacken bzw. -rückstände u. ä., sind vom Anlieferer zu entfernen.

Das Feuerverzinken erfolgt in Zinkschmelzen bei Temperaturen von ca. 450 °C. Gebräuchliche Kesselmaße für die Verzinkung von Stahlkonstruktionen sind  
 Länge: ca. 7 bis 16 m  
 Breite: ca. 1,30 bis 1,90 m  
 Tiefe: ca. 1,80 bis 3,20 m  
 Bei überlangen Stahlkonstruktionen kann durch Doppeltauchung die Feuerverzinkung ermöglicht werden.

### Verzinkungsverhalten von Stahl

Feuerverzinken ist eine Reaktion der Stahloberfläche mit der Zinkschmelze. Das Ergebnis dieser Reaktion, der Zinküberzug bzw. die Zink-Eisen-Legierung, ist in entscheidendem Maße abhängig von der chemischen Zusammensetzung, insbesondere vom Si + P-Gehalt der Stähle, von den Verzinkungsbedingungen (Schmelztemperatur, Tauchdauer) und von

der Topografie der Stahloberfläche (Tabelle 1). Silbrig glänzende Zinküberzüge, wie sie allgemein für die Anwendung der Feuerverzinkung unter gestalterischen oder ästhetischen Gesichtspunkten gewünscht werden, sind nur mit Stählen mit einem Si+P-Gehalt < 0,03 % oder durch Verwendung speziell legierter Zinkschmelzen erreichbar.

### Schichtdicke

Die Mindestschichtdicken von Zinküberzügen für Stahlteile in Abhängigkeit von der Materialdicke ist in Tabelle 2 angegeben. Die Werte werden in der Praxis meist überschritten. Sie sind abhängig vom Si+P-Gehalt des Stahls, der Zusammensetzung der Zinkschmelze und den Verzinkungsbedingungen. Die Schichtdicke kann mit magnetischen Messgeräten nach DIN EN ISO 2178 wie die Schichtdicke von Beschichtungen gemessen werden.

### Ausbesserung

Die Summe der Bereiche ohne Überzug (Fehlstellen) darf 0,5 % der Gesamtoberfläche eines Einzelteiles nicht überschreiten, eine Einzelfehlstelle darf nicht > 10 cm<sup>2</sup> betragen.

Nr.	Silizium + Phosphor [%]	Zinküberzug
1	< 0,03	silbrig glänzend, Zinkblume, niedrige Schichtdicke
2	0,03 ... < 0,13 Sandelin-Bereich	grau, z. T. grießig, hohe Schichtdicke
3	0,13 ... < 0,28 Sebisty-Bereich	silbrig-glänzend bis mattgrau, mittlere Schichtdicke
4	≤ 0,28	mattgrau, hohe Schichtdicke

Tabelle 1: Klassifizierung des Verzinkungsverhaltens von Baustählen

Bauteildicke [mm]	Mindestschichtdicke [ $\mu\text{m}$ ]
Stahl $\geq 6$ mm	85
Stahl $\geq 3$ mm < 6 mm	70
Stahl $\geq 1,5$ mm < 3mm	55
Stahl < 1,5 mm	45
Guss $\geq 6$ mm	80
Guss < 6mm	70

**Tabelle 2: Mindestschichtdicken von Zinküberzügen nach DIN EN ISO 1461**

Die Ausbesserung muss durch thermisches Spritzen mit Zink oder durch eine geeignete Zinkstaubbeschichtung nach Oberflächenvorbereitung der Fehlstelle zum Vorbereitungsgrad Sa 2 1/2 bzw. PMa nach DIN EN ISO 12944-4 erfolgen. In Deutschland werden für die Ausbesserung zinkreiche Beschichtungsstoffe auf Basis 2-Komponenten-Epoxidharz oder luftfeuchtigkeitshärtendem 1-Komponenten-Polyurethan empfohlen.

### Schutzdauer

Die Schutzdauer von Zinküberzügen bei atmosphärischer Belastung kann näherungsweise aus der Schichtdicke und den durchschnittlichen jährlichen Dickenverlust berechnet werden. Der jährliche Dickenverlust in Abhängigkeit von der Korrosionsbelastung

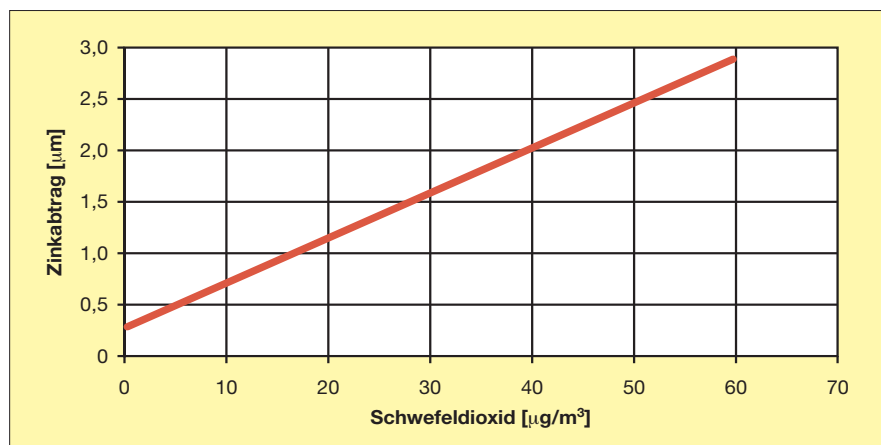
Korrosivitäts-kategorie	Dickenverlust von Zink [ $\mu\text{m}$ ]
C 1 unbed.	$\geq 0,1$
C 2 gering	$> 0,1 - 0,7$
C 3 mäßig	$> 0,7 - 2,1$
C 4 stark	$> 2,1 - 4,2$
C 5 sehr stark I	$> 4,2 - 8,4$
C 5 sehr stark M	$> 4,2 - 8,4$

**Tabelle 3: Dickenverlust von Zink in Abhängigkeit von der Korrosionsbelastung nach DIN EN ISO 12944-2**

ist in Tabelle 3 ausgewiesen. Abbildung 1 zeigt den Dickenverlust in Abhängigkeit vom  $\text{SO}_2$ -Gehalt der Atmosphäre. Die mittleren Jahresdurchschnittswerte für  $\text{SO}_2$  liegen in Deutschland zwischen  $5$  und  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , meist um  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . In Bereichen der verzinkten Konstruktion mit örtlich höheren Korrosionsbelastungen, z. B. lange Befeuchtungsdauer, Ablagerungen von Verunreinigungen u. a., kann der Dickenverlust pro Jahr erheblich größer sein.

### Verbindungsmittel

Für feuerverzinkte Stahlkonstruktionen sollten auch feuerverzinkte Verbindungsmittel verwendet werden. Für die Feuerverzinkung von Verbindungsmitteln gilt DIN 267 T10.



**Bild 1: Zinkabtrag in Abhängigkeit von  $\text{SO}_2$ -Belastung (nach Knotkova/Porter)**

### Literatur

- Stahlbau Arbeitshilfen Korrosionsschutz 1, 1.1, 1.2, 1.3
- DIN EN ISO 1461 „Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrauchte Zinküberzüge (Stückverzinken), Anforderungen und Prüfungen“
- DIN EN ISO 14713 „Zink- und Aluminiumüberzüge, Leitfäden“
- DIN EN ISO 12944-1-8 „Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“
- Verbände-Empfehlung „Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Feuerverzinken“, DSTV, IVF
- Merkblätter des Stahl-Informations-Zentrums, Düsseldorf, M 293, M 359 und M 329

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

- Die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbauverbandes DSTV beherrschen die modernen Korrosionsschutzverfahren. Diese Unternehmen sind in der Lage, Sie bei der Auswahl eines wirksamen und wirtschaftlichen Oberflächenschutzes fachmännisch zu beraten und diesen auszuführen.
- Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: [www.bauen-mit-stahl.de](http://www.bauen-mit-stahl.de)  
 E-Mail: [zentrale@bauen-mit-stahl.de](mailto:zentrale@bauen-mit-stahl.de)

## 2.1 Brandschutz für Stützen und Träger



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

### Vernünftig:

#### Baulicher Brandschutz „nach Maß“!

Gebäude und deren Teile sind so zu bemessen, daß sie im Brandfall ausreichend lang funktionsfähig bleiben. Stahlkonstruktionen erreichen mit geeigneten Brandschutzmaßnahmen jede gewünschte Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 Teil 2: F 30 (= Feuerwiderstandsdauer min. 30 Min.), F 60, 90, 120 und 180. Allerdings: Brand ist ein Lastfall wie alle anderen in der Statik; Brandschutzmaßnahmen sollten daher stets „nach Maß“ bemessen werden – also nach der jeweils von Bauart und Nutzung abhängigen Brandgefährdung. Eine höhere Feuerwiderstandsklasse als hiernach erforderlich ist unwirtschaftlich. Der Stahlbau hat viele Brandschutz-Lösungen entwickelt, die zugleich auch wichtige Aufgaben der Gestaltung, des Schall-, Wärme- und Korrosionsschutzes erfüllen.

#### Brandschutzaufwand – verringert durch richtige Planung

Der Brandschutz von Bauteilen ist nicht immer der einzige und günstigste Weg: Brandgefahr und Brandschutzaufwand lassen sich oft auch durch andere, gleichwertige Maßnahmen verringern. Beispiele, wie der Planer so den Ermessensspielraum der bauaufsichtlichen Vorschriften ausschöpfen kann:

- Begrenzungen des Brandes durch Unterteilung in Brandabschnitte
- Konzentration der Brandbelastung in besonderen Gebäudeabschnitten
- Dachöffnungen für Wärmeabzug
- Selbsttätige Feuerlöschanlagen (z. B. Sprinkler)

#### Das Brandverhalten stählerner Stützen und Träger

Bei Erwärmung auf mehr als 500 °C verlieren voll beanspruchte Stahlbauteile ihre Funktionsfähigkeit. Wo der Zeitraum bis zur Erreichung dieser „kritischen Temperatur“ nicht der geforderten Feuerwiderstandsdauer entspricht, kann er durch folgende Maßnahmen verlängert werden:

- Verzögerung des Wärmedurchganges durch Bekleidungen (z. B. Ummantelungen, Beschichtungen, Unterdecken) oder durch Betonummantelung bei Stützen

Mindestdicke für kastenförmige Ummantelungen mit Silikat-Platten von Stützen			
Werte nach Herstellerangaben (in mm)			
U = Profilumfang A = Profilfläche			
Feuerwiderstandsklassen			
U/A m <sup>-1</sup>	F 60	F 90	F 120
< 60	10	15	20
61 – 85		20	
86 – 100	12		30
101 – 120	15	25	
121 – 130			20
131 – 155	15	25	
156 – 170			20
176 – 200	20	35	
201 – 215			25
216 – 275	25	40	
276 – 300			30

Mindestdicke für Putzbekleidung von Trägern sowie Zug- und Druckstäben von Fachwerken			
Werte nach Herstellerangaben (in mm)			
U = Profilumfang A = Profilfläche			
Feuerwiderstandsklassen			
U/A m <sup>-1</sup>	F 60	F 90	F 120
< 90	15	20	25
90 – 119	15	25	30
120 – 179	20	30	40
180 – 300	20	35	45

#### Die gebräuchlichsten Brandschutz-Bekleidungen

Bei stählernen Stützen und Trägern – abgesehen von Verbundkonstruktionen und sehr massigen Profilen – werden Brandschutzmaßnahmen erforderlich, wenn eine Feuerwiderstandsklasse F 30 und darüber erreicht werden muß. Man unterscheidet direkten Schutz durch Ummantelungen bzw. Beschichtungen und direkten Schutz durch Abschirmungen. Die für den Brandschutz verwandten Materialien bzw. Bauweisen sind entweder genormt (aufgelistet in DIN 4102 Teil 4) oder herstellereigen (Prüfzeugnis oder allgemeine bauaufsichtliche Zulassung erforderlich). Tabellen für Mindestdicken von Bekleidungen sind in DIN 4102 Teil 4, im Stahlbau-Kalender bzw. in den Prüfzeugnissen enthalten.

- Kombination von Stahl mit Beton (Kernfüllung von Hohlprofilstützen mit Beton, ausbetonierte Kammern bei Trägern und Stützen)
- Ableiten der Wärme (Wasserfüllung von Hohlprofilstützen).

Grundsätzlich gilt: Massige Stahlprofile (= kleines Verhältnis von Profilumfang U zu Profilfläche A) erwärmen sich langsamer und haben daher eine größere Feuerwiderstandsdauer als dünnwandige Profile; dies wird auch in DIN 4102 berücksichtigt.

Einsatzgebiete	Gebräuchliche Ummantelungen für Stützen und (Fachwerk-)Träger				
	geeignet	beschränkt geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
Stützen	geeignet	beschränkt geeignet	geeignet	geeignet	geeignet
Träger	beschränkt geeignet	geeignet	beschränkt geeignet		geeignet
Fachwerke		geeignet		geeignet	
Herstellung	Örtlich hergestellt		Vorgefertigt		
	gegossen	gespritzt	Platten	Formteile	Matten
Form	Profilfolgend		Profilfolgend od. Kastenförmig	Kastenförmig	
Baustoffe	Gips <sup>1)</sup>	Torkret-Beton <sup>2)</sup>	Gips <sup>1)</sup>	Gips <sup>1)</sup>	Mineralfasern <sup>2)</sup>
	Beton <sup>1)</sup>	Vermiculite <sup>2)</sup>	Gipskarton <sup>1)</sup>	Gipsperlite <sup>2)</sup>	
		Mineralfasern <sup>2)</sup>	Fiber-Silikat <sup>2)</sup>	Mineralfasern <sup>2)</sup>	
			Vermiculite-Zement <sup>2)</sup>		
			Calcium-Silikat <sup>2)</sup>		
			Faser-Calcium-Silikat <sup>2)</sup>		
		Steinwolle <sup>2)</sup>			
	<div style="background-color: #00aaff; width: 20px; height: 10px; display: inline-block;"></div> = häufiger benutzte Baustoffe				

Bei größeren Bauten ist es wirtschaftlich, die Bekleidungsstärke entsprechend dem Verhältnis  $U : A$  abzustufen.

### Spritzputzummantelungen

sind besonders wirtschaftlich für den Schutz vollwandiger Träger und Fachwerkträger; für Stützen sind sie ebenfalls geeignet, wenn die Oberfläche vor mechanischen Beschädigungen im Verkehrsbereich geschützt wird. Wo nicht spritzrauh, sondern gebrauchsfertige Oberflächen gewünscht werden, können Zement-Hartmantelputze oder Metallverkleidungen (gleichzeitig mechanischer Schutz) eingesetzt werden. Die bewährten Vermiculite- und Mineralfaser-Spritzputze, ggf. mit Haftmittelzusätzen, haften ohne Putzträger sicher auf den Stahlbauteilen. Voraussetzung ist, daß der vorhandene Untergrund (Korrosionsschutzbeschichtung) verträglich d. h. verseifungsbeständig ist. Bewährt haben sich Beschichtungen mit Bindemitteln auf Acrylharz-, Epoxidharz- und Epoxidesterharzbasis. Näheres ist den Zulassungsbescheiden zu entnehmen. Bei geringer Korrosionsbeanspruchung können Spritzputze auch ohne besonderen Korrosionsschutz unmittelbar auf die gestrahlte Stahloberfläche aufgebracht werden.

### Plattenummantelungen

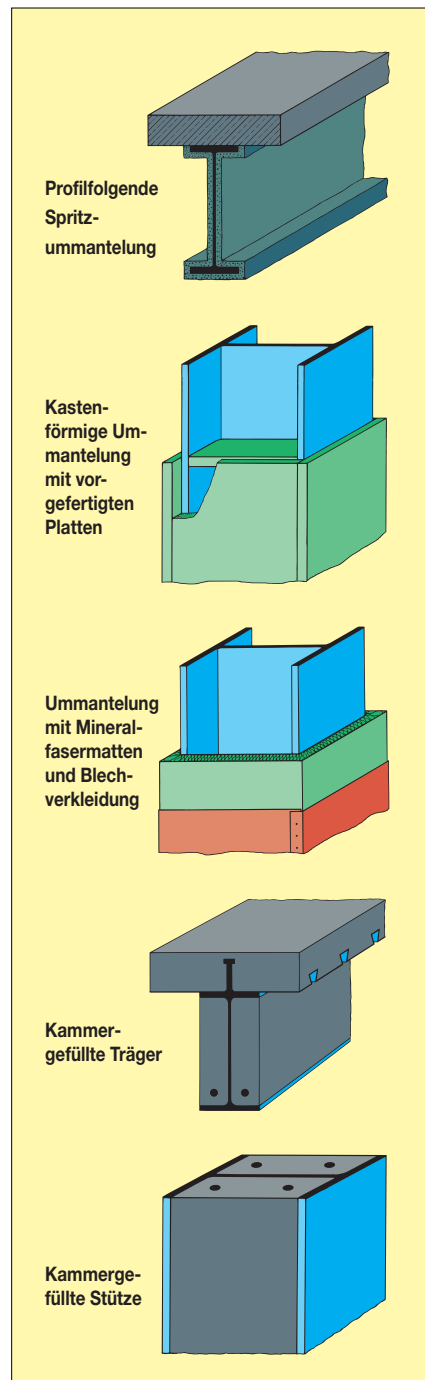
werden trocken und zimmermannsmäßig verarbeitet und weisen gleichbleibende Qualität und Dicke auf. Sie können durch Schrauben, Nageln oder Kleben (Stoßausbildung nach Herstellerangaben) befestigt werden. In der Regel ist eine Korrosionsschutz-Grundbeschichtung erforderlich. Die Oberflächen sind glatt, eben und fertig zur weiteren Behandlung. Plattenummantelungen werden vorzugsweise für Stützen eingesetzt, für Träger nur bei kleineren Objekten und dort, wo Trockenbauweise erwünscht ist.

### Ummantelungen aus Mineralfasermatten

erhalten ggf. aus optischen Gründen zusätzliche Blechverkleidungen.

### Dämmschichtbildende Beschichtungen

Mit Dämmschichtbildern, die ihre brandschützende Schicht erst unter Feuereinwirkung bilden, bleibt das Stahlprofil als architektonisches Element sichtbar. Sie werden wie Anstriche aufgebracht, erlauben vielfältige Farbgebung und sind gleichzeitig Bestandteil des Korrosionsschutzsystems.



Mehrere Dämmschicht-Systeme sind zur Verwendung im Gebäudeinneren für F 30 und F 60 zugelassen, eines ist für Außenbauteile und Bauteile in Feuchträumen anwendbar. Die Auftragsmengen und Schichtdicken für Stützen und Träger sind unterschiedlich und bei massiveren Querschnitten geringer als bei dünnwandigen.

### Verbundbaukonstruktionen

Bei betongefüllten Hohlprofilstützen, betonummantelten I-Profilstützen sowie kammerbetonierten Trägern und Stützen trägt der Beton nicht nur zur Traglaststeigerung bei, sondern übernimmt gleichzeitig brandschutztechnische Aufgaben. Je nach Art und Ausführung des Bauteils sind Feuerwiderstandsdauern bis F 180 erzielbar. Nähere Angaben enthält DIN 4102 Teil 4 (03.94).

### Literatur

- DIN 4102 Teil 2, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
- DIN 4102 Teil 4, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
- Stahlbau-Kalender
- Stahlbau-Arbeitshilfen
  - 2.2 Brandschutz bei Wänden
  - 2.4 Brandschutz bei Decken
  - 10 Verbundbauweise
- J. Falke, K.-H. Halfkann: Brandschutz nach Maß im Industriebau
- Rüdiger Haß, Claus Meyer-Ottens, Ulrich Quast: Verbundbau Brandschutz Handbuch
- Rüdiger Haß, Claus Meyer-Ottens, Ekkehard Richter: Stahlbau Brandschutz Handbuch

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

Die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbauverbandes haben die Erfahrung, Sie bei der Auswahl eines wirksamen und wirtschaftlichen Brandschutzes im Einzelfall fachmännisch zu beraten und diesen auszuführen

Die Organisation BAUEN MIT STAHL steht Ihnen mit ihren Ingenieuren ebenfalls gern zur Verfügung

- wenn Sie (z. B. im frühen Entwurfsstadium) eine firmenneutrale Beratung wünschen oder
- wenn Sie (auch im Gespräch mit den Behörden) die erforderlichen und angemessenen Brandschutzmaßnahmen bei einem konkreten Stahlbauprojekt ermitteln wollen.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: [www.bauen-mit-stahl.de](http://www.bauen-mit-stahl.de)  
 E-Mail: [zentrale@bauen-mit-stahl.de](mailto:zentrale@bauen-mit-stahl.de)

## 2.2 Brandschutz bei Wänden



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

### Vernünftig:

#### Baulicher Brandschutz „nach Maß“!

Brand ist ein Lastfall wie in der Statik; Brandschutzmaßnahmen sollten daher stets „nach Maß“ bemessen werden – also nach der jeweils von Bauart und Nutzung abhängigen Brandgefährdung. Eine höhere Feuerwiderstandsklasse als hiernach erforderlich ist unwirtschaftlich. Der Brandschutz von Bauteilen ist nicht immer der einzige und günstigste Weg; Brandgefahr und Brandschutzaufwand lassen sich oft auch durch andere, gleichwertige Maßnahmen verringern – z. B. Begrenzung des Brandes durch Unterteilung in Brandabschnitte, Konzentration der Brandbelastung in besonderen Gebäudeabschnitten, Dachöffnungen für Wärmeabzug, selbsttätige Feuerlöschanlagen (z. B. Sprinkler).

### Begriffe

Aus der Sicht des Brandschutzes wird zwischen raumabschließenden und nichtraum-

Funktionen von Wänden	raumabschließend	nichtraumabschließend	tragend	nichttragend
Trennwände	•		•	•
Wände in Rettungswegen	•		•	•
Treppenraumwände	•		•	•
Brandwände	•		•	•
Innenwandscheiben mit und ohne Öffnungen		•	•	
Außenwandscheiben (raumhoch) b > 1,0 m	•		•	•
Außenwandscheiben b < 1,0 m		•	•	
Brüstungen, Schürzen		•		•

abschließenden sowie tragenden und nichttragenden Wänden unterschieden; manche Bauteile haben doppelte Funktion.

### Brandschutzanforderungen

DIN 4102 Teil 2 enthält die Prüfanforderungen an raumabschließende und/oder tragende Wände zur Einreihung in die einzelnen Feuerwiderstandsklassen F 30 (feuerhemmend), F 60, F 90 (feuerbeständig), F 120, F 180. Raumabschließende Wände sollen die Brandübertragung auf andere Räume bzw. Gebäude (-teile) verhindern und müssen daher während der geforderten Feuerwiderstandsdauer

- dicht anschließen (kein Feuerdurchgang),
- wärmedämmend sein (keine unzulässige Erwärmung auf der dem Feuer abgewandten Seite),
- stoßfest sein und
- unter der Gebrauchs- bzw. Eigenlast standfest bleiben.

Beispiele gebräuchlicher Wandkonstruktionen									
	Konstruktion	Baustoffe	Dicke für F 90 in mm	Funktion*				Anmerkung	
				A	B	C	D		
Innen- und Außenwände	Massiv-Wände einschalig, auch mit Bekleidung	Normalbeton – DIN 1045	100	•			•	Bekleidungen dürfen als wirksame Wanddicke herangezogen werden	
			140/170**	•	•	•			
		Gasbeton – DIN 4223	100	•			•		
				200/225**	•	•	•		
	Massiv-Wände gemauert/Wandbauplatten einschalig gemauert, auch mit Bekleidung	Mauerziegel – DIN 105	115	•			•	Als Ausfachung für Stahlskelette gut geeignet	
		Kalksandsteine – DIN 106 Hüttensteine – DIN 398	115/140**	•	•	•			
	ein- oder zweischalig versetzt, vergossene oder vermörtelte Fugen, ggf. mit Dämmstoff-Füllung	Gips-Wandbauplatten – DIN 18163	80	•			•	auch für Aufzugsschächte und als Rückwände von Nischen und Schränken	
	ein- oder zweischalig, als Kern für weitere Beschichtungen und Bekleidungen	Wandbauplatten: Fiber-Silikat, Calcium-Silikat, Spezialgips	40 – 60	•			•		
	Gerippewände Gerippe (Kopf- und Fußleisten, Pfosten, Riegel) Beplankung (geschraubt, genagelt)	Holz, Dämmstoffstreifen, Stahl	Nach DIN 4102 Teil 4 bzw. Prüfzeugnis		•			•	umsetzbar, wenn die Fugen offen oder mit Deckleisten verschlossen sind. Wände aus Holz und Holzwerkstoffen sowie aus Stahl und Fiber-Silikat auch mit tragender Funktion
		Holzwerkstoff – DIN 68763 Gipskartonpl. – DIN 18180 Holzwolleleichtbaupl. – DIN 1101 Wandbaupl. s. o.							
Mineralfaserdämmstoff Holzwolleleichtbaupl. – DIN 1101									
Wandsysteme Pfosten- oder Tafelsysteme mit Fuß- und Kopfschienen	Holzelemente Stahlblechelemente			•			•	eignen sich vorzüglich für elementierte Stahlbausysteme	
Fachwerkwände Gerippe: auch mit aussteifenden Vertikalverbänden Beplankung	Stahl			•			•	Bekleidung ist auch für Fachwerkträger geeignet	
	Beton, Mauerwerk, Wandbaupl. s. o.								
Brandwände	Massiv-Wände ein- oder zweischalig	Normalbeton unbewehrt – DIN 1045	200	•			•		
		Normalbeton bewehrt – DIN 1045	120	•		•	•		
		Leichtbeton – DIN 4232, Mauerwerk	240 – 300	•			•		
Gerippe-Wände Gerippe: Beplankung:	Stahl			•			•	Genehmigung im Einzelfall erforderlich. o. allg. Bauaufs. Zul.	
	Fiber-Silikat mit Stahlblech (außen)								

\* A: raumabschließend B: nicht raumabschließend C: tragend D: nicht tragend

\*\* nach statischer Berechnung

### Bauaufsichtliche Vorschriften

Die Anforderungen ergeben sich im Regelfall wie folgt:

- tragende und aussteifende Wände im Geschossbau:  
bei 1- und 2geschossigen Gebäuden: F 30  
ab 3 Geschosse: F 90
- Wände in Rettungswegen (Fluren): F 30
- Trennwände zwischen Wohnungen und zwischen besonders brandgefährdeten und anderen Räumen: F 90
- Brandwände: F 90
- Treppenraumwände: F 90  
bei mehr als 2 Geschossen:  
so dick wie Brandwände

### Innenwände

Im Skelettbau haben die Wände meist nur raumabschließende Funktion, abgesehen von aussteifenden und zugleich vertikal belasteten raumabschließenden Wänden.

Die Feuerwiderstandsdauer tragender Wände wird durch das temperaturabhängige Festigkeitsverhalten von Beton, Stahl und Stein bestimmt. Bei massiven Wandtypen ist dies abhängig von der Wanddicke bzw. der Betonüberdeckung der Bewehrung, bei Gerippewänden von Profilabmessungen sowie Bekleidungsart und -dicke.

Wände sind allseitig so anzuschließen, dass ihre trennenden und dämmenden Funktionen nicht beeinträchtigt werden. Tragende Stahlstützen, auch mit dazwischenliegenden aussteifenden Vertikal-Verbänden, können insgesamt durch beidseitige Beplankung oder Verkleidung geschützt werden (Fachwerkwände). Dies gilt auch für Fachwerkträger (Binder).

### Brandwände

dienen zur Trennung oder Abgrenzung von Brandabschnitten und müssen zusätzliche Anforderungen nach DIN 4102 Teil 3 (z. B. gegen Stoßbeanspruchung) erfüllen. Die Vorschriften der Bauordnung regeln ihre Anordnung sowie ihre Verbindung mit abstützenden Bauteilen.

Brandwände können

- für sich allein standfest sein,
- sich an das Gebäude oder ein Gebäudeteil anlehnen (mit oder ohne Aufnahme von Vertikallasten) oder
- von den Geschossdecken getragen werden, ohne Vertikallasten zu übernehmen.

### Außenwände

können tragend oder nichttragend, raumabschließend oder nicht raumabschließend sein (siehe umseitige Tabelle). Tragende Außenwände sind brandschutztechnisch wie die

entsprechenden Innenwände zu behandeln. Dasselbe gilt vereinfachend auch für raumabschließende, nichttragende Außenwände.

### Brüstungen und Schürzen

sind zwar nach DIN 4102 nichttragend und nichtraumabschließend, erfüllen jedoch zuweilen ebenfalls Brandschutzaufgaben.

Um den Feuerüberschlag zu verhindern, fordern die bauaufsichtlichen Vorschriften, dass Außenwände in bestimmten Bandbreiten feuerwiderstandsfähig sind (Sturz + Deckenhöhe + Brüstung = Feuerüberschlagsweg = min. 1 m); dies gilt z. B. im Zwischendeckenbereich übereinanderliegender Brandabschnitte in Hochhäusern. Der Feuerüberschlag kann dabei auch durch auskragende Decken, Fluchtbalkone oder Sonnenschutz verhindert werden.

**Ausführungsmöglichkeiten für Brüstungen und Schürzen**

A	B	C	D	Baustoffe
	•		•	Ortbeton
•	•	•		Tafeln aus: Schwer-, Gas-, Bims- oder Holzspanbeton
	•			Mauerwerk
		•		Wandbauplatten aus: Gips, Fiber-Silikat, Calcium-Silikat
	•			Gerippewände mit Beplankung aus: Holzwerk- stoffen, Gipskarton, Holzwoleleichtbauplatten, Calcium-Silikat, Spezialgips
•		•		umsetzbare Tafelssysteme

Die Anforderungen an die Feuerwiderstandsklassen von nichttragenden Außenwänden (u. a. Brüstungen und Schürzen), W 30, 60, 80, 120, 180, bestimmt DIN 4102 Teil 3.

Es gilt dieselbe Klassifizierung in die Feuerwiderstandsklassen wie bei nichttragenden Innenwänden, wenn nicht besondere Prüfzeugnisse gemäß DIN 4102 Teil 3 vorliegen.

### Literatur

- DIN 4102 – Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Ausgabe Sept. 1977/März 1994
- Stahlbau-Handbuch Band 1\*
- Haß, Meyer-Ottens, Quast: Verbundbau-Brandschutz-Handbuch\*
- Stahlbau-Arbeitshilfen  
– 2.1 Brandschutz für Stützen und Träger  
– 2.4 Brandschutz für Decken

\* erhältlich über Stahlbau Verlags- und Service GmbH, Düsseldorf

### Architektur, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit im Einklang

Wirtschaftliche und architektonisch interessante Lösungen sind möglich, wenn der Brandschutz bereits in der frühen Planungsphase Berücksichtigung findet. Der Service von BAUEN MIT STAHL e. V. und dessen Brandschutzingenieur stehen Ihnen hierfür unterstützend und firmenneutral zur Verfügung.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de



## 2.4 Brandschutz für Decken

### Vernünftig:

#### Baulicher Brandschutz „nach Maß“!

Brand ist ein Lastfall wie alle anderen in der Statik; Brandschutzmaßnahmen sollten daher stets „nach Maß“ bemessen werden – also nach der jeweils von Bauart und Nutzung abhängigen Brandgefährdung. Eine höhere Feuerwiderstandsklasse als hiernach erforderlich ist unwirtschaftlich.

#### Brandschutzaufwand – verringert durch richtige Planung

Der Brandschutz von Bauteilen ist nicht immer der einzige und günstigste Weg; Brandgefahr und Brandschutzaufwand lassen sich oft auch durch andere, gleichwertige Maßnahmen verringern. Beispiele wie der Planer so den Ermessensspielraum der bauaufsichtlichen Vorschriften ausschöpfen kann:

- Begrenzung des Brandes durch Unterteilung in Brandabschnitte
- Konzentration der Brandbelastung in besonderen Gebäudeabschnitten
- Dachöffnungen für Wärmeabzug
- Selbsttätige Feuerlöschanlagen (z. B. Sprinkler)

#### Das Brandverhalten von Decken

Geschossdecken tragen die Deckenlasten und bilden die horizontale Trennung der Geschosse. Brandschutztechnisch sind sie raumabschließende tragende Bauteile. DIN 4102 Teil 2 enthält die Prüfanforderungen zur Einreihung in die einzelnen Feuerwiderstandsklassen: F 30 (feuerhemmend, Feuerwiderstandsdauer min. 30 Min.), F 60, F 90 (feuerbeständig), F 120, F 180.

Decken müssen während der geforderten Feuerwiderstandsdauer

- seitlich dicht anschließen (kein Feuerdurchgang),
- wärmedämmend sein (keine unzulässige Erwärmung auf der dem Feuer abgewandten Seite) und
- unter der Gebrauchslast standfest bleiben.

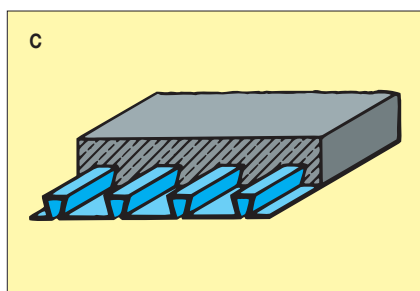
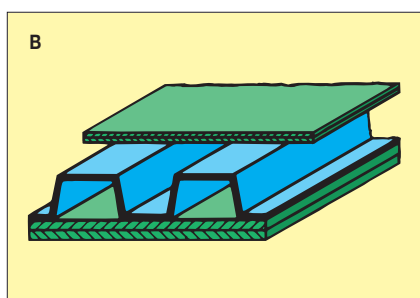
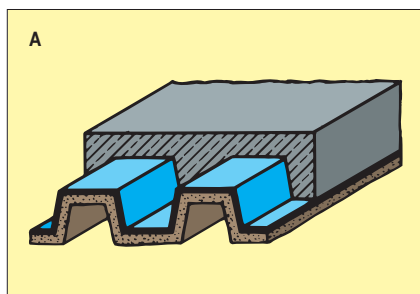
Das wird erreicht

- für die Träger durch Bekleidungen (z. B. Ummantelungen und Beschichtungen, siehe Stahlbau Arbeitshilfe 2.1 „Brandschutz für Stützen und Träger“),

- für die Deckenplatte allein durch die Auswahl einer (auch nach oben) ausreichend widerstandsfähigen Konstruktion (ggf. mit einer Bekleidung),
- für die Geschossdecke insgesamt durch Abschirmung von unten (durch Unterdecken) und von der Seite (durch Wände oder Abschottungen).

#### Indirekter Schutz durch Unterdecken

Unterdecken bilden den wichtigsten indirekten Schutz für Geschossdecken; zugleich erfüllen sie Aufgaben des optischen Raumabschlusses sowie des Schall- und Wärmeschutzes. Meist sind keine oder nur geringe Mehrkosten erforderlich, um mit dem Gesamtsystem „Rohdecke/Unterdecke“ die erforderliche Feuerwiderstandsklasse zu erreichen.



Man unterscheidet Unterdecken

- aus vorgefertigten Platten mit verspachtelten Fugen (Deckenraum unzugänglich),
- aus vorgefertigten montierbaren Platten, mit verdeckten oder sichtbaren Schienen (Installation zugänglich),
- aus abgehängten Matten.

Die je nach Feuerwiderstandsklasse erforderlichen Platten- bzw. Mattendicken und Mindestabhängetiefen sind in DIN 4102 Teil 4 oder in den Prüfzeugnissen der Hersteller festgelegt.

Lüftungsgitter für Hochdruck-Klimaanlagen lassen sich durch Brandklappen oder ähnliche Maßnahmen ohne wesentliche Beeinträchtigung der Feuerwiderstandsklasse absichern; dies gilt auch für eingebaute Leuchten. Aus Brandschutzgründen sind dichte seitliche Anschlüsse des Deckensystems (z. B. an der Außenwand oder bei Deckendurchbrüchen) unbedingt erforderlich.

#### Konstruktionsbeispiele für Decken mit Stahlprofilblechen (F 90)

##### A mit 50 mm Aufbeton

Unterseitiger Brandschutz aus

- profilfolgendem Spritzputz (Vermiculite 15 mm oder Mineralfasern 15 – 20 mm)
- oder Bekleidung mit vorgefertigten Platten (Fiber-Silikat 10 mm oder anderen gleichwertigen Materialien).

##### B mit oberseitigem Brandschutz (F 90) aus

- Plattenbekleidung: Fiber-Silikat 2 x 10 mm
  - oder Calcium-Silikat 2 x 5 mm
- und unterseitigem Schutz aus
- profilfolgendem Spritzputz 35 mm (Vermiculite oder Mineralfasern)
  - oder Bekleidung mit vorgefertigten Platten (Fiber-Silikat oder Calcium-Silikat 2 x 10 mm).

##### C Holoribblech-Verbunddecke

ohne unterseitige Bekleidung. Gutes Brandverhalten durch Schwalbenschanzform der Blechrippen.

Mindestanforderungen an • Betondeckenplatten • Stahlprofilblechdecken			Art und Abmessung nach DIN 4102 Teil 4 bzw. Prüfzeugnis				Bewehrung nach DIN 4102 Teil 4 bzw. Prüfzeugnis	
			Querschnitt	Statisches System	Mindestdicke d (in mm) F 90   F 120		Mindestachsabstand u (in mm) F 90   F 120	
Betondeckenplatten	Stahlbeton- oder Spannbeton-Platten aus Normalbeton (Ortbeton- oder Fertigteilplatten) ohne und mit Hohlraum – DIN 1045	Mindestdicken, ggf. unter Berücksichtigung von nicht brennbaren Estrichen und unteren Bekleidungen			100	120	35	45
	Stahlbetondielen – DIN 1045 Spannbetondielen – DIN 4227				120	140	nach Prüfzeugnis	
Bimsbetonhohldielen – DIN 4028 Gasbetonplatten – DIN 4223					75	100	nach Prüfzeugnis	
Stahlprofilblechdecken	mit Aufbeton	Stahlbetonplatten in Ortbeton auf Stahlprofilblechen als verllorener Schalung – DIN 1045			nach Prüfzeugnis		Mindestachsabstand für Zugbewehrung nach Prüfzeugnis, für Stützbewehrung nach DIN 4102 Teil 4 E	
					100	120	Zulagebewehrung und Mindestachsabstände nach Prüfzeugnis. Obere Bewehrung wie bei Durchlaufplatten nach DIN 1045 und DIN 4102 Teil 4 E	
	ohne Aufbeton	Selbsttragende Stahlprofilbleche mit oberseitiger Plattenbekleidung			oben z. B. Calcium-Silikat-Platten 2 x 5   2 x 8 unten z. B. Calcium-Silikat-Platten 2 x 10   2 x 15			

\* Obere Mindestbewehrung = 20 % der statisch erforderlichen Stützbewehrung Stahl BSt 420 und 500

Gebräuchliche Unterdecken zum indirekten Schutz von Geschoßdecken	
<b>Vorgefertigte Plattendecken</b>	
mit offenen oder verspachtelten Fugen	(de)montierbar
Holzwoleleichtbaupl. (nach DIN 4102 Teil 4)	Gipskartonplatten (nach DIN 4102 Teil 4)
Gipskartonplatten (nach DIN 4102 Teil 4)	Gipsperliteplatten
Calcium-Silikat-Platten	Calcium-Silikat-Platten
Fiber-Silikat-Platten	Fiber-Silikat-Platten
	Mineralfaserplatten
	Spezial-Vermiculite-Platten
<b>Abgehängte Matten aus Mineralfasern</b>	

### Literatur

- DIN 4102 – Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Ausgabe Sept. 1977/März 1994
- Stahlbau-Handbuch Band 1\*
- Haß, Meyer-Ottens, Quast: Verbundbau-Brandschutz-Handbuch\*
- Muess: „Brandverhalten von bekleideten Stahlbauteilen“\*
- Stahlbau Arbeitshilfen
  - 2.1 Brandschutz für Stützen und Träger
  - 2.2 Brandschutz bei Wänden
  - 10 Verbundbauweise

\* erhältlich über Stahlbau Verlags- und Service GmbH, Düsseldorf

### Architektur, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit im Einklang

Wirtschaftliche und architektonisch interessante Lösungen sind möglich, wenn der Brandschutz bereits in der frühen Planungsphase Berücksichtigung findet. Der Service von BAUEN MIT STAHL e. V. und dessen Brandschutzingenieur stehen Ihnen hierfür unterstützend und firmenneutral zur Verfügung.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: [www.bauen-mit-stahl.de](http://www.bauen-mit-stahl.de)  
E-Mail: [zentrale@bauen-mit-stahl.de](mailto:zentrale@bauen-mit-stahl.de)

## 5.1 Montagegerechtes Konstruieren

Diese Arbeitshilfe hat zum Ziel – unter Mitwirkung und Zusammenarbeit von TB, Werkstatt, Versand und Montage – eine optimale, montagegerechte Konstruktionslösung zu erarbeiten. Es werden u. a. folgende Bereiche des Stahlbaus behandelt: Stahlbrückenbau, Stahlhochbau, Mastbau, Stahltürme, Aufzugsanlagen, Stahlwasserbau, Stahlwerks- und Walzwerksanlagenbau, Großbehälter und Großrohrleitungen, Kranbau, Kraftwerksbau, Produktionsmittel der Autoindustrie, Schiffbau, Gerüstbau sowie Abbrucharbeiten.

### Übersichten

Übersichten müssen als Montagevorlage benutzt werden können und deshalb zumindest die folgenden Angaben, Hinweise enthalten:

- Zeichnungsnummern
- Hauptpositionen
- Hauptprofile
- Maßstabgerechte Bauteildarstellung mit:
  - Hauptabmessungen
  - Montagestößen
  - Stabilisierung aus dem statischen System
  - Kennzeichnung von Baulosen (bei größeren BV).

Bei komplizierten Konstruktionen können zusätzliche Detailzeichnungen für die Montage erforderlich werden. Bei Teilübersichten mit Markierung des Ausschnittes in einer verkleinerten Schema-Übersicht (Grundriss).

Zur frühzeitigen Planung von Lieferfolgen empfehlen sich Grobübersichten, die mit folgenden Angaben versehen sind:

- Profile nach statischer Berechnung
- alle Haupt- und Achsmaße
- Längs- und Querschnitte
- Fertigungspositionen und/oder Montagepositionen
- Für den Einsatz von Hebezeugen sind frühzeitig realistische Bauteilabmessungen, Bauteilgewichte sowie Schwerpunktangaben erforderlich, die in den Zeichnungsunterlagen enthalten sein müssen.

### Zeichnungsverzeichnis

Ein komplettes Zeichnungsverzeichnis mit den Übersichten und den zugehörigen Ausführungszeichnungen bereits im Planungsstadium an die Montage geben. Das Verzeichnis und die Zeichnungen fortlaufend auf den aktuellen Stand bringen und an die Montage weiterleiten.

### Abstimmung zwischen Technischem Büro und Montage vor Konstruktionsbeginn

- Erkundung nach dem Montage-Ablauf, der bei der Montagekalkulation festgelegt wurde.
- Vergleich Angebots- und Ausführungskalkulation.
- Festlegung der Montagefolge (kostenbeeinflussend für die Bereiche Fertigung und Transport).
- Festlegung von Abmessungen und Gewichten, der transportier- und montierbaren Einzelteile.
- Abstimmung mit Fertigung und Versand, unter Berücksichtigung der Baustellenzufahrten und -verhältnisse, Krankkapazitäten und sonstige Hubgeräte.
- Festlegung von Montage-Hilfskonstruktionen (Schutz des Bauwerks) Montageverbände
  - zur horizontalen und vertikalen Stabilisierung,
  - möglichst endgültige, nur in Ausnahmefällen temporäre, der Montagefolge und -richtung angepasste Verbände vorsehen,
  - statische Berechnung und konstruktive Durcharbeitung frühzeitig beginnen,
  - möglichst keine Flacheisen-Verbände konstruieren (Durchhang und schlechte Ausrichtmöglichkeit).

### Hilfsunterstützungen

- Generell bei der Statik beachten, dass andere Belastungen als beim fertigen Bauwerk auftreten können.
- Festlegung und statischer Nachweis von Anschlagpunkten. Dabei sind u. a. zu berücksichtigen:
  - mögliche Stöße und Schwingungen,
  - flachere Winkel von Anschlagseilen,
  - Zusatzbeanspruchungen beim Aufstellen von Bindern und Stützen, z. B. Biegedrillknicken beim Heben und Absetzen schlanker, langer und hoher Bauteile,
  - Pressen-Ansatzpunkte,
  - Verschubmöglichkeiten,
  - Absetzknaggen.
- Hilfsein- und -abspannungen, z. B. bei der Montage von Pendelstützen:
  - bei Pendel- oder Einspannstützen mit Köcherverankerung möglichst keine Abspannungen, dafür Hilfsanker vorsehen,
  - Hilfskonstruktionen für Rüstmöglichkeiten planen, z. B. Einhängetaschen oder Ähnliches.

### Arbeitsschutz

- Zweck des Arbeitsschutzes:
  - Schutz des Menschen
  - Steigerung der Arbeitseffektivität
  - Verbesserung des Betriebsergebnisses.
- Kriterien für konstruktive Maßnahmen:
  - Definition Arbeitsplatz:
    - Wo sind Arbeitsplätze einzurichten?
  - Zugänge zum Arbeitsplatz:
    - Wie kann der Arbeitsplatz schnell und ohne Gefährdung erreicht werden?
  - Heben von Bauteilen:
    - Müssen Bauteile mit schweren Anschlagmitteln gehoben werden?
  - Definition von Montagezuständen:
    - Sind aufeinander folgende Arbeitsvorgänge erforderlich?
  - Koordination parallel laufender Arbeiten:
    - Liegt eine Überschneidung der Stahlbaumontage mit anderen Gewerken vor?
  - Räumlicher Abstand zwischen Gefahrenquelle und Mensch:
    - Emissionsgefahren/ Atemschutz und Belüftung
    - Elektrische Gefahrenquellen/ Strahlenschutz.
- Maßnahmen des Arbeitsschutzes:
  - personenbezogene Schutzmaßnahmen (persönliche Schutzausrüstung)
  - konstruktive Schutzmaßnahmen.
- Vorteile der konsequenten Umsetzung des Arbeitsschutzes
  - Durch das Gefühl, in einer sicheren Umgebung zu arbeiten, steigt die Effizienz der Arbeit und damit die Montagegeschwindigkeit.
  - Höhere Montagegeschwindigkeit bedeutet eine Verringerung der Stückkosten.
  - Weil die Konzentration auf die Ausführung der Arbeit gelegt werden kann und nicht auf die Umgehung möglicher Gefahrenquellen gerichtet werden muss, steigt die Qualität der Ausführung.
  - Mängelbedingte Nacharbeitungskosten sinken infolgedessen.
  - Durch die Vermeidung von Unfällen sinkt der Krankenstand. Lohnfortzahlungen im Krankheitsfall werden dadurch minimiert.
  - Zur Invalidität führende Unfälle gehen zurück.
  - Sich aus der Unfallhäufigkeit errechnende, an die Berufsgenossenschaften (Rententräger) zu zahlende Beiträge, werden minimiert.
  - Das betriebswirtschaftliche Ergebnis wird verbessert.

### Allgemeine Konstruktionsdetails

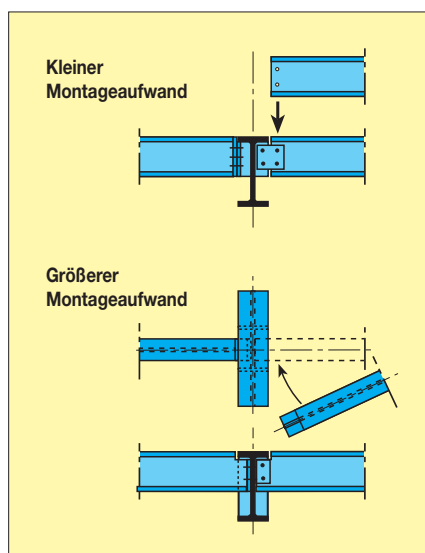
#### Grundsätze

- Je einfacher die Anschlüsse, je besser ist die Konstruktion zu montieren.
- Typisierte Verbindungen wählen (siehe DASt-Ringbuch „Bemessungshilfen für profilorientiertes Konstruieren“), Schraubenabstände auf Werkzeuge abstimmen.
- Möglichst gleiche Verbindungen wählen.
- Die Verwendung von vielen unterschiedlichen Profilen ist zu vermeiden.
- Wenige Schrauben mit größerem Durchmesser sind wirtschaftlicher als mehr Schrauben mit kleinem Durchmesser.
- Möglichst große transportierbare Bauteile im Werk fertigen, werkseigene Fertigung ist unter einfacheren Bedingungen (bessere Qualität) zu erstellen.
- Hebe- und Stückgewichte bereits in der Planung montagegerecht fest legen. Einbringungsmöglichkeiten der Montagelasten, Zugverankerungen, provisorische Auflager, Pratzendrucke und Pressenansatzpunkte berücksichtigen.
- Erforderliche Anschlagösen und deren Befestigung im technischen Büro planen und nach Möglichkeit im Fertigungsbetrieb anbauen, eventuell zum Verbleib beschichten.
- Anpaßarbeiten sind auf der Baustelle zu vermeiden. Hierzu sind die Systeme in TB genau zu berechnen. Toleranzabweichungen sind durch entsprechende konstruktive Maßnahmen auszugleichen (z. B. Fingerfutter).

#### Trägeranschlüsse

- Das Einschwenken der Träger muss ohne Behinderung möglich sein (Störkanten beachten).

#### Einfahren von Trägern



- Träger mit Untertoleranzen fertigen.
- Bei eingewechseltem Durchlaufträger mit Kopfplatten zwischen den Unterzügen oder an Stützen muss der gegenüberliegende Träger mit einem zusätzlichen Schraubenpaar ausgelegt werden.

#### Stützenfüße

- Um Abspannungen bei der Montage zu vermeiden sollen die Stützen so ausgebildet/verankert werden, dass diese im Montagezustand mit Hilfe der Verankerungsschrauben stehenbleiben.
- Unterlagsbleche in der Fuge (Fundament/Fußplatte) sind einzuplanen und mit zur Baustelle zu liefern.
- Vergussfuge mindestens 2 cm vorsehen. Ankerschraubenlänge entsprechend festlegen. Beim Vergussmaterial sind die Vorschriften des Herstellers zu beachten.
- Bei großen Fußplatten sind Vergusslöcher vorzusehen

#### Verbände

- Hilfsverbände vermeiden, statisch erforderliche Verbände in geschraubter Ausführung planen.
- Die Verbände gemäß der Montagerichtung planen.
- Flacheisenverbände vermeiden.

#### Baustellenschraubverbindungen

- Möglichst gleiche Schraubendurchmesser verwenden.
- Die Schraubanschlüsse (Abstände) sind so zu konstruieren, dass die Benutzung des jeweiligen Schraubwerkzeuges auch möglich ist.
- Wegen der Verwechslungsgefahr gleiche Materialgüten der Schrauben vorsehen – zumindest an einem Knotenpunkt.
- Die Schraubenabmessungen sind deutlich in die Konstruktionszeichnungen einzutragen, die eventuell erforderlichen Anziehungsmomente (Vorspannkräfte) sind je Anschluss zu definieren.
- Zur besseren Kontrolle der Vollständigkeit komplette Schraubenlisten für einen Auftrag bzw. für einen Bauabschnitt erstellen. (Ausgangs-Eingangskontrolle).

#### Baustellen-Schweißstöße

- Bei der Planung von Baustellenstößen ist der Schweißfachingenieur heranzuziehen.
- Bei der Materialauswahl ist auf die Bedingungen der Schweißbarkeit zu achten.
- Bei Schweißstößen auf der Baustelle sind die Konstruktionsteile mit temporären Verbindungen, die ein Halten und ein Ausrichten ermöglichen, zu planen. Die Schweißverfahren und die Schweißfolge sind bei der Planung zu berücksichtigen.

- Falls die Konstruktionsteile in der Werkstatt zusammengelegt und angepasst worden sind, ist sicherzustellen, dass die Hilfsverbindungsmitel und Auslaufbleche entsprechend gekennzeichnet zur Baustelle geliefert werden.
- Bei Schweißen von Kastenprofilen ist darauf zu achten, dass ein Schweißen möglich ist: z. B. Steifen in Nähe der Schweißnaht, Schotte, Durchstiege, Belüftungsmöglichkeiten.
- Baustellenstöße bei Stahlbauten grundsätzlich oberhalb der Bühnen vorsehen.

#### Walz- und Fertigungstoleranzen

- Walz- und Fertigungstoleranzen müssen durch deutliche Angaben von Zwangs- und Fixmaßen, (funktionsgerechte Vermaßung) und deren Ausgleich durch Futter (Minusmaße) berücksichtigt werden, ebenso geforderte Bautoleranzen.
- Bei Serienfertigungen möglichst eine Grundfutterstärke vorsehen.
- Ausgleich bei Trägeranschlüssen durch Fingerfutter.
- Bei hohen Toleranzvorgaben Profile aus einer Walzung ordern.

#### Literatur

- Stahlbau Arbeitshilfen: 1.1, 1.2, 1.4, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 11.1, 23, 23.2
- DSTV-Empfehlungen:
  - Allgemeine Bedingungen – Lieferungen von Stahlkonstruktionen im Inland
  - Montage von Stahlkonstruktionen
- DSTV-Montagevereinbarungen: bei Arbeitsgemeinschaften (12.78)
- Stahlbau Handbuch, Band 2
- Handbuch für Stahlbaumontage 2, 5, 9, 10
- DIN V-ENV 1090-1 Ausführung von Tragwerken aus Stahl Teil 1: Allgemeine Regeln für Hochbauten Deutsche Fassung von ENV-1: April 1996 Insbesondere die Kapitel: 7, 9, 11, 12 und Anhang C (Angaben neueste Fassung)
- DIN 18800



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

## 5.2 Baustellen



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

Um einen reibungslosen, wirtschaftlich optimalen Ablauf der Montagearbeiten sicherzustellen, sollten Auftraggeber und Auftragnehmer frühzeitig – möglichst gemeinsam – alle in dieser Checkliste aufgeführten Fragen klären.

### 1. BAUSTELLENBESCHREIBUNG

- **Zuständige Ansprechpartner**
  - Bauherr
  - Auftraggeber
  - Behörde
  - Bauleiter
  - Bauüberwachung
  - Koordinator  
(bei verschiedenen Gewerken)
  - .....
- **Anschriften**
  - Ortsangabe
  - Versandadresse
  - .....
- **Lageplan**
  - Übersichtsskizze mit Angaben über Montageeinrichtungen
  - Flächen für Baustelleneinrichtungen und Zwischenlager
  - .....
- **Terminablauf**
  - .....

### 2. ZUFAHRTSWEGE UND KRAN-STANDPLÄTZE

- **Zufahrtsmöglichkeiten zur Baustelle**
    - Straßenanschluss
    - Bahnanschluss
    - Wasserweganschluss
    - .....
  - **Befahrbarkeit und Belastbarkeit zur und auf der Baustelle sowie der Montageflächen**
    - mit LKW
    - mit Autokran
    - mit anderen Geräten
    - mit/ohne zusätzliche(n) Befestigungsmaßnahmen
    - witterungsabhängig
    - mit welchen Einschränkungen
    - Unterhaltung und Reinigung
    - Abstützung von Decken
    - Überfahren von Leitungen
    - Einschränkung von Kranbewegungen
    - erforderliche Rampen und Umfahrten
    - Wendemöglichkeiten
    - .....
  - **Baustellenumzäunung**
    - .....
- ### 3. UNTERKÜNFTE, BÜRO UND SANITÄRE ANLAGEN
- **Aufstellmöglichkeiten**
    - Tagesunterkünfte
    - Nachtunterkünfte
    - Büros
    - Magazine
    - Wasch- und Toiletteneinrichtungen
    - .....
  - **Ver- und Entsorgung**
    - Frischwasseranschluss
    - Abwasseranschluss
    - Stromanschluss
    - Dampfanschluss
    - Abfallbeseitigung
    - .....
  - **Telefon- und Faxanschluss**
    - vorhandene Nebenanschlüsse
    - Funksprechanlagen
    - .....

### 4. LAGERFLÄCHEN

- **Lagerplätze im Bereich der Hebezeuge**
  - .....
- **Zwischenlager**
  - .....
- **Magazine**
  - .....
- **Allgemeines**
  - Größe
  - Lage
  - Belastbarkeit
  - Unterhaltung und Reinigung
  - Sicherheitsabstände
  - Hochwasserfreiheit
  - .....

### 5. ENERGIEVERSORGUNG, VERBRAUCHSSTOFFE

- **Stromanschluss**
  - Anschlusswert
  - Absicherung
  - Entfernung
  - Hauptanschluss E-Werk
  - Aggregat
  - .....
- **Wasseranschluss**
  - Abgabemenge
  - Entfernung
  - Hydrant
  - Entwässerung
  - Pumpen
  - .....
- **Druckluft**
  - Kompressor
  - .....
- **Technische Gase**
  - vorhandene Anschlüsse  
z. B. Azetylen, Sauerstoff
  - Lagerung von Gasflaschen  
z. B. Propan, Schweißgase
  - .....

### 6. HEBEZEUGE, ARBEITSGERÄTE UND WERKZEUGE

- **Hebezeuge**
  - Turmdrehkran
  - Autokran
  - LKW mit Lastaufnahmemittel
  - Winden, Hub- und Zuggeräte
  - Bauaufzug
  - Lastaufnahmeeinrichtungen für Hebezeuge
  - Einsatz für andere Gewerke
  - .....
- **Arbeitsgeräte**
  - Hebebühnen
  - Gabelstapler
  - Grundwasserhaltung
  - Wasserfahrzeuge, Ponton
  - Baumaschinen aller Art, wie z. B. Bagger, Lader, Planier- und Schürfgeräte
  - .....
- **Werkzeuge**
  - Explosionsschutz
  - enge Räume
  - .....

### 7. ARBEITSSCHUTZMASSNAHMEN (Erforderlichenfalls Abstimmung mit anderen Gewerken)

- **Gerüste**
  - Standgerüste
  - Rollgerüste
  - Hängegerüste
  - Hubgerüste
  - Schutzgerüste
  - .....
- **Zugänge, Abstiege**
  - Treppen
  - Leitern
  - Aufzüge
  - Fahrkörbe
  - Skylift
  - .....
- **Absturzsicherungen**
  - Geländer, Seile
  - Abdeckungen
  - Auffangnetze
  - .....
- **Sicherungsmaßnahmen**
  - Beleuchtung
  - Schweiß- und Brennerlaubnis
  - Warnposten
  - Brandsicherung
  - Werksvorschriften
  - .....
- **Baustellenbewachung**
  - .....
- **Erste Hilfe**
  - Unfallarzt
  - Krankenhaus
- **Polizei**
  - .....

### 8. VERKEHRSSICHERUNGS- UND -LENKUNGSMASSNAHMEN

- **Verkehrsregelung**
  - Schilder aller Art
  - Ampelanlagen
  - Schifffahrtszeichen
  - Absperrungen
  - Posten
  - Flugsicherung
  - Beleuchtung
  - .....
- **Behördliche Genehmigungen**
  - .....
- **Transportbegleitung**
  - .....

### 9. SONSTIGE INFORMATIONEN

- **Vorhaltung der Baustelleneinrichtung bei Unterbrechungen**
  - .....
- **Umweltschutz**
  - Lärmschutz
  - Reinigen der Baustelle
  - .....
- **Witterungsmaßnahmen**
  - Abdeckung, Zelte, Planen
  - Beheizung
  - Winterbaumaßnahmen
  - .....
- **Nachbarschaft**
  - .....
- .....



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: [www.bauen-mit-stahl.de](http://www.bauen-mit-stahl.de)  
E-Mail: [zentrale@bauen-mit-stahl.de](mailto:zentrale@bauen-mit-stahl.de)

## 5.3 Fertigungsgerechtes Konstruieren

Die folgenden Empfehlungen wurden innerhalb des Deutschen Stahlbau-Verbandes DSTV im Arbeitsausschuss „Fertigung“ erarbeitet. Es handelt sich hier um Idealforderungen seitens der Fertigung an die Konstruktion. Sie müssen nicht allgemein verbindlich sein. Im Einzelfall kann es durchaus wirtschaftlicher sein, Kosten in andere Bereiche zu verlagern (siehe auch Stahlbau Arbeitshilfe 5.1).

### Grundlagen

Grundlagen für das Erstellen der bautechnischen Unterlagen zum Fertigen in den einzelnen Anwendungsbereichen Stahlbau, Maschinenbau, Behälterbau, Rohrleitungsbau usw. sind die einschlägigen technischen Vorschriften, insbesondere DIN-Normen.

Ein Katalog sämtlicher für die Stahlbaufertigung wichtigen Normen – bei Auslandsaufträgen auch solcher aus dem Ausland – ist deshalb zu erstellen und muss für das Technische Büro (TB) verfügbar sein.

### Fertigungsmöglichkeiten

Das Konstruieren beginnt beim Verkauf. Zuerst muss deshalb der Verkäufer wissen, was in seinem Unternehmen gefertigt werden kann.

Die zu entwerfende Konstruktion muss den Fertigungsmöglichkeiten des eigenen Betriebes angepasst sein, damit sie mit den vorhandenen Bearbeitungsmaschinen so wirtschaftlich wie möglich hergestellt werden kann. Diese Möglichkeiten können jedoch in verschiedenen Unternehmen unterschiedlich sein. Deshalb ist für das TB ein werksinterner Katalog mit allen verfügbaren Betriebseinrichtungen zu erstellen, damit es über die vorhandenen Fertigungsmöglichkeiten vor Beginn der Konstruktionsarbeiten unterrichtet ist. Eine mündliche Unterrichtung des TB mit Erläuterungen an Hand von Beispielen ist zusätzlich zu empfehlen.

Dieser Katalog sollte auch Angaben enthalten über:

- Konservierungsmöglichkeiten,
- vorhandene Hubkapazitäten,
- maximal bearbeitbare Abmessungen an Fertigungsmaschinen,
- maximale Konstruktionsabmessungen,
- Gewichte für Transporte innerhalb der Werkstatt und von dort zur Baustelle.

Bewährt hat sich auch eine Aussprache zwischen TB und Werkstatt über die zu fertigende Konstruktion, sobald die ersten Entwürfe im TB dazu vorliegen. Je früher der Betrieb auf die Konstruktion Einfluss nehmen kann, desto wirtschaftlicher ist das Ergebnis.

### Materialdisposition

Bereits bei Beginn der Konstruktionsarbeiten im TB ist die richtige Auswahl des erforderlichen Walzmaterials und ggf. der Zuliefererteile unter Berücksichtigung der technischen Anforderungen und firmenspezifischen Fertigungsmöglichkeiten zu treffen.

Bei der Materialdisposition ist insbesondere folgendes zu beachten:

- Anzahl unterschiedlicher Profile und Bleche auf ein Minimum reduzieren
- Lager für Walzmaterial möglichst klein halten, Anschlussmaterial (Bleche, Winkel) ebenfalls auf wenige Abmessungen beschränken und übriges Material kommissionsgebunden bestellen
- Walztermine der Hersteller (Walzwerke) nutzen
- Möglichst Lagerlängen verwenden und Übergroßen vermeiden
- Maximal-Abmessungen in der Fertigung beachten
- Ausreichende Materialzugaben für Zuschnitte für die Bearbeitung (Brennen, Scheren, Biegen, Kanten, Fräsen) vorsehen
- Zuschnittplan bereits bei der Materialdisposition auf den Fertigungsablauf abstimmen.

### Bautechnische Unterlagen Angaben

Aus den für die Fertigung erforderlichen bautechnischen Unterlagen müssen neben den üblichen Angaben gemäß DIN 18800 Teil 1, Ausgabe 11/90, Abschnitt 1.2 folgende Zusatzinformationen ersichtlich sein:

- Anzahl der Ausführung,
- zugehörige Zeichnungen, z. B. Zuschnittpläne usw.
- zugehörige Schweißpläne,
- zugehörige Prüfpläne,
- zugrundeliegende DIN-Normen, z. B. für Fertigungstoleranzen,
- Kennzeichnung des dargestellten Bauteils.

### Darstellung

Bei der Darstellung aller für die Fertigung notwendigen Angaben in den bautechnischen Unterlagen ist folgendes zu beachten:

- Für den Betrieb leicht lesbare Zeichnungen mit allen für die Fertigung notwendigen Angaben erstellen
- Spiegelbildliche Darstellungen und Klammermaße vermeiden
- Für Konstruktionsvarianten Mutterpausen und Aufkleber verwenden
- Positionsnummern grundsätzlich in die Hauptdarstellung des betreffenden Bauteils eintragen (Aus der Hauptdarstellung soll das Bauteil möglichst komplett ersichtlich sein. Angaben in Schnitten und Ansichten sind unzureichend.)
- Sind Angaben zu einzelnen Positionen in der Hauptdarstellung auf mehrere Zeichnungen verteilt, ist in den zugehörigen Schnitten und Ansichten auf die entsprechende Zeichnungs-Nr. zu verweisen.
- Erforderliche Schnitte und Ansichten unmittelbar neben der Hauptdarstellung platzieren
- Abmessungs- und Werkstoffangaben sowie Hinweise auf Naturgrößen und Aufmaße unmittelbar neben der Positionsnummer eintragen
- Bauteile mit gleichen Abmessungen, jedoch unterschiedlicher Ausführung (z. B. zusätzliche Bohrung) mit gesonderter Positionsnummer versehen
- Konstruktionsdetails und wichtige Fertigungshinweise, z. B. Angaben über die mechanische Bearbeitung, in angemessenem Maßstab (häufig zu klein) und an richtiger Stelle angeben.

### Vermaßung

Die fertigungsgerechte Vermaßung der einzelnen Konstruktionsteile auf der Zeichnung ist besonders wichtig. Dabei sind folgende Hinweise zu beachten:

- Vermaßung im rechtwinkligen x-y-Koordinatensystem vornehmen
- Teile funktionsgerecht vermaßen
- Maßangaben für eine in sich geschlossene Baueinheit möglichst nicht über mehrere Zeichnungsblätter verteilen
- Gesamtmaße und durchgehende Maßketten eintragen; keine Teilvermaßung über Systemachsen

- Bei Kettenvermaßung letztes Maß als Freimaß kennzeichnen; bei Bühnenkonstruktionen immer von O.K.-Bühne ausgehen
- Berücksichtigung handelsüblicher Walztoleranzen bei Festlegung der Bauwerkstoleranz unter gleichzeitiger Beachtung des möglichen Schweißverzugs
- Einzelposition weitgehend an der Hauptdarstellung vermaßen
- Bei zu kantenden Teilen neben Fertigmaßen auch Knicklinien am abgewinkelten Bauteil vermaßen
- Funktions- und Kontrollmaße durch Einrahmen besonders hervorheben
- Eindeutige Lochbilder verwenden; z. B. gering voneinander abweichende Streichmaße vermeiden
- Hinweise auf mechanische Bearbeitungsvorgänge in Zeichnung deutlich hervorheben und Bearbeitungszugaben berücksichtigen
- Hinweise auf Ein- und Anbauteile in Zeichnung aufnehmen
- Auf ausreichende Dimensionierung von Öffnungen an Schweißkonstruktionen achten, und zwar für den späteren Einbau von Maschinenteilen unter Berücksichtigung von Verzug und Schrumpfungen

### Vermaßung von Schweißnähten

- Schweißzeichen auf Zeichnungen einheitlich nach Norm handhaben
- Pauschale Schweißnahtangaben auf Zeichnungen vermeiden
- Angabe der rechnerisch erforderlichen Mindestnahtdicken durch TB, Festlegung der fertigungstechnisch notwendigen Maße unter Berücksichtigung der zu verschweißenden Materialstärken, Verzug, Schrumpfung usw. durch Arbeitsvorbereitung. (Keine erhöhten Forderungen durch TB)
- Sämtliche Schweißnahtangaben (Nahtstärke, Form, Länge und evtl. Unterbrechungen, ggf. Schweißverfahren) in die Hauptdarstellung des Bauteils eintragen
- Ergänzende Verarbeitungsvorschriften und Hinweise in den bautechnischen Unterlagen vermerken

### Allgemeine Hinweise

- Anhängervorrichtungen und Anschlagmöglichkeiten für Transport der Bauteile in der Werkstatt bzw. bei der Montage in Zeichnung vermerken

- Zeichnungen erst nach Einarbeitung aller für die Fertigung notwendigen Daten über die AV an den Betrieb weiterleiten. Unvollständige Fertigungsunterlagen erfordern Mehraufwand in AV und Betrieb
- Zeichnungen rechtzeitig erstellen und auf den Fertigungsablauf im Betrieb sowie den Montagebedarf abstimmen
- Fertigungsunterlagen für zusammengehörige Bauteile gleichzeitig in den Betrieb geben, damit Zusammenhänge erkannt werden können.
- Nachträge vermeiden, mögliche Folgen bedenken
- Änderungen so vornehmen, dass sie mit möglichst geringem Aufwand machbar sind
- Änderungen an Bauteilen, die sich bereits in der Fertigung befinden, vom TB sofort der AV mitteilen, damit sie in die laufende Fertigung eingreifen kann
- Angaben für die Fertigung müssen ausnahmslos in den Zeichnungen enthalten sein. Begleitende Anweisungen sind umständlich zu handhaben, kostenaufwendig und häufig fehlerhaft
- Versandmaße in Versandliste aufnehmen (mit Versandskizze, ggf. auch Colli-Liste.)

### Empfehlungen an das Technische Büro

- Sämtliche in der Werkstatt ausführbare Arbeiten nicht auf die Baustelle verlegen, Tendenz: Fertigung großer Teile
- Werksnormen schaffen und Standardbauteile, wie z. B. Typisierte Anschlüsse nach DSTV-Ringbuch verwenden sowie auftragsübergreifende Teilefamilien schaffen, um Zusammenbau zu vereinfachen und CAD/CAM anwenden zu können
- Treppen, Bühnen, Geländer sowohl innerhalb eines Auftrags als auch auftragsübergreifend möglichst baugleich ausführen
- Lochbilder in Laschen, Stirnplatten und Knotenblechen möglichst symmetrisch ausführen
- In einer Ebene möglichst gleiche Lochdurchmesser verwenden, da nicht immer mit Revolverkopf ausgerüstete NC-gesteuerte Bohrmaschinen vorhanden sind
- Rechtzeitig klären, ob Verbindungen geschraubt oder geschweißt werden sollen
- Bauteilverbindungen (Anschlüsse, Stöße) entweder nur schrauben oder nur schweißen, um unnötige Transportwege im Betrieb zu vermeiden
- Korrosionsschutzgerecht konstruieren, siehe Stahlbau Arbeitshilfe 1.1

### Empfehlungen an den Betrieb

- Möglichst große Teile fertigen, um die Montagearbeiten gering zu halten
- Maximal mögliche Abmessungen und Gewichte der zu fertigenden Teile dem TB bekanntgeben
- Werksmontagen (Vormontagen) vorher mit dem TB abklären
- Auf Begrenzung durch Bearbeitungsmaschinen, Hebezeug, Strahlanlage, Transportmöglichkeiten achten (Sondertransporte nur in Ausnahmefällen, da teuer)
- Eindeutige und leicht auffindbare Positionierung der auf die Baustelle zu versendenden Teile vorsehen
- Versand der Konstruktion entsprechend dem festgelegten Montageablauf

### Literatur

- Ringbuch „Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau“\*
- Bemessungshilfen für profilorientiertes Konstruieren\*
- Stahlbau-Handbuch für Studium und Praxis, Band 1 und 2\*
- Stahlbau Arbeitshilfen
  - 1.1 Korrosionsschutzgerechte Gestaltung
  - 9 Werkstoff Stahl

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.

\* Stahlbau Verlags- und Service GmbH  
Postfach 10 51 45  
D-40042 Düsseldorf



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: [www.bauen-mit-stahl.de](http://www.bauen-mit-stahl.de)  
E-Mail: [zentrale@bauen-mit-stahl.de](mailto:zentrale@bauen-mit-stahl.de)



## 5.4 Heben/Senken



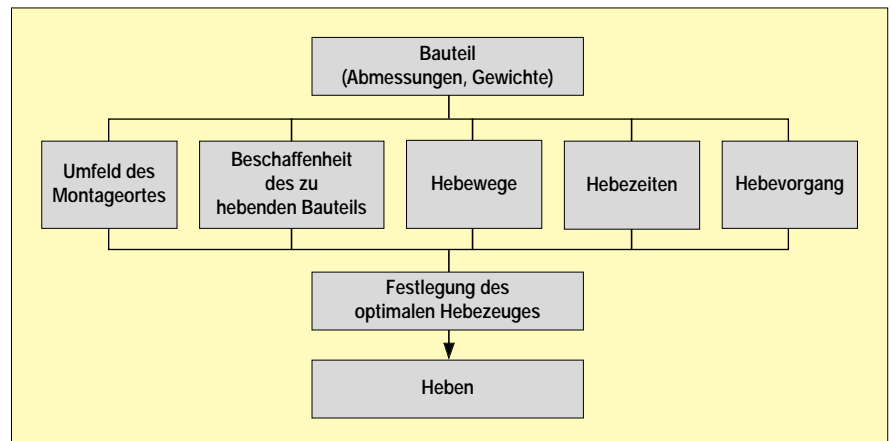
Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

Auf der Baustelle werden die angelieferten Bauteile mit einem Hebezeug, im Regelfall Kran oder Serienhebezeug, nach oben (Heben) bzw. unten (Senken) bewegt. Da sich beide Vorgänge entsprechen, wird im folgenden nur vom Heben gesprochen.

Die Festlegung der Bauteilgröße bei der Planung beeinflusst die Werkstattfertigung, den Transport und die Hebezeuge auf der Baustelle. Transport- und Hebelast können unterschiedlich groß sein, wenn z. B. Transporteinheiten ebenerdig zu noch größeren Montageeinheiten auf der Baustelle zusammengebaut werden. Die wirtschaftlichste Gesamtlösung ist durch Variantenvergleiche zu ermitteln. Im Einzelfall ist zu prüfen, ob Kauf oder Anmietung eines Hebezeuges wirtschaftlicher ist. Als Entscheidungshilfe für die Festlegung des optimalen Hebezeuges dienen folgende Kriterien:

### Umfeld des Montageortes

- innerhalb eines Gebäudes
- außerhalb eines Gebäudes
- in Zusammenhang mit Neubau
- Untergrund zum Aufstellen des Hebezeuges
- Zufahrtswege für den Transport des Hebezeuges
- vorhandene Hebezeuge
- vorhandene Hilfskonstruktionen
- Anschlagmöglichkeit
- Beeinflussung durch andere Gewerke



### Beschaffenheit

#### des zu hebenden Bauteils

- Abmessungen und Gewichte
  - Einzelteil
  - zu Sektionen vormontiertes Bauteil
  - Komplettbauteil (räumlich zusammengebaut)
- Oberflächenbeschaffenheit
- Material
- Anschlagmöglichkeiten/Vorgabe der Anschlagpunkte

### Hebewege

- Heben
- Senken
- zu überwindende Strecken

### Hebezeiten

- Stunden
- Tage

### Hebevorgänge

- Genauigkeit beim Hebevorgang
- Genauigkeit beim Absetzen des Bauteils
- wechselnde Hebeorte
- (horizontale) Ausladung
- Stabilisierung beim Hebevorgang
- Einfluss der Witterung (Wind)

### Auswahl der Hebezeuge

- Krane
- Züge
- Winden
- Hebeböcke (Pressen)

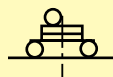
### Auswahl der Anschlagmittel

- Lasthaken
- Haftgeräte (z. B. Magnet)
- Klemmen, Klauen, Zangen
- Traversen
- Gehänge (Seile, Ketten, Bänder)

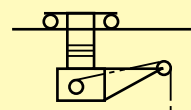
### Beispiele für Hebezeuge:

Krane mit Laufkatzen (Skizzen nach DIN 15 001, Bl. 1, Ausgabe 11.73)

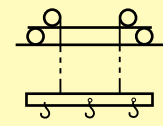
#### Katzarten



einfache Laufkatze fest oder drehbar

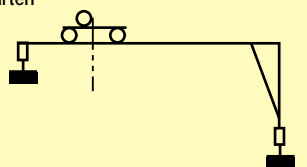


Auslegerkatze fest oder drehbar

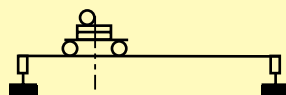


Traversenkatze

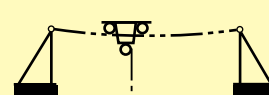
#### Kranarten



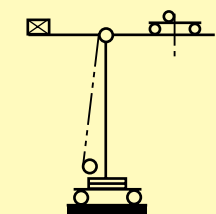
Portalkran (mit halb- oder vollportalartigem Gerüst)



Brückenkran (auf hoch gelegener Kranbahn)



Kabelkran (mit Seillaufkatze auf Tragseilen fahrbar)

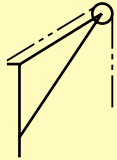


Turmdrehkran (mit Katzausleger)

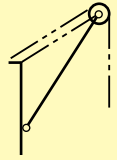
### Beispiele für Hebezeuge:

Krane mit Ausleger (Skizzen nach DIN 15 001, Bl. 1, Ausgabe 11.73)

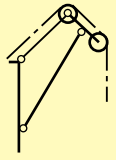
#### Auslegerarten



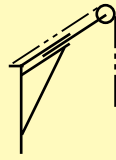
fester Ausleger



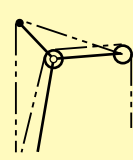
Einzieh-ausleger



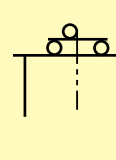
Wipp-ausleger



Teleskop-ausleger

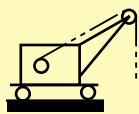


Spitzen-ausleger

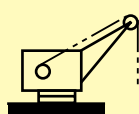


Katz-ausleger

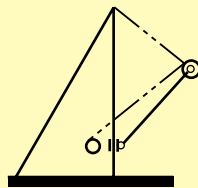
#### Kranarten



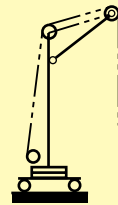
Auslegerkran  
(Kran mit nicht drehbarem Ausleger)



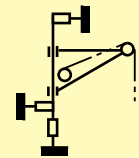
Drehkran  
(Kran mit unbegrenzt oder begrenzt drehbarem Ausleger)



Derrickkran  
(Kran mit Standbaum und Schwenkbaum)

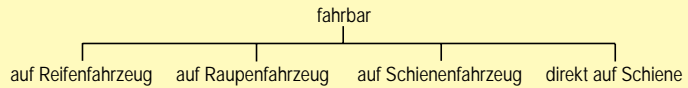
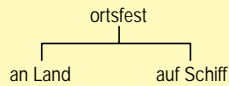


Turmdrehkran  
(Kran mit hoch angelegtem Ausleger)



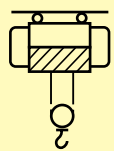
Wandlaufkran  
(Kran auf senkrecht übereinander angeordneten Fahrsschienen)

#### Fortbewegungsarten

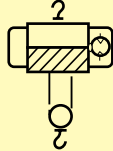


### Serienhebezeuge (Skizzen nach DIN 15 100, Ausgabe Feb. 67)

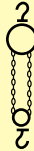
#### Züge



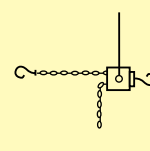
Elektrozüge  
(Antrieb durch Elektrohubmotor)



Pneumatische Züge  
(Antrieb durch Druckluft)

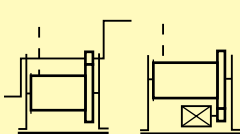


Flaschenzüge  
(Handbetriebener Hubantrieb durch Haspelkette oder Seil)

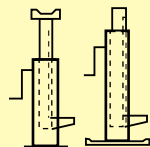


Mehrzweckzüge  
(Zum Ziehen, Spannen, Heben Antrieb durch Ratsche oder Kurbel)

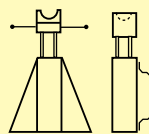
#### Winden



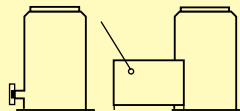
Trommelwinden  
(Seiltrommel zur Aufnahme eines Drahtseils)



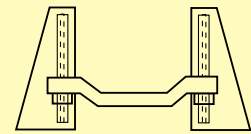
Zahnstangenwinden  
(Lastaufnahme durch Zahnstange, Antrieb durch Kurbel oder Hebel)



Schraubenwinden (Lastaufnahme von einer Schraube mit Mutter, Handantrieb durch Steckhebel oder Ratsche)



Hebebocke:  
Hydraulische Hebebocke (mit Zylinder und Kolben, Hub erfolgt durch Druckflüssigkeit)



Spindelhebebocke  
(mit Gewindespindel zum Heben von Schienenfahrzeugen oder dergl.)



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: [www.bauen-mit-stahl.de](http://www.bauen-mit-stahl.de)  
E-Mail: [zentrale@bauen-mit-stahl.de](mailto:zentrale@bauen-mit-stahl.de)

## 5.5 Transporte



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

Die Stahlbaufertigung ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl von Transportvorgängen. Hierzu gehören:

- Anlieferung und Einlagerung des Vormaterials,
- innerbetriebliche Transporte
  - in den Bearbeitungsstationen
  - zum Zusammenbau
  - zur Konservierung
  - zum Fertiglager,
- Transporte zur Baustelle,
- interne Baustellentransporte.

Im folgenden werden nur die Transporte zur Baustelle und auf der Baustelle behandelt. Bereits bei der Planung eines Bauvorhabens sollten Überlegungen nach der technischen Machbarkeit und der wirtschaftlichen Möglichkeit, Bauteile zur und auf der Baustelle zu transportieren, angestellt werden.

Für die Festlegung der wirtschaftlichsten Transporte sind verschiedene voneinander abhängige und unabhängige Faktoren zu berücksichtigen. Insbesondere ist zu beachten, dass eine Wechselwirkung zwischen Bauteilgröße nach Abschluss der Werkstofffertigung während des Transportes von der Werkstatt zur Baustelle und den Hebezeugen auf der Baustelle besteht. D. h. die Kosten für Transport und Hebezeuge beeinflussen sich gegenseitig.

Deshalb sind Vergleichsrechnungen mit Varianten durchzuführen, um so das wirtschaftliche Optimum zu ermitteln (siehe auch Stahlbau Arbeitshilfe 5.4 „Heben und Senken“ [Hebezeuge]). Als Entscheidungshilfe für die Festlegung des optimalen Transportes dienen folgende Kriterien:

### Transportwege vom Betrieb zur Baustelle

(Straße, Schiene, Wasser, Luft)

- vorhandene Transportwege
- zusätzlich zu schaffende Transportwege
- Engpässe (Beschränkung des Lichtraumprofils bei Durchfahrten, Tragfähigkeitsbeschränkungen, z. B. beim Überfahren von Brücken)
- Genehmigungspflichten, Auflagen (z. B. für Sondertransporte, Nachtfahrten usw.)

### Transportwege auf der Baustelle

- Transporte möglichst so planen, dass keine Zwischenlagerung auf der Baustelle erforderlich wird; das Bauteil unmittelbar unter dem Haken des Montagehebezeuges anliefern.
- Transportfolgen entsprechend dem Baufortschritt und den sonstigen Bedürfnissen der Baustelle mit dem Fertigungsbetrieb abstimmen.

- Zwischenlagerung – sofern nicht vermeidbar – möglichst im Werk vorsehen, da wegen des Platzbedarfes (auch beim Stapeln) dort wirtschaftlicher machbar.

### Transportmittel

(Lkw, Eisenbahn, Schiff, Flugzeug)

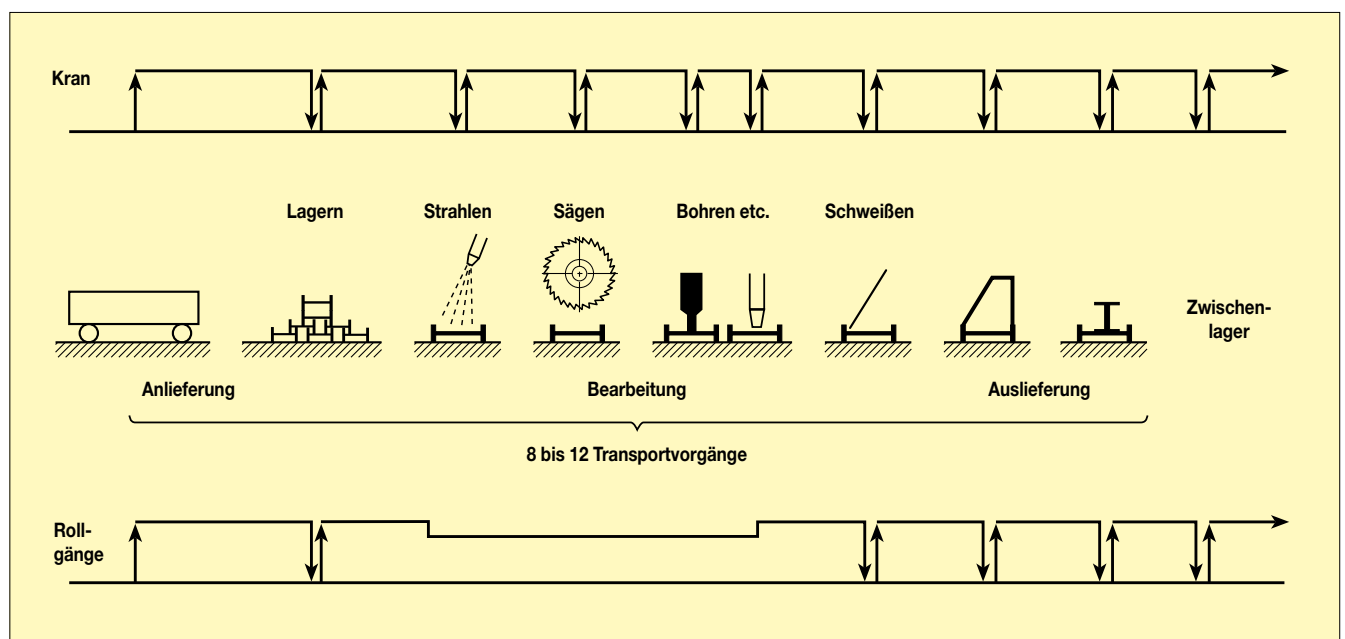
- Leergewicht
- Frachtraum/Ladeflächen für Lkw (Normal: 2,50 x 4,00 m Querschnitt und 16,50 m Länge gemäß Euro-Norm, Gesamtgewicht 40 t)  
Darüber hinausgehende Werte bedürfen der Sonderzulassung nach § 29 und § 70 der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO)
- Transportzeiten (unterschiedlich bei Lkw, Schiff und Eisenbahn; eventuelle Sperrzeiten sind zu beachten)

### Transportgrößen

(Beschaffenheit des zu transportierenden Bauteils)

- Gewicht
- Abmessungen
- Stabilisierung auf dem Transportmittel
- Anschlagmöglichkeit bzw. Vorgabe der Anschlagpunkte
- besondere Anschlag-/Verladevorrichtungen

### Transportvorgänge bei der Stahlbaufertigung



### Transportvorgang

Besondere Anforderungen bei der Lagerung auf dem Transportmittel

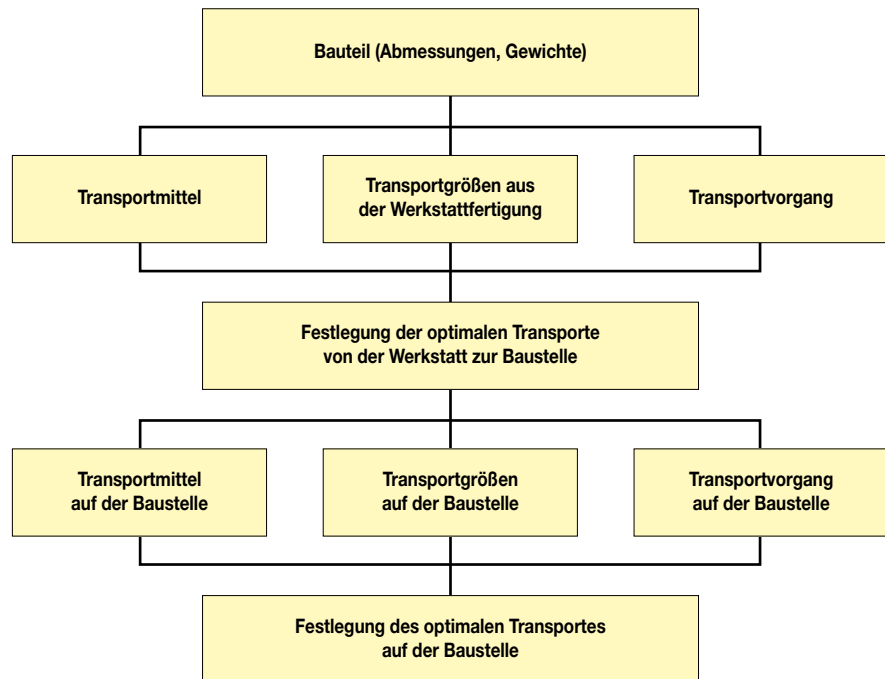
- Stabilisierung während des Transportes (Hilfsaussteifungen)
- Korrosionsschutz
- Verpackung und Beschriftung/Kennzeichnung sowie Gewichtsangaben auf den Bauteilen bei Schiffstransporten
- zusätzliche Einflussfaktoren bei Übersee-transporten (seemäßige Verpackung, Liegezeiten in Häfen)

### Literatur

- Stahlbau Arbeitshilfen
  - 5.1 Montagegerechtes Konstruieren
  - 5.2 Baustellen
  - 5.3 Fertigungsgerechtes Konstruieren
  - 5.4 Heben/Senken
- Allgemeine Bedingungen für die Lieferung und Montage von Stahlkonstruktionen im Inland (DSTV-Ausarbeitungen)
- Muster-Arbeitsgemeinschaftsvertrag mit Checkliste (DSTV-Ausarbeitungen)
- Muster-Nachunternehmervertrag mit Checkliste (DSTV-Ausarbeitungen)
- Die Montageversicherung (DSTV-Ausarbeitungen)
- Arbeitnehmerentsendegesetz (DSTV-Ausarbeitungen)
- Stahlbau-Handbuch, Band 2
- Handbuch der Stahlbaumontage

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.



### Zulässige Abmessungen und Gesamtgewichte für beladene Straßentransportfahrzeuge nach §§ 32 und 34 StVZO

	Straßentransporte ohne besondere Genehmigung				Schwer- und Spezialtransporte	
	Fahrzeuge mit 2 Achsen	Fahrzeuge mit über 2 Achsen	Sattelfahrzeuge	Lastzüge	mit Jahresdauer-genehmigung	mit Einzel-fahrt-genehmigung
Länge	12,00 m	12,00 m	15,50 m <sup>1)</sup>	18,00 m	25,00 m	> 25,00 m
Breite	2,50 m	2,50 m	2,50 m	2,50 m	3,00 m	> 3,00 m
Höhe	4,00 m	4,00 m	4,00 m	4,00 m	4,00 m	> 4,00 m
Gesamtgewicht	16,00 t	22,00 t	40,00 t	40,00 t	40,00 t <sup>2)</sup>	> 40,00 t

<sup>1)</sup> nach Euro-Norm 16,50 m    <sup>2)</sup> 42,00 t für unteilbare Lasten



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: [www.bauen-mit-stahl.de](http://www.bauen-mit-stahl.de)  
 E-Mail: [zentrale@bauen-mit-stahl.de](mailto:zentrale@bauen-mit-stahl.de)

## 6 Maßordnung



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

**Bauen mit vorgefertigten Bauteilen ist nur möglich, wenn von Planern und Herstellern eine klar definierte Maßordnung eingehalten wird.**

- Die Verwendung von Serienfabrikaten setzt Einhalten der Modulordnung voraus.
- Das Zusammenfügen vorgefertigter Teile erfordert ein Begrenzen ihrer Maßabweichungen, d. h. das Einhalten von Toleranzen.

### Modulordnung

Zweck der Modulordnung ist eine Übereinkunft, die für Bauwerke und Bauteile gilt, über

- Koordinationssysteme und
- Größen von Koordinationsmaßen.

### Koordinationsysteme

1 Die Koordinationsysteme der Modulordnung sind räumliche rechtwinklige Systeme. Ein modularer Raumraster ist ein dreidimensionales, rechtwinkliges System von Ebenen. Die Abstände gleichgerichteter Ebenen haben modulare Größe. Ausgewählte Ebenen des Raumrasters (Koordinations- oder Bezugsebenen) bilden das Koordinationssystem, das das Bauwerk überlagert und auf das das Bauwerk und seine Bauteile

- nach ihrer Lage und ihrer
- Größe bezogen werden.

### Moduln

Der Modul ist die Größeneinheit, die als Ausgangsgröße und als Maßsprung verwendet wird. Die Grundeinheit ist der Grundmodul. Er beträgt  $M = 100$  mm. Multimoduln sind folgende genormte Vielfache des Grundmoduls:  $3 M = 300$  mm,  $6 M = 600$  mm,  $12 M = 1.200$  mm.

Vielfache der Multimoduln und des Grundmoduls bilden die Reihen der Vorzugsmaße, die vorrangig als Koordinierungsmaße dienen. Dabei sollen nach Möglichkeiten die Vorzugsmaße der Reihe 12 M verwendet werden:

1,2 m – 2,4 m – 3,6 m – 4,8 m usw.

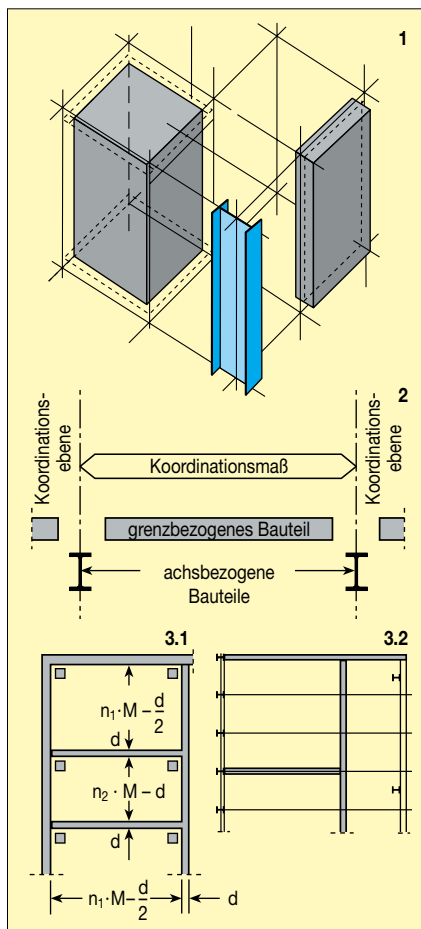
Sind diese Maßsprünge zu groß, nimmt man die Vorzugsmaße der Reihe 6 M:

0,6 m – 1,2 m – 1,8 m – 2,4 m – 3,0 m.

Kommt man auch damit nicht aus, verwendet man die Vorzugsmaße der Reihe 3 M:

0,3 m – 0,6 m – 0,9 m – 1,2 m.

Die letzte Möglichkeit ist Anwendung der Reihe M, also dm-Sprünge.



### Einordnen von Bauteilen in Bezugssysteme

2 Die Bauteile werden in den räumlichen modularen Raster des Bauwerks, das Bezugssystem, eingeordnet. Dabei unterscheidet man:

- Beim Grenzbezug wird ein Bauteil zwischen zwei parallelen Koordinationsebenen angeordnet, von deren Abstand (Koordinationsmaß) die Größe des Bauteils in dieser Dimension abgeleitet wird. Der Grenzbezug grenzt also die Lage und die Größe des Bauteils ein. Die Nenngröße des Bauteils ergibt sich daraus unter Berücksichtigung der Fugenmaße.
- Beim Achsbezug wird die Achse eines Bauteils mit einer Koordinationsebene zur Deckung gebracht. Dadurch wird Lage und Abstand dieser Bauteile festgelegt, nicht ihre Größe. Die Achse des Bauteils muss nicht seine Schwerlinie sein.
- Bauteile können in allen drei Ebenen grenzbezogen oder achsbezogen oder in einer (oder zwei) Ebenen grenzbezogen

und in zwei (einer) Ebene achsbezogen angeordnet sein.

Im Bild 1 ist zum Beispiel

- die Stütze in zwei Ebenen achsbezogen und in ihrer Länge grenzbezogen.
- Die Wandplatte ist in zwei Achsen grenzbezogen und hinsichtlich ihrer Lage quer zur Plattenebene achsbezogen.
- Der Raum ist nach allen Ebenen grenzbezogen.

### Nicht modulare Zone

In einem Bauwerk können unterschiedliche Raster verwendet werden. Nicht modulare Bauteile können durch Einschalten neutraler Zonen erfaßt werden. Sich regelmäßig wiederholende neutrale Zonen werden als Bandraster bezeichnet.

### Konstruktionsraster – Ausbauraster

Rohbauraster und Ausbauraster müssen nicht zusammenfallen. Sie können gegeneinander um ein – möglichst modulares Maß – versetzt sein.

3.1 Dies ist beim Betonskelettbau vielfach üblich geworden, weil die großformatigen Betonstützen sich nicht in die Außen- und Innenwände einfügen lassen.

3.2 Beim Stahlskelettbau ist es vielfach üblich, die Stützen in den raumabschließenden Ausbau einzubeziehen, so dass dann die Raster des Tragwerks und des Ausbaus zusammenfallen (siehe Stahlbau Arbeitshilfe 31.3).

### Toleranzen

#### Zweck und Anwendung

Maßtoleranzen im Bauwesen werden erforderlich

- für die Nutzung, z. B. Vertikalität und Ebenheit von Fassaden oder Aufzugschächten oder Horizontalität und Ebenheit von Böden und
- zum nacharbeitsfreien Zusammenfügen von Bauteilen. Diese Toleranzen erstrecken sich nur auf diejenigen Bereiche der Bauteile, in denen sie zusammengefügt werden, z. B. Lagerfugen, Schraubenlöcher.

Man unterscheidet

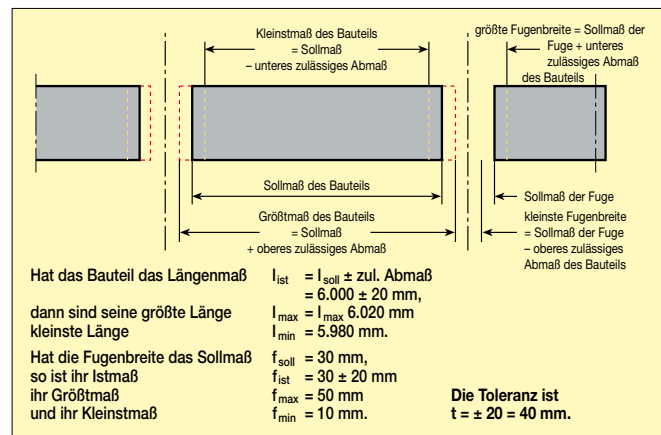
- Bauwerkstoleranzen für Maße, die am fertigen oder unfertigen Bauwerk,
- Bauteiltoleranzen für Maße, die von Bauteilen vornehmlich vor dem Einbau genommen werden und
- Walztoleranzen im Rahmen der Lieferbedingungen der Walzwerke.

Grenzabmaße						
Spalte	1	2	3	4	5	6
Zeile	Bezug	Grenzabmaße in mm bei Nennmaßen in m				
		≤3	>3-6	>6-15	>15-30	>30
1	Maße im Grundriß, z. B. Längen, Breiten, Achs- und Rastermaße (s. Abs. 5.1.1)	± 12	± 16	± 20	± 24	± 30
2	Maße im Aufriß, z. B. Geschosshöhen, Podesthöhen, Abstände von Aufstandsflächen und Konsolen (s. Abs. 5.1.2)	± 16	± 16	± 20	± 30	± 30
3	Lichte Maße im Grundriß, z. B. Maße zwischen Stützen, Pfeilern usw. (s. Abs. 5.1.3)	± 16	± 20	± 24	± 30	-
4	Lichte Maße im Aufriß, z. B. unter Decken und Unterzügen (s. Abs. 5.1.4)	± 20	± 20	± 30	-	-
5	Öffnungen, z. B. für Fenster, Türen, Einbauelement (s. Abs. 5.1.5)	± 12	± 16	-	-	-
6	Öffnungen wie vor, jedoch mit oberflächenfertigen Leitungen	± 10	± 12	-	-	-

Durch Ausnutzen der Grenzabmaße der Tabelle „Grenzabmaße“ dürfen die Grenzwerte für Stichmaße der Tabelle „Winkeltoleranzen“ nicht überschritten werden.

Winkeltoleranzen							
Spalte	1	2	3	4	5	6	7
Zeile	Bezug	Stichmaße als Grenzwerte in mm bei Nennmaßen in m					
		≤1	>1-3	>3-6	>6-15	>15-30	>30
1	Vertikale, horizontale und geneigte Flächen	6	8	12	16	20	30

Durch Ausnutzen der Grenzwerte für Stichmaße der Tabelle „Winkeltoleranzen“ dürfen die Grenzabmaße der Tabelle „Grenzabmaße“ nicht überschritten werden.



Toleranzen bilden eine wichtige technische und rechtliche Grundlage bei vorgefertigten Bauten, deren Bauteile an verschiedenen Orten gleichzeitig gefertigt werden. Toleranzen müssen in der Ausschreibung vorgeschrieben werden. Nur bei Einhaltung der Toleranzen von allen Lieferanten ist nacharbeitsfreies Zusammenfügen und bei Überschreiten der Toleranzen die rechtliche Entscheidung möglich, wer die Kosten der dann erforderlichen Nacharbeit trägt. Last-, zeit- und temperaturabhängige Verformungen sind in den DIN-Blättern angegebenen Toleranzen nicht enthalten. Sie sind gesondert zu erfassen.

### Begriffe

Bei der Fertigung ist das auf der Zeichnung eingetragene Sollmaß eines Bauteils (auch Nennmaß genannt) bei wirtschaftlich vertretbarem Aufwand nur mit einer gewissen Abweichung erreichbar. Das nachgemessene Maß ist das Istmaß. Die Abweichung des Istmaßes vom Sollmaß ist das obere oder untere Abmaß. Die Summe des zulässigen oberen und unteren Abmaßes, die meist gleiche Größe haben, ist die Maßtoleranz. Sie grenzt die Lage und die Größe eines Bauteils ein. Das Istmaß einer Fuge zwischen zwei Bauteilen ist ihr Sollmaß  $\pm$  das zulässige Abmaß des Bauteils.

### Ebenheitstoleranzen

Besonders große Bedeutung haben die Anforderungen an die Ebenheit von Decken und Wänden. DIN 18202 enthält die Ebenheits-

toleranzen für die Ober- und Unterseiten von Decken und für Wände. Die Anforderungen sind gestuft für nicht flächenfertige und flächenfertige Oberflächen, nach gewöhnlichen und erhöhten Anforderungen und nach dem Abstand der Meßpunkte.

### Bauteiltoleranzen nach DIN 18203 Teil 2 Anwendungsbereich

Die Grenzmaße dieser Norm gelten für vorgefertigte Bauteile aus Stahl wie Stützen, Träger, Binder und Tafeln für die Wände, Decken und Dächer. Diese Norm gilt nicht für Walzprofiltoleranzen und für Toleranzen von in Rollformverfahren hergestellten großflächigen Bauelementen sowie nicht für Tore, Türen und Zargen.

### Grenzabmaße

Die Grenzabmaße dürfen an keinem Teil überschritten werden. Die Tabelle gilt für Längen, Breiten, Höhen und Diagonalen sowie Querschnittsmaße.

Grenzabmaße in mm bei Nennmaßen in m					
bis 2.000	über 2.000 bis 4.000	über 4.000 bis 8.000	über 8.000 bis 12.000	über 12.000 bis 16.000	über 16.000
± 1	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6

Die Bauteiltoleranzen gelten für unbelastete Bauteile aus Stahl bei einer Temperatur von + 15 °C. Wenn die Toleranzen eingebauter Bauteile geprüft werden sollen, ist ihr Verformungszustand zu berücksichtigen.

### Walztoleranzen

Walztoleranzen sind die Toleranzen der Querschnittsmaße von Walzprofilen, die in den Lieferbedingungen der Hüttenwerke enthalten sind. Sie sind in Bauwerken nur insofern von Bedeutung als ihre Einhaltung die mit den Nennmaßen der Stahlquerschnitte nachgewiesene Standfestigkeit des Bauwerks gewährleistet.

### Literatur

- Hart, Henn, Sontag: Stahlbauatlas, 2. Auflage
- DIN 18000 Modulordnung im Bauwesen
- DIN 18201 Maßtoleranzen im Bauwesen
- DIN 18202 Maßtoleranzen im Hochbau
- DIN 18203 Maßtoleranzen im Hochbau

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

## 13 Wärmeschutz im Stahlbau



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

**Das Energiebilanzverfahren**  
Mit der Wärmeschutzverordnung (WSchVO) 1995 wurde erstmalig ein Energiebilanzverfahren zum Nachweis des energiesparenden Wärmeschutzes bei Gebäuden eingeführt. In dieser Energiebilanz werden die Wärmeverluste durch Transmission und Gebäudelüftung den Wärmegewinnen durch Sonneneinstrahlung und interne Wärmequellen gegenübergestellt.

Bei der Aufstellung der Energiebilanz werden zunächst wie beim bekannten Bauteilverfahren die k-Werte der Außenbauteile bestimmt. Der k-Wert in  $W/(mK)$  beschreibt den Wärmestrom durch ein Bauteil und ist ein notwendiger Kennwert zur Berechnung der Transmissionswärmeverluste.

Als Ergebnis erhält man den Jahres-Heizwärmebedarf  $Q_H$ , der in Abhängigkeit vom Verhältnis der Gebäudehüllfläche (wärmeübertragende Umfassungsfläche) zum beheizten Bauwerksvolumen ( $A/V$ ) auf einen Wert zwischen 54,1 und 100 kWh pro  $m^2$  und Jahr zu begrenzen ist.

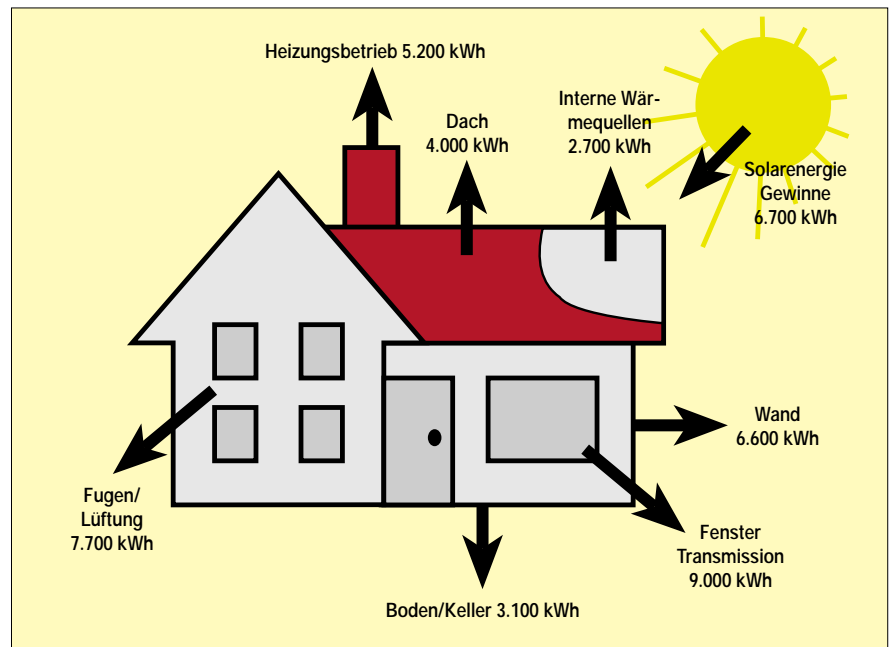
A/V [1/m]	zul $Q'_H$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	zul $Q''_H$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]
$\leq 0,2$	17,3	54,1
$]0,2 \dots 1,05[$	$13,82 + 17,32 \cdot A/V$	$43,19 + 54,12 \cdot A/V$
$\geq 1,05$	32,0	100,0

Unter Berücksichtigung des Nutzungsgrads der Heizanlage kann mit dem berechneten Jahres-Heizwärmebedarf  $Q_H$  der Heizenergiebedarf eines Gebäudes abgeschätzt werden. Mit dem Heizenergiebedarf und dem Energieäquivalent des Brennstoffs (z. B. 1l Öl = 10 kWh) ist es möglich den Brennstoffbedarf für ein Gebäude direkt anzugeben.

Allerdings stellt der mit der Energiebilanz der WSchVO ermittelte Wert aufgrund vieler Vereinfachungen nur einen groben Richtwert für den tatsächlichen Jahres-Heizwärmebedarf eines Gebäudes dar. In der Regel wird der tatsächliche Heizwärmebedarf unterschätzt.

### Das Bauteilverfahren beim Neubau

Die Wärmeschutzverordnung läßt für Gebäude mit maximal drei Wohneinheiten und höchstens zwei Vollgeschossen den Nachweis des Wärmeschutzes durch eine



einfache Begrenzung des Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenbauteile zu. Das Verfahren wird als „Vereinfachtes Nachweisverfahren“ bezeichnet.

Der Nachweis gilt als erbracht wenn die k-Werte der Außenbauteile die in der Tabelle angegebenen Maximalwerte nicht überschreiten.

Bauteil	maximaler k-Wert [W/m <sup>2</sup> K]
Außenwände	$k_W \leq 0,50$
Außen liegende Fenster und Fenstertüren sowie Dachfenster	$k_{m,Feq} \leq 0,7$
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen und Decken (einschließlich Dachschrägen), die Räume nach oben und unten gegen die Außenluft abgrenzen	$k_D \leq 0,22^1)$
Kellerdecken, Wände und Decken gegen unbeheizte Räume sowie Decken und Wände, die an das Erdreich grenzen	$k_G \leq 0,35$

<sup>1)</sup> Der mittlere äquivalente Wärmedurchgangskoeffizient  $k_{m,Feq}$  entspricht einem über alle aussen liegenden Fenster und Fenstertüren gemittelten Wärmedurchgangskoeffizienten, wobei solare Wärmegewinne berücksichtigt werden.

### Das Bauteilverfahren im Bestand

Mit der WSchVO 1995 wurden die Anforderungen an den Wärmeschutz bei baulichen Änderungen an bestehenden Gebäuden ausgeweitet bzw. verschärft. Hierbei handelt es sich um die Begrenzung des k-Werts von Außenbauteilen bestehender Gebäude, die erstmalig eingebaut bzw. ersetzt oder erneuert werden. Dabei gelten für neu eingesetzte Bauteile die gleichen Anforderungen wie für erneuerte Bauteile. Von einer Erneuerung spricht man, wenn auf eine bestehende Außenwand oder Decke von innen oder außen zusätzliche Bauteilschichten aufgebracht oder Dämmschichten eingebaut werden.

Der Nachweis gilt als erbracht wenn die k-Werte der betroffenen Außenbauteile die in der Tabelle angegebenen Maximalwerte nicht überschreiten.

Bei Gebäuden, die um mindestens einen beheizten Raum erweitert werden ist der Nachweis wie für einen Neubau zu führen. Dabei beschränken sich die Nachweise allerdings auf die neuen beheizten Räume.

Bauteil	maximaler k-Wert <sup>1)</sup>	
	Gebäude mit normaler Innentemperatur $T \geq 19 \text{ °C}$	Gebäude mit niedriger Innentemperatur $T < 19 \text{ °C}$
Außenwände	$k_W \leq 0,5$	$k_W \leq 0,75$
Außen liegende Fenster und Fenstertüren sowie Dachfenster	$k_F \leq 1,8$	-
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen und Decken (einschl. Dachschrägen), die Räume nach oben und unten gegen die Außenluft abgrenzen	$K_D \leq 0,3$	$K_D \leq 0,4$
Kellerdecken, Wände und Decken gegen unbeheizte Räume sowie Decken und Wände, die an das Erdreich grenzen	$k_G \leq 0,5$	-

<sup>1)</sup> Der Wärmedurchgangskoeffizient kann unter Berücksichtigung vorhandener Bauteilschichten ermittelt werden.

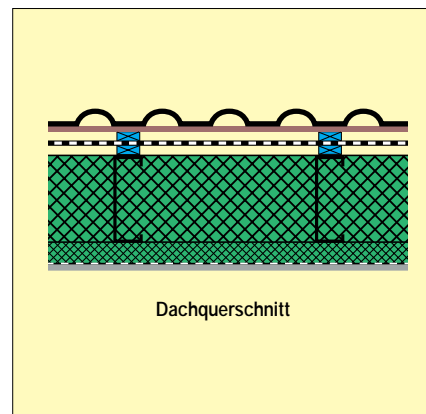
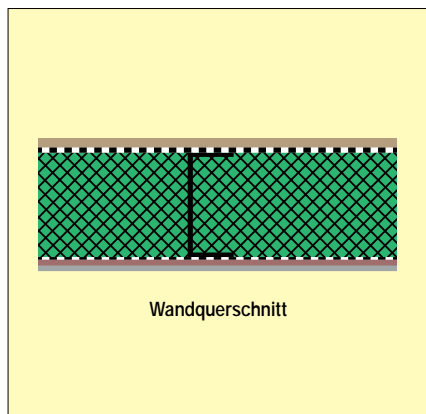
### Wärmedurchgangskoeffizient von Bauteilen in Stahlleichtbauweise

Die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten nach dem Verfahren der DIN 4108 für mehrschichtige Bauteile aus mehreren nebeneinanderliegenden Schichten ist bei Bauteilen mit Stahlleichtprofilen aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit des Stahls nicht mehr möglich.

Das Verfahren der DIN 4108-5 zur Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Bauteilen mit mehreren nebeneinanderliegenden

Bereichen mit unterschiedlichen Wärmedurchlasswiderständen ist bei Konstruktionen mit Stahlleichtprofilen aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit des Stahls gegenüber den übrigen Baustoffen nicht anwendbar.

Der Wärmedurchgangskoeffizient kann näherungsweise nach DIN EN ISO 6946 berechnet werden. Eine genaue Lösung ist durch nur eine FEM-Berechnung oder durch die Anwendung tabellierter Wärmebrückenwerte möglich.



### Mindestwärme- und Feuchteschutz

Auf der Bauteilinnenseite ist die Einhaltung einer bestimmten Oberflächentemperatur erforderlich, um die Entstehung von Kondenswasser zu verhindern. Kondenswasserfreiheit ist eine elementare Forderung zum Schutz der Bausubstanz vor Feuchteschäden und zur Sicherung hygienischer Wohnverhältnisse.

Der in DIN 4108 festgeschriebene Mindestwärmeschutz bei Gebäuden legt bestimmte Obergrenzen für die Wärmedurchgangskoeffizienten von Außenbauteilen fest, damit die entsprechende raumseitige Oberflächentemperatur bei wohnraumüblicher Beheizung erreicht wird.

Daneben werden beim Mindestwärmeschutz bestimmte Anforderungen an die Dichtheit der Gebäudehülle und der Fugen gestellt. Undichtigkeiten in der Gebäudehülle führen zu Zugerscheinungen, die als unbehaglich empfunden werden. Darüber hinaus wird bei undichten Fugen durch Fugenkonvektion das Mehrtausendfache der durch Diffusion eingetragenen Wasserdampfmenge in die Konstruktion eingebracht.

Die durch Wasserdampfkondensation in der Konstruktion ausfallende Wasserdampfmenge ist durch eine geeignete Wahl des Schichtenaufbaus zu begrenzen.

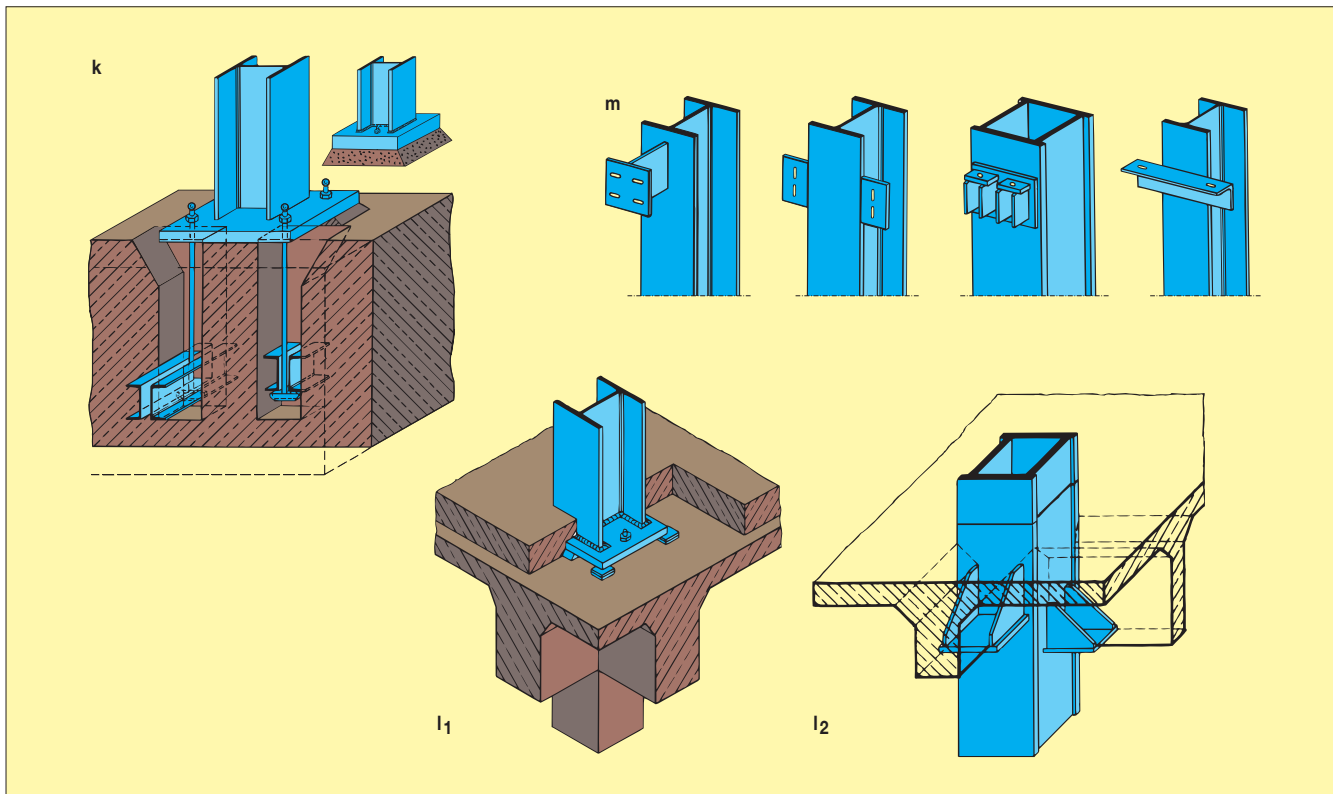
Die Kondensation des durch das Bauteil diffundierenden Wasserdampfes ist durch eine geeignete Wahl des Schichtenaufbaus zu verhindern bzw. auf ein unschädliches Maß zu reduzieren.

Die Schicht mit hohem Diffusionswiderstand und geringer Wärmedämmfähigkeit soll an der warmen Bauteilseite liegen, die Schicht mit großer Wärmedämmfähigkeit und geringem Diffusionswiderstand an der kalten Bauteilseite.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: [www.bauen-mit-stahl.de](http://www.bauen-mit-stahl.de)  
 E-Mail: [zentrale@bauen-mit-stahl.de](mailto:zentrale@bauen-mit-stahl.de)





### k) Stützenfuß

Zur Lastenverteilung auf das Betonfundament erhält die Stahlstütze eine Stahlplatte als Fuß; sie wird auf Unterlagsblechen montiert, die Fuge vergossen. Die Fußplatte wird im Fundament bei geringen Lasten mit Ankerschrauben (z. B. Spreizankern), bei größeren Lasten und bei eingespannten Stützen durch Anker und einbetonierte Stahlprofile verankert.

### i) Kellerstützen

Werden Stahlstützen auf ein Kellergeschoß gesetzt, so wird ein dicker Estrich zur Aufnahme des Stützenfußes erforderlich, weil die Fußplatte wegen der oberen Bewehrung nicht in die Betondecke eingelassen werden kann. Daher ist es oft zweckmäßiger, die Stahlstütze bis zur Kellersohle herunterzuführen und die Balken der Betondecke auf Konsolen aufzulegen.

### m) Fassadenbefestigung

Die hinter der Fassade stehende Stahlstütze bietet einfache und vielfältige Anschlußmöglichkeiten.

### Installationsführung in der Stütze

Die dünnwandigen, profilierten Stahlstützen ermöglichen bequeme Führung von Leitungen.

### Stützenstoß

Zur Abstufung des Querschnittes und aus Transportgründen (übliche Länge eines Stützenschlusses 7 – 15 m = 2 – 3 Geschosse) wird die Stütze gestoßen. Werkstattstöße sind meist geschweißt, Montagestöße mit Stirn- und Fußplatten geschraubt.

### Literatur

- Hart, Henn, Sontag: Stahlbauatlas, Deutscher Stahlbau-Verband (DSTV), Düsseldorf
- Stahlbau-Kalender mit ausführlichen Normen, Vorschriften und Profilen\*
- Oberegge, Hockelmann, Dorsch: Bemessungshilfen für profilorientiertes Konstruieren, Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH, Düsseldorf
- Stahlbau-Arbeitshilfen
  - 2.1 Brandschutz für Stützen und Träger
  - 5.1 Montagegerechtes Konstruieren
  - 25 Installationen im Geschößbau
- Merkblätter des Stahl-Informations-Zentrums, Düsseldorf
  - 115 Stahlgeschößbauten
    - Grundlagen für Entwurf und Konstruktion
  - 167 Betongefüllte Stahlhohlprofilstützen
  - 217 Verbundstützen aus einbetonierten Walzprofilen

### Sicherheit:

#### Ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

Bei der Errichtung von Geschößbauten hat der Stahlbau in den letzten Jahren eine ständig wachsende Bedeutung erlangt; die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbau-Verbandes haben sich dabei aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit und Erfahrung als qualifizierte Partner erwiesen. Viele dieser Unternehmen errichten in Zusammenarbeit mit Planern und Bauherren auf Wunsch auch komplette schlüsselfertige Gebäude.



**BAUEN MIT STAHL**  
 Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: [www.bauen-mit-stahl.de](http://www.bauen-mit-stahl.de)  
 E-Mail: [zentrale@bauen-mit-stahl.de](mailto:zentrale@bauen-mit-stahl.de)

\* erhältlich über BAUEN MIT STAHL

## 20.1 Stützen im Geschößbau



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

Beim Stahlgeschößbau werden die Lasten der Geschoßdecken und des Daches durch Stützen abgetragen. Sie sind in der Regel als Pendelstützen ausgebildet, haben daher als reine Druckstäbe kleine Querschnitte und benötigen nur wenig Nutzfläche. Dies ist besonders wichtig für Stützen hinter der Fassade.

Den von oben nach unten wachsenden Lasten kann der Stützenquerschnitt ohne Änderung der äußeren Abmessungen durch Vergrößerung der Wandstärke und Wahl der Stahlqualität (S235, früher St 37; S355, früher St 52) angepaßt werden.

### Profile

Es werden verwendet

- a) Breitflanschträger der HE- und HD-Reihe
  - b) geschweißte Rechteck-Hohlprofile
  - c) gewalzte Rechteck-Hohlprofile
  - d) kreisförmige Hohlprofile
- Ihre Abmessungen sind abhängig von der Größe der Lasten (Eigengewicht und Verkehrslasten), ihrem Abstand (der Feldgröße) und der Geschoßzahl.

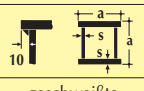
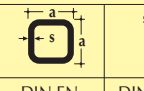
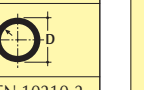
### Trägeranschlüsse

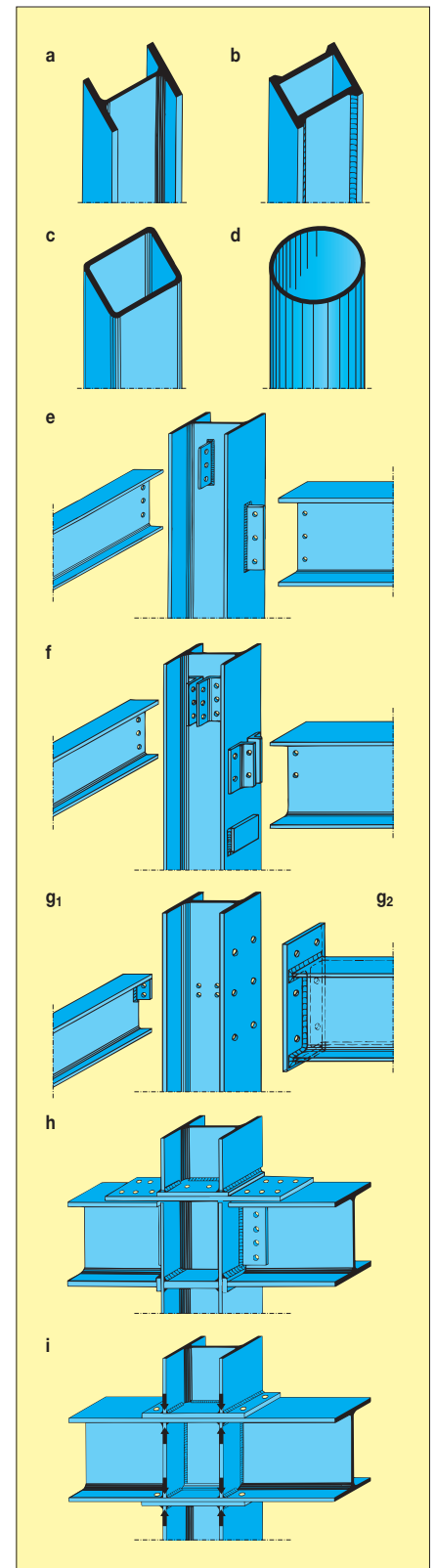
Querkraftanschlüsse durch

- e) angeschweißte Anschlußbleche
- f) Anschlußwinkel mit oder ohne Knaagge
- g) Stirnplatten am Träger

Anschlüsse für Querkraft und Moment

- g<sub>2</sub>) Stirnplattenanschlüsse
- h) Durchbindung des Zug- und Druckgurtes des Trägers
- i) Durchlaufen des Trägers

		Stützenprofile bei mittlerer $\gamma_F$ -facher Belastung der Stützen unter Annahme beidseitig gelenkiger Lagerung der Stützenenden für verschiedene Geschoßhöhen						
		Erforderliches Stützenprofil aus S235 (früher St 37) nach DIN EN 10025						
Geschoßhöhe	Stützenlast	HEA (IPBL)	HEB (IPB)	HEM (IPBv)	HD			
	$V_d$	DIN 1025 Bl. 3	DIN 1025 Bl. 2	DIN 1025 Bl. 4	nicht genormt	geschweißte Kastenstütze $a \cdot s$	DIN EN 10210-2 $a \cdot s$	DIN EN 10219-2 $D \cdot s$
[m]	[kN]	Alle Abmessungen in mm (*Gewicht in kg/m)						
$s_k = 3,0 \text{ m}$	100	100	100	100			80 · 3,2	101,6 · 3,6
	200	120	100	100			90 · 6,3	108,0 · 6,3
	300	140	120	100			100 · 6,3	114,3 · 7,1
	500	160	140	100			120 · 8,0	139,7 · 7,1
	800	200	180	140			140 · 10,0	168,3 · 8,8
	1000	220	180	140	260 · 54,1		160 · 10,0	219,1 · 10,0
	1500	260	220	180	260 · 68,2		250 · 12,5	244,5 · 11,0
	2000	300	260	200	260 · 93	200 · 18	300 · 12,5	323,9 · 12,5
	3000	400	320	240	260 · 142	240 · 18	350 · 12,5	
	5000	700	600	300	260 · 225	300 · 40		
10000				320 · 451	360 · 50			
$s_k = 3,6 \text{ m}$	100	100	100	100			80 · 6,3	101,6 · 3,6
	200	120	120	100			90 · 6,3	108,0 · 6,3
	300	140	140	100			120 · 8,0	114,3 · 7,1
	500	180	160	120			140 · 10,0	159,0 · 7,1
	800	220	180	140			150 · 10,0	193,7 · 8,8
	1000	220	200	160	260 · 54,1		180 · 12,5	219,1 · 10,0
	1500	280	240	180	260 · 93		250 · 12,5	244,5 · 11,0
	2000	300	260	200	260 · 93	200 · 18	300 · 12,5	323,9 · 12,5
	3000	400	340	240	260 · 142	240 · 18	350 · 12,5	
	5000	800	650	300	260 · 225	300 · 40		
10000				320 · 451	360 · 50			
$s_k = 4,2 \text{ m}$	100	100	100	100			80 · 6,3	101,6 · 3,6
	200	140	120	100			100 · 6,3	114,3 · 7,1
	300	160	140	100			120 · 8,0	133,0 · 7,1
	500	180	160	120			140 · 10,0	159,0 · 7,1
	800	220	200	160			160 · 10,0	193,7 · 8,8
	1000	240	200	160	260 · 54,1		180 · 12,5	219,1 · 10,0
	1500	280	240	200	260 · 93		250 · 12,5	244,5 · 11,0
	2000	320	280	220	260 · 114	200 · 18	300 · 12,5	323,9 · 12,5
	3000	450	360	240	260 · 172	240 · 18	350 · 12,5	
	5000	900	700	300	260 · 299	300 · 40		
10000				320 · 451	360 · 50			



Grenzstützweiten in (m) für Walzprofile <sup>1)</sup>																																				
nach DIN 18800 T1, Ausgabe 11.90																																				
Farben: dunkelblau = S235 (früher St 37) hellblau = S355 (früher St 52)																																				
Belastung	IPE								HEA								HEB								HEM											
	300	330	360	400	450	500	600	300	340	360	400	450	500	600	700	800	300	340	360	400	450	500	600	700	800	300	340	360	400	450	500	600	700	800		
$q_d^{4)}$ [kN/m]	Gleichmäßig verteilte Belastung <sup>2)</sup>																																			
10	9,9	11,2	12,6	14,2	16,2			14,8	17,1								17,1																			
	12,1	13,7	15,4	17,4														12,1	13,7	15,4	17,4															
20	7,0	7,9	8,9	10,1	11,4	13,0	16,4	10,5	12,1	12,8	14,2	15,9	17,6				12,1	13,7	15,4	17,6												17,4				
	8,5	9,7	10,9	12,3	14,0	15,9		12,8	14,8	15,7	17,4						14,8	16,8	17,7																	
30	5,7	6,4	7,3	8,2	9,3	10,6	13,4	8,6	9,9	10,5	11,6	13,0	14,4	16,7			9,9	11,2	11,8	13,0	14,4	15,8								14,2	15,4	15,8	16,7	17,9		
	7,0	7,9	8,9	10,1	11,4	13,0	16,4	10,5	12,1	12,8	14,2	15,9	17,6				12,1	13,7	14,5	15,9	17,6									17,4						
40	4,9	5,6	6,3	7,1	8,1	9,2	11,6	7,4	8,6	9,1	10,0	11,2	12,4	14,5	16,5		8,6	9,7	10,2	11,2	12,4	13,7	15,8	17,9				12,3	13,3	13,7	14,5	15,5	16,4			
	6,0	6,8	7,7	8,7	9,9	11,2	14,2	9,1	10,5	11,1	12,3	13,8	15,2	17,7			10,5	11,9	12,5	13,7	15,2	16,8							15,1	16,3	16,8	17,8				
50	4,4	5,0	5,6	6,4	7,2	8,2	10,4	6,6	7,7	8,1	9,0	10,1	11,1	12,9	14,8	16,4	7,7	8,7	9,2	10,0	11,1	12,2	14,1	16,0	17,7		11,0	11,9	12,2	13,0	13,9	14,7	16,4	17,9		
	5,4	6,1	6,9	7,8	8,9	10,1	12,7	8,1	9,4	10,0	11,0	12,3	13,6	15,8			9,4	10,6	11,2	12,3	13,6	15,0	17,3				13,5	14,6	15,0	15,9	17,0	18,0				
60	4,0	4,6	5,1	5,8	6,6	7,5	9,5	6,1	7,0	7,4	8,2	9,2	10,2	11,8	13,5	14,9	7,0	7,9	8,4	9,2	10,2	11,2	12,9	14,6	16,2	10,1	10,9	11,2	11,8	12,7	13,4	14,9	16,4	17,8		
	4,9	5,6	6,3	7,1	8,1	9,2	11,6	7,4	8,6	9,1	10,0	11,2	12,4	14,5	16,5		8,6	9,7	10,2	11,2	12,4	13,7	15,8	17,9		12,3	13,3	13,7	14,5	15,5	16,4					
70	3,7	4,2	4,7	5,4	6,1	6,9	8,7	5,6	6,5	6,9	7,6	8,5	9,4	10,9	12,5	13,8	6,5	7,3	7,7	8,5	9,4	10,3	11,9	13,5	15,0	9,3	10,1	10,4	11,0	11,7	12,4	13,8	15,1	16,5		
	4,6	5,2	5,8	6,6	7,5	8,5	10,7	6,9	7,9	8,4	9,3	10,4	11,5	13,4	15,3	17,0	7,9	9,0	9,5	10,4	11,5	12,7	14,6	16,6		11,4	12,3	12,7	13,4	14,3	15,2	16,9				
80	3,5	3,9	4,4	5,0	5,7	6,5	8,2	5,2	6,1	6,4	7,1	7,9	8,8	10,2	11,7	12,9	6,1	6,9	7,2	7,9	8,8	9,7	11,2	12,7	14,0	8,7	9,4	9,7	10,3	11,0	11,6	12,9	14,2	15,4		
	4,3	4,8	5,4	6,2	7,0	7,9	10,0	6,4	7,4	7,9	8,7	9,7	10,8	12,5	14,3	15,9	7,4	8,4	8,9	9,7	10,8	11,8	13,7	15,5	17,1	10,7	11,5	11,9	12,6	13,4	14,2	15,8	17,3			
$P_d$ [kN]	Einzellast in Trägermitte <sup>3)</sup>																																			
100	4,8	6,1	7,7	9,7	12,3	15,4		10,4	13,4	14,8	17,6						13,3	16,4	17,9																	
	7,1	9,1	11,3	14,3	18,0			15,1																												
200	2,4	3,1	3,9	5,0	6,4	8,2	12,7	5,4	7,1	8,0	9,7	12,0	14,4				7,1	9,0	10,0	11,9	14,3	16,9				13,7	15,6	16,5								
	3,6	4,6	5,9	7,5	9,6	12,2		8,1	10,6	11,9	14,3	17,5					10,5	13,3	14,7	17,3																
300	1,6	2,1	2,6	3,4	4,3	5,6	8,7	3,6	4,8	5,4	6,6	8,2	10,0	13,2	16,9		4,8	6,2	6,8	8,2	10,0	11,9	15,5			9,6	11,1	11,7	13,1	14,7	16,4					
	2,4	3,1	3,9	5,0	6,5	8,3	12,9	5,4	7,2	8,1	9,8	12,2	14,7				7,2	9,2	10,1	12,1	14,7	17,4				14,1	16,2	17,1								
400	1,2	1,6	2,0	2,5	3,3	4,2	6,6	2,7	3,6	4,1	5,0	6,2	7,6	10,1	13,0	15,8	3,6	4,7	5,2	6,2	7,6	9,1	11,9	15,1		7,4	8,5	9,0	10,1	11,4	12,7	15,6				
	1,8	2,3	2,9	3,8	4,9	6,3	9,8	4,1	5,4	6,1	7,4	9,3	11,3	15,0			5,4	7,0	7,7	9,2	11,3	13,5	17,6			10,9	12,6	13,3	14,8	16,8						
500	1,0	1,2	1,6	2,0	2,6	3,4	5,3	2,2	2,9	3,3	4,0	5,0	6,1	8,2	10,6	12,9	2,9	3,7	4,2	5,0	6,1	7,4	9,7	12,3	14,9	6,0	6,9	7,3	8,2	9,3	10,4	12,7	15,1	17,7		
	1,5	1,9	2,4	3,0	3,9	5,0	7,9	3,3	4,4	4,9	6,0	7,5	9,1	12,2	15,7		4,4	5,6	6,2	7,4	9,1	10,9	14,3			8,9	10,3	10,9	12,1	13,7	15,3					
600	0,8	1,0	1,3	1,7	2,2	2,8	4,4	1,8	2,4	2,7	3,3	4,2	5,1	6,9	8,9	10,9	2,4	3,1	3,5	4,2	5,1	6,2	8,1	10,4	12,6	5,0	5,8	6,1	6,9	7,8	8,8	10,8	12,8	15,0		
	1,2	1,6	2,0	2,5	3,3	4,2	6,6	2,7	3,6	4,1	5,0	6,3	7,6	10,2	13,2	16,1	3,6	4,7	5,2	6,2	7,6	9,2	12,1	15,4		7,4	8,6	9,1	10,2	11,6	13,0	15,9				
700	0,7	0,9	1,1	1,4	1,9	2,4	3,8	1,6	2,1	2,4	2,9	3,6	4,4	5,9	7,7	9,4	2,1	2,7	3,0	3,6	4,4	5,3	7,0	9,0	10,9	4,3	5,0	5,3	5,9	6,7	7,6	9,3	11,1	13,0		
	1,0	1,3	1,7	2,2	2,8	3,6	5,7	2,4	3,1	3,5	4,3	5,4	6,6	8,8	11,4	13,9	3,1	4,0	4,5	5,3	6,6	7,9	10,4	13,3	16,1	6,4	7,4	7,9	8,8	10,0	11,2	13,8	16,4			
800	0,6	0,8	1,0	1,3	1,6	2,1	3,3	1,4	1,8	2,1	2,5	3,1	3,9	5,2	6,7	8,3	1,8	2,3	2,6	3,1	3,9	4,6	6,2	7,9	9,6	3,8	4,4	4,6	5,2	5,9	6,6	8,2	9,8	11,5		
	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	3,2	5,0	2,1	2,7	3,1	3,8	4,7	5,8	7,7	10,0	12,3	2,7	3,5	3,9	4,7	5,8	6,9	9,2	11,7	14,2	5,6	6,5	6,9	7,8	8,8	9,9	12,2	14,5	17,0		

<sup>1)</sup> Grenzstützweiten > 18,0 m (handelsübliche maximale Lieferlänge für angegebene Walzprofile) sind nicht dargestellt.  
<sup>2)</sup> Das Trägereigengewicht ist nicht berücksichtigt und deshalb in die Gleichstreckenlast nach Spalte 1 miteinzuschließen.

<sup>3)</sup> Das Trägereigengewicht ist hier bereits berücksichtigt.  
<sup>4)</sup>  $\gamma_F$ -fache Belastung

### Literatur

- Hart, Henn, Sontag: Stahlbauatlas, Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH, Düsseldorf
- Stahlbau-Kalender (jährliche Neuauflage) mit Normen, Vorschriften und Profilen, Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH, Düsseldorf
- Oberegge, Hockelmann, Dorsch: Bemessungshilfen für profilorientiertes Bauen, Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH, Düsseldorf
- Stahlbau-Arbeitshilfen\*
  - 2.1 Brandschutz für Stützen und Träger
  - 20.3 Verbundträger im Geschößbau

\* erhältlich über BAUEN MIT STAHL

### Sicherheit: Ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung:

Bei der Errichtung von Geschößbauten hat der Stahlbau in den letzten Jahren eine ständig wachsende Bedeutung erlangt; die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbau-Verbandes haben sich dabei aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit und Erfahrung als qualifizierte Partner erwiesen. Viele dieser Unternehmen errichten in Zusammenarbeit mit Planern und Bauherren auf Wunsch auch komplette schlüsselfertige Gebäude.

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfstadium, eine firmenneutrale Hilfe, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL e. V. gern mit Rat und Information zur Verfügung.



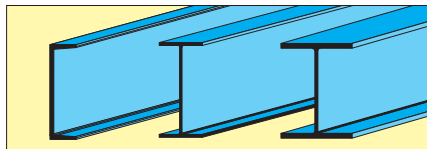
**BAUEN MIT STAHL**  
 Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

## 20.2 Walzträger im Geschößbau



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

Als Biegeträger werden in den Dach- und Deckentragwerken von Geschößbauten vorwiegend Walzträger verwendet.



### Profile

Die meist gebrauchten Profile sind:

- für leichte Lasten die Träger der IPE-Reihe.
- für schwere Lasten die Träger der HE-Reihen
- Als Randträger dienen auch U-Profile.

Stehen die Träger in statischem Verbund mit der aufgelegten Deckenplatte, entsteht der wirtschaftliche und steife Verbundträger (siehe Arbeitshilfe 20.3.).

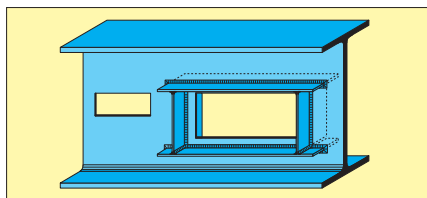
### Tragfähigkeit

Statisch sind die Träger Einfeld- oder Durchlaufträger über 2 – 3 Felder. Die umseitige Bemessungstabelle gilt für Einfeldträger unter  $\gamma_F$ -facher Belastung und ohne Berücksichtigung von Biegedrillknicken.

Erforderliche Trägerhöhe h in cm (bei voller Ausnutzung der Tragfähigkeit und Begrenzung der Durchbiegung)									
Zulässige Durchbiegung	Stahlsorte	Stützweite l in [m]							
		6	8	10	12	14	16	18	20
für Gleichstreckenlast $q_d$ mit $\gamma_F = 1,35$									
l/300	S235	29	38	48	58	67	77	87	96
	S355	43	58	72	87	101	115	130	144
l/500	S235	48	64	80	96	112	128	144	160
	S355	72	96	120	144	168	192	216	241
für Einzellast $P_d$ in Feldmitte mit $\gamma_F = 1,35$									
l/300	S235	23	31	38	46	54	62	69	77
	S355	35	46	58	69	81	92	104	115
l/500	S235	38	51	64	77	90	103	115	128
	S355	58	77	96	115	135	154	173	192

### Stegdurchbrüche

Kleine Durchbrüche für Installationsleitungen im Steg bleiben unverstärkt, größere Durchbrüche, besonders in Bereichen großer Querkraften, erhalten Verstärkungen.



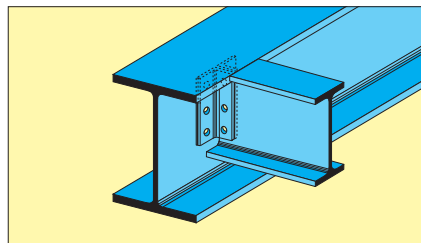
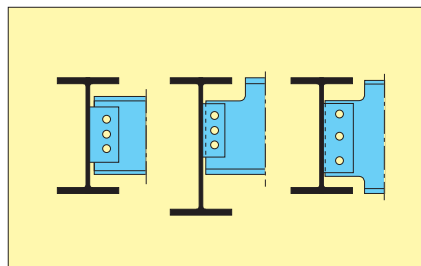
### Trägeranschlüsse

Bei den Anschlüssen von Deckenträgern an Unterzüge

- gelten entweder die Anschlüsse als gelenkig, und es werden nur die Querkraften übertragen,
- oder der angeschlossene Träger läuft durch, und es sind Querkraften abzutragen und Biegemomente weiterzuleiten.

### Querkraftanschlüsse

Je nach Höhenlage und Höhe des anzuschließenden Trägers kann dieser glatt abgeschliffen sein oder muß ausgeklinkt werden.



### Tragfähigkeit von Steganschlüssen in [kN]

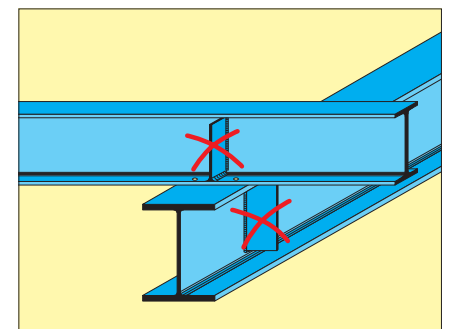
(für Bauteile aus S235,  $\gamma_F$ -fache Belastung mit Schrauben nach DIN 7990, Güte 4.6)

Winkelanschluß beidseitig	Schraubenbild					Trägerstegdicken grenz t
	Verbindungsmittel					
	90 · 9	M 16	78	146		
	100 · 10	M 20	138	252	382	3,1
	120 · 12	M 24	195	358	544	4,3
					742	5,3
Stirnplattenanschluß	Schraubenbild					Trägerstegdicken grenz t
	Verbindungsmittel					
	Stimpl. 10 mm dicke	M 16	87	175	263	
	M 20	137	274	411	548	5,2 – 5,6
	M 24	197	394	592	789	6,3 – 7,0

Voraussetzung für die Anwendung der Tabellenwerte ist die Einhaltung der Mindestabstände für die Schraubenlöcher (2,2 d untereinander, 1,2 d vom Rand). Bei Verwendung der Anschlußtypen für Träger mit Stegdicken < grenz t sind die Tabellenwerte abzumindern; siehe Bemessungshilfen für profilorientiertes Konstruieren; diesem Buch sind auch die Werte obiger Tabelle entnommen.

### Querkraft- und Momentenanschlüsse

Der einfachste Trägeranschluß ergibt sich, wenn der Deckenträger auf dem Unterzug aufliegt und über ihm durchläuft. Bis zu den Lasten der Tabelle müssen keine Steifen in die Träger an den Kreuzungsstellen eingeschweißt werden.



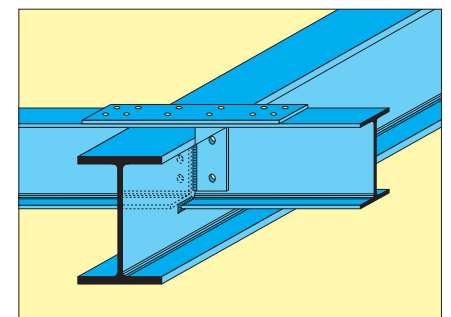
### Übertragbare Querkraft in [kN] bei Trägerkreuzungen ohne Steifen

(für Bauteile aus S235, für  $\gamma_F$ -fache Last)

Nennhöhe	IPE	HEA	HEB	HEM
300	330	531	700	1433
330	395			
340		675	866	1605
360	444	753	956	1690
400	530	912	1151	1867
450	602	1004	1346	2086
500	687	1102	1496	2305
600	945	1253	1670	2729
700		1465	1913	2749
800		1613	2084	2836

Die Tabellenwerte gelten für Trägerkreuzungen gleichartiger Profile. Bei Kreuzungen unterschiedlicher Profile sind die Werte des kleineren Trägers zu verwenden, siehe auch Bemessungshilfen für profilorientiertes Konstruieren.

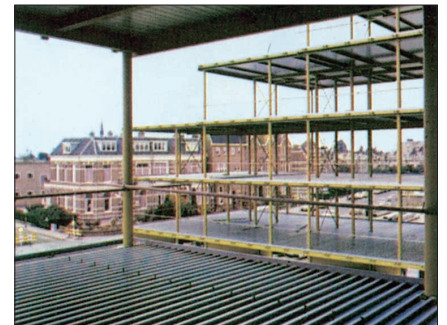
Bei Trägern, die sich in der gleichen Höhe kreuzen, sind die Obergurte der anzuschließenden Träger zugfest miteinander zu verbinden. Die Druckkräfte der Untergurte werden durch eingepaßte Futterstücke übertragen.



## 21.1 Deckenplatten im Stahlgeschossbau



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV



Die Wahl des jeweils angemessenen Deckensystems erhöht entscheidend die Wirtschaftlichkeit eines Stahlgeschossbaues. Die Bauzeit wird durch montierbare, sofort begehbare Betonfertigteile oder Stahltrapezprofile oft erheblich verkürzt.

### Funktion der Deckenplatte

Das Deckentragwerk eines Stahlgeschossbaues besteht aus Deckenplatte und Deckenträger. Die Deckenplatte übernimmt als tragendes Bauteil dabei folgende Funktionen:

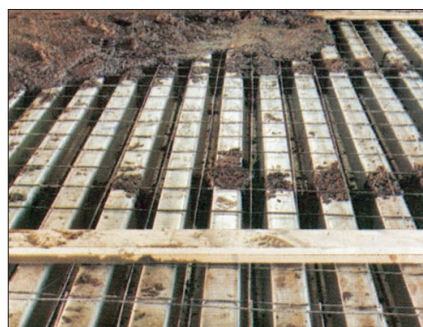
- Als Platte: Abtragen der Lasten zu den Trägern
- Als Scheibe: Abtragen horizontaler Kräfte zu den Festpunkten des Gebäudes
- Als Obergurt: Übernahme anteiliger Lasten im Verbund mit Deckenträgern oder Unterzug

Zugleich erfüllt sie wichtige bauphysikalische Aufgaben des Brand-, Schall-, Wärme- und Feuchtigkeitsschutzes.

### Abtragen vertikaler Kräfte

Die Deckenplatte spannt als Ein- oder Mehrfeldplatte zwischen den Deckenträgern. Die gebräuchlichsten Deckensysteme sind in der umseitigen Tabelle zusammengestellt. Man unterscheidet (Großbuchstaben lt. entsprechender Tabellenspalte):

- Tragende Betonplatte
  - A mit Rippen oder Hohlräumen
  - B als massive Platte
  - C auf vorgefertigter Unterschale
  - D auf nichttragendem Strahltrapezprofil als verlorener Schalung
- Verbundplatte
  - E Stahlverbundbleche als Schalung und als untere Bewehrung der Platte, Ausführung entsprechend Zulassung



- Additive Platte
  - F Deckenprofilblech mit tiefen Sicken als Schalung. Die Abtragung des Eigengewichts (Blech und Beton) wird dem Profilblech zugeordnet. Für die Verkehrslasten ist ausschließlich die durch den Aufbeton entstandene Rippendecke zuständig (Additive Bemessung).

### Abtragen horizontaler Kräfte

Eine Deckenplatte gilt nach DIN 1045 als tragfähige Scheibe, wenn die in der Scheibenebene wirkenden Kräfte durch Bogen- oder Fachwerkwirkung zusammen mit Randgliedern oder Zugpfosten (Stahlträger oder Bewehrung) aufgenommen werden können.

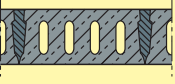
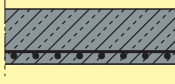
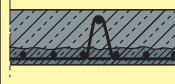
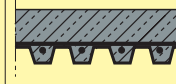

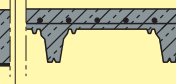
### Verbundträger

Wirkt die Deckenplatte als Obergurt einer Verbundkonstruktion zusammen mit Deckenträger oder Unterzug, so werden beide Baustoffe gezwungen, gemeinsam zu tragen. Eine Verbundkonstruktion verringert Stahlbedarf und Durchbiegung erheblich und erlaubt kleinere Konstruktionshöhen.

**Richtwerte für Deckendicken d (cm)**  
(für Deckentypen B bis D und E in umseitiger Tabelle „Deckensysteme“) in Abhängigkeit von Spannweite und Nutzlast (einschl. Zuschlag von 1,14 kN/m<sup>2</sup> für Belag, Unterputz usw.)  
Deckendicke d = h + 1,5 cm (mind. 10 cm)

	p (kN/m <sup>2</sup> )	Spannweiten (cm)						
		240	360	480	600	720	840	960
Einfeldplatten	1.50	10	12	16	19	23	26	31
	2.00	10	12	16	19	23	27	33
	2.25	10	12	16	19	23	27	33
	2.75	10	12	16	19	23	28	34
	3.50	10	12	16	19	24	30	35
	5.00	10	12	17	20	26	32	38
	7.50	10	14	19	22	29	35	42
	10.00	10	15	20	24	32	38	45
	12.50	11	16	22	26	34	41	48
	15.00	12	17	23	27	36	43	51
20.00	13	19	26	31	40	48	56	
		Gleiche Dicken bei geringeren Lasten ergeben sich durch die Schlankheitsbegrenzung $h \geq \frac{l}{35}$		In diesem Bereich wird die rechnerisch erforderliche Plattendicke zu groß, daher hier Sekundärträger anordnen und eine „aufgelöste Decke“ ausführen.				
Mehrfeldplatten	1.50	10	10	10	13	16	20	24
	2.00	10	10	11	13	17	21	25
	2.25	10	10	11	13	17	21	25
	2.75	10	10	12	14	18	22	26
	3.50	10	10	12	14	19	23	27
	5.00	10	10	13	16	21	25	29
	7.50	10	11	15	18	23	28	32
	10.00	10	13	17	19	25	30	35
	12.50	10	14	18	21	27	32	38
	15.00	10	14	19	22	29	34	40
20.00	11	16	21	25	32	38	44	

Die Werte für Mehrfeldplatten gelten für die Mittelfelder der Platten; die Endfelder sollen ca. 1 cm dicker ausgeführt werden.

Deckensysteme (Auswahl)	A	B	C	D	E	F
	Spannbeton-Fertigdecken	Stahlbeton-Fertigteile-Platten nach DIN 1045-1	Teilweise vorgefertigte Decken-Platten nach DIN 1045-1	Ortbetondecken auf Stahltrapezprofilen als verlorene Schalung	Stahlprofilblech-Verbunddecken	Hoesch Additiv-Decke auf Profilblechen mit tiefen Sicken
Skizze						
Fabrikate und Lieferfirmen (Beispiele)	Betonson, Brespa, Echo, Verbin	Ausführung nach DIN von Betonfertigteilterwerken	Filigran, Kaiser-Omnia	ThyssenKrupp Hoesch Bausysteme, Arcelor Bauteile GmbH, Fischer Profil, Salzgitter Bauelemente	Holorib, Cofrastra	ThyssenKrupp Hoesch Bausysteme
Belastung Spannweite	gemäß Zulassung	ohne Einschränkung nach DIN 1045-1			ohne Einschränkung nach DIN 1045-1	gemäß Zulassung
Ohne Verbund mit Trägerlage	beliebige Unterkonstruktion möglich					
Verbund mit Trägerlage (Bemessung gemäß prEN 1994-1-1)	kein Verbund mit Stahlträgern	Verbund mit Stahlträgern		Verbund mit Stahlträgern nur eingeschränkt	Verbund mit Stahlträgern	
Direkter Brandschutz (F 90, F 120, F 180)	nach Zulassung bzw. DIN 4102	nach DIN 4102; keine unterseitige Isolierung erforderlich			gemäß Zulassung (Prüfzeugnis)	gemäß Zulassung (F 30 bis F 90)
Schallschutz	nach DIN 4109 oder Prüfzeugnis					
Befestigung von Installationen und Ausbauelementen	zugelassene Hohlraumdübel	Ankerschienen und Dübel		Dübel	Keilkopfschrauben und Muttern für Systemhänger	Dübel
Montage	Kranmontage für Einzelelemente			Heben von Blechpaketen per Kran auf die Verlegeebene, dann Verlegen von Hand. Die Profiltafeln sind im Montagezustand, Arbeitsbühne, Schalung, horizontale Aussteifung (Scheibenwirkung) und Kipphalterung für die Träger.		

### Deckenoberfläche

Stahlbetonfertigteileplatten erhalten durch werkseitige Schalungen eine belagene Oberfläche. Der Estrich kann dann möglicherweise entfallen.

Bei Ortbeton lässt sich dasselbe Ergebnis durch eine der folgenden Maßnahmen erreichen:

- sauberes Abziehen und Glätten
- Ausgleichsfeinschicht auf normaler Betonoberfläche
- Vakuumbehandlung nach dem Planziehen, abschließendes Glätten
- Auftragen von Fließbeton

### Literatur

- DIN 1045-1 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, 7/2001
- prEN 1994-1-1 Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken
- DIN 4102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, 9/1977 bis 9/1998
- DIN 4109 Schallschutz im Hochbau, 11/1989 bis 9/2003

- Diverse Zulassungen der Produkthersteller (z. B. Hoesch, Holorib)
- F. Grimm: Stahlbau im Detail, Bd. 2 (Weka Verlag)
- Stahlbaukalender 2002, Kap. 3 und 4 (Ernst & Sohn)
- Schulitz, Sobek, Habermann: Stahlbauatlas
- Stahlbau Arbeitshilfe 2.4 „Brandschutz für Decken“
- Stahlbau Arbeitshilfe 14 „Schallschutz im Stahlbau“

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

Bei der Errichtung von Geschossbauten hat der Stahlbau eine ständig wachsende Bedeutung erlangt. Dabei haben sich die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbau-Verbandes aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit und Erfahrung als qualifizierte Partner erwiesen. In Zusammenarbeit mit Planern und Bauherren errichten sie auf Wunsch auch komplette schlüsselfertige Gebäude.

Die Organisation BAUEN MIT STAHL steht Ihnen mit ihren Ingenieuren ebenfalls gern zur Verfügung

- wenn Sie (z. B. im frühen Entwurfsstadium) eine firmenneutrale Beratung wünschen oder
- wenn Sie (auch im Gespräch mit den Behörden) die erforderlichen und angemessenen Maßnahmen bei einem konkreten Stahlbauprojekt ermitteln wollen.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: [www.bauen-mit-stahl.de](http://www.bauen-mit-stahl.de)  
E-Mail: [zentrale@bauen-mit-stahl.de](mailto:zentrale@bauen-mit-stahl.de)

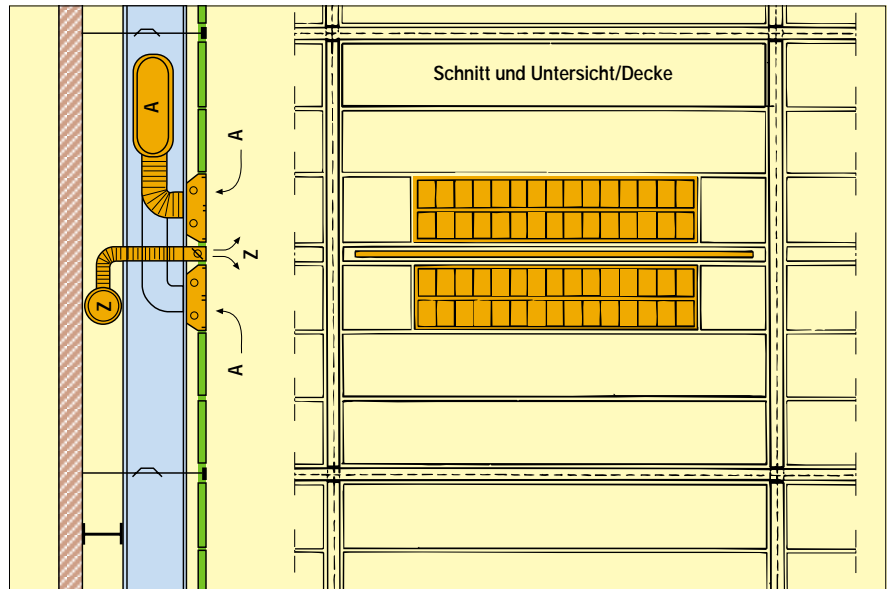
## 21.2 Integrierte Deckensysteme



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

Integrierte Deckensysteme sind eine Weiterentwicklung abgehängter Deckenkonstruktionen. Sie übernehmen den bautechnischen und gestalterischen Raumabschluss; zugleich sind jedoch zusätzliche Funktionen integriert:

- Zu- und Ablufführungen der klimatechnischen Einrichtungen
- Beleuchtungsanlagen
- Schallabsorption zur Verbesserung der Raumakustik
- Anschlüsselemente für Raumteiler und versetzbare Innenwände
- Elektroinstallationen, wie Verteiler und Regelanschlüsse für Beleuchtung und Deckenanschlüsse (Elektranten), elektroakustische Anlagen (Lautsprecher, TV)
- Wasserinstallationen (Sprinkleranlagen)
- Sonstige Medienzuführungen, z. B. Gas, Feuerlöschmittel
- Brandschutz



### Anwendungsbereiche

Integrierte Deckensysteme finden sich vorwiegend

- in kompakten Gebäuden, die weitgehend nur mit technischen Mitteln zu klimatisieren sind, sowie
- in Bauten mit wechselnden Nutzungsanforderungen (Büros, Schulen, Institute).

Da hierbei viel Raum im Deckenpaket benötigt wird, sind Stahlskelettbauten mit gestapelter Trägerlage bzw. mit Fachwerk- oder Wabenträgern besonders wirtschaftlich – ohne die Geschosshöhe zu vergrößern.

Integrierte Deckensysteme bestehen in der Regel aus industriell vorgefertigten Bauteilen, deren Abmessungen den gebräuchlichen Modulen und Teilungsrastern entsprechen. Die Variationsbreite der Rasterbildung eröffnet vielfältige gestalterische Möglichkeiten.

An Bandrasterkonstruktionen im Deckenspiegel können Innenwände angeschlossen werden, die sich – je nach gewünschter Raumaufteilung – jederzeit leicht versetzen lassen.

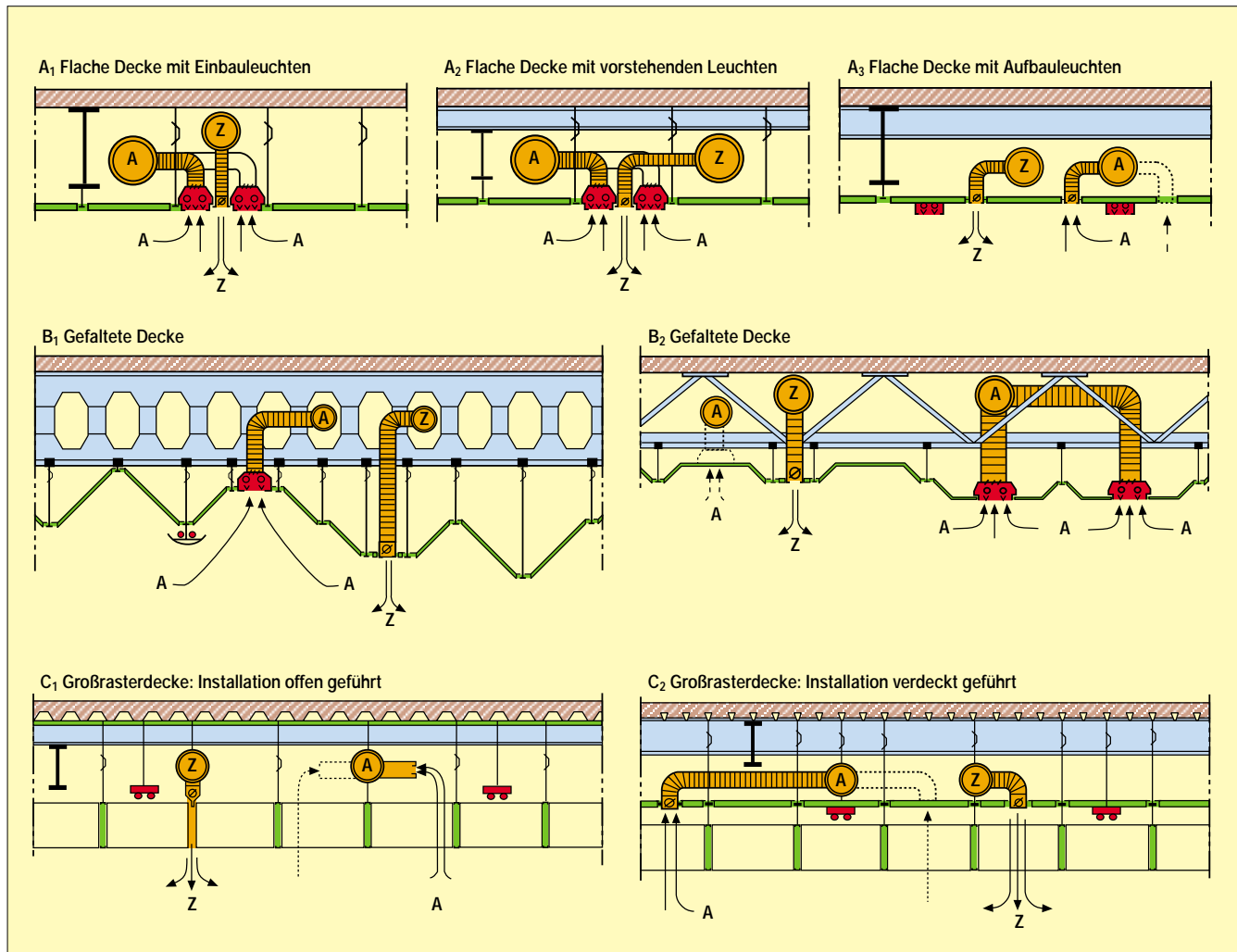
Klima- und beleuchtungstechnische Einrichtungen werden in ein Schema gebracht, das dem Teilungsmodul der Deckenkonstruktion überlagert ist. Sie können daher – unabhängig von der jeweiligen aktuellen Nutzung – alle einzelnen Flächeneinheiten nach den gleichen funktionalen Ansprüchen versorgen.

### Ausbildungsformen integrierter Deckensysteme

Zeichnungen siehe Rückseite

	Flache Decke A Zeichnung A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub>	Gefaltete Decke B Zeichnung B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub>	Großrasterdecke C Zeichnung C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub>
Klimatechnik	Gute Voraussetzungen für klimatechnische Versorgung	Klimatechnische Einschränkungen durch Gefahr der Vermischung von Zu- und Abluft	Klimatechnik einfach auszubilden, günstig für Wärmebilanz der Klimaanlage durch in der Höhe gestaffelte Anordnung von Zu- und Abluft
Leuchtdichte	Kontraste der Leuchtdichten bei eingebauten Leuchten kritisch	Leuchtdichteverteilung günstig, da gleichmäßige Aufhellung der Deckenflächen	Leuchtdichteverteilung optimal lösbar, Leuchtstofflampen nur über der Großrasterdecke
Blendungsbegrenzung	Blendungsbegrenzung nur bei abgeschirmten Leuchten	Blendungsbegrenzung in Abhängigkeit von Leuchtenart und Beleuchtungsform (direkt, indirekt)	Blendung durch Großraster voll begrenzbar
Akustik	Geringe Schallabsorptionsfläche	Günstige Schallabsorption durch Deckenflächenvergrößerung	Große erzielbare Schallabsorption durch Erhöhung der Flächenanteile in der Decke
Wandmontage	Versetzbare Wände leicht anzuschließen	Anschluss versetzbarer Wände möglich	Wandanschlüsse nicht möglich, Ausnahme: Bandraster-Lüftungsdecke
Anwendungsbereich	Typische Lösung für reversible Bauten	Großräume	Typische Großraumlösung





### Deckenpaneele in ein- oder mehrschaligem Aufbau

#### Materialien:

Gipskarton, Mineralfaser-/Hartfaserplatten, Stahlblech, Aluminium, Kunststoffe

#### Abhängungen je nach Lastfall:

- aus Zug: als Hängekonstruktionen
- aus Druck und Zug: als Druckkonstruktion mit Aussteifungen

#### Gewicht:

- Flache Decken von 65 – 160 N/m<sup>2</sup>
- Großrasterkonstruktionen von 180 – 250 N/m<sup>2</sup>

#### Literatur

- Schulitz et al.: Stahlbauatlas
- Stahlbau-Arbeitshilfen:
  - 2.4 Brandschutz für Decken
  - 14 Schallschutz im Stahlbau
  - 21.1 Deckenplatten im Geschossbau
  - 21.4 Installationsraum Decke
  - 25 Installationen im Geschossbau

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

Bei der Errichtung von Geschossbauten hat der Stahlbau in den letzten Jahren eine ständig wachsende Bedeutung erlangt; die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbauverbandes haben sich dabei aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit und Erfahrung als qualifizierte Partner erwiesen. Viele dieser Unternehmen errichten in Zusammenarbeit mit Planern und Bauherren auf Wunsch auch komplette schlüsselfertige Gebäude und beraten Sie dabei auch gerne bei der Auswahl des angemessenen Deckensystems.

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de



## 22 Treppen im Geschossbau



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

Treppen dienen der vertikalen Erschließung von Gebäuden für den Personenverkehr und sind zugleich entscheidende Fluchtwege bei Bränden und anderen Notfällen. Entsprechende Vorschriften sind in den Bauordnungen der Bundesländer festgelegt (z. B. BauO NW §§ 36 und 37; AVO §§ 10 und 11); sie regeln:

- Zahl und Abstand notwendiger Treppen im Zuge von Fluchtwegen
- Laufbreite, Steigung und Durchgangshöhe
- Treppenraum
- Grad der Feuerbeständigkeit
- Rauchabzug

### Treppen-Typen

Man unterscheidet gerade und gewendelte Treppen. Im Stahlgeschossbau wird die gerade ein- oder zweiläufige Treppe am häufigsten verwendet. Bei der konstruktiven Gestaltung einer Treppe und ihrer Einfügung in einen Stahlskelettbau sind besonders zu beachten:

- Geometrie der Treppe
- Konstruktion der Treppenelemente
- Abschluss der Treppe gegen Treppenraum und Deckenbereich

### Geometrie der Treppe

- Treppenlauf: ununterbrochene Folge von mindestens 3, höchstens 18 Steigungen zwischen 2 Podesten
- unverändertes Steigungsverhältnis innerhalb der Lauflinie
- Steigungshöhe: maximal 19 cm
- Auftrittsbreite: mindestens 26 cm
- nutzbare Podesttiefe: mindestens so groß wie die nutzbare Laufbreite der Treppe, jedoch nicht weniger als 100 cm.



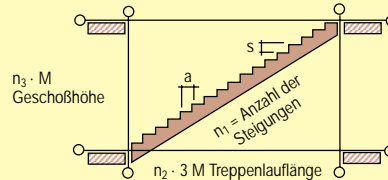
**Die Auftrittsbreite a**  
läßt sich bei  $a < 3 \text{ M}$  ( $a_{\min} = 26 \text{ cm}$ ) nach folgender Formel errechnen:

$$1a: a = \frac{n_2 \cdot 3 \text{ M}}{n_1} \text{ cm} \quad 1b: n_2 < n_1 \leq \frac{3 \cdot n_2}{2,6}$$

**Die Steigungshöhe s** ist (bei  $s > \frac{3}{2} \text{ M}$ ;  $s_{\max} = 19 \text{ cm}$ )

folgendermaßen zu ermitteln:

$$2a: s = \frac{n_3 \cdot \text{M}}{n_1} \text{ cm} \quad 2b: n_3 > n_1 \geq \frac{n_3}{1,9}$$



**Beispielrechnung** (angenommene Beispiele):

$$n_1 = 17, n_2 = 15, n_3 = 28$$

$$1a: a = \frac{15 \cdot 3 \text{ M}}{17} = \frac{450}{17} = 26,47 \text{ cm} \quad 1b: 15 < 17 \leq \frac{3 \cdot 15}{2,6} = 17,31$$

$$2a: s = \frac{28 \cdot \text{M}}{17} = \frac{280}{17} = 16,47 \text{ cm} \quad 2b: 28 > 17 \geq \frac{28}{1,9} = 14,74$$

Werden die Formeln 1b und 2b nicht erfüllt, so sind die angenommenen Werte  $n_1$ ,  $n_2$  und/oder  $n_3$  zu korrigieren.

$n_1$  = Anzahl der Steigungen eines Treppenlaufes

$n_2$  = Vervielfachungsfaktor für 3 M bei der Bemessung der Treppenlauflänge (ganze Zahl)

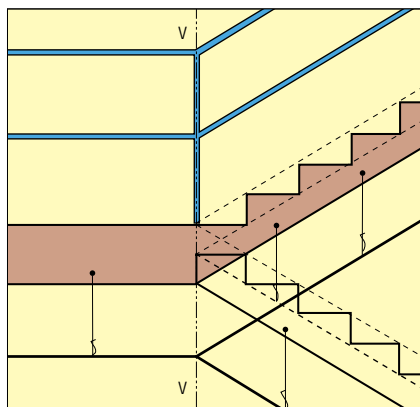
$n_3$  = Vervielfachungsfaktor für M bei der Bemessung der Geschosshöhe (ganze Zahl)

Treppen mit dem folgenden Wert sind erfahrungsgemäß angenehm zu begehen:  $a + 2s \approx 63 \text{ cm}$

### Nutzbare Laufbreite notwendiger Treppen

Einfamilienhäuser ohne Einliegerwohnungen und innerhalb von Wohnungen	80 cm
Wohngebäude bis zu zwei Vollgeschossen	90 cm
Wohngebäude mit mehr als zwei Vollgeschossen und andere Gebäude	100 cm
Hochhäuser	125 cm
Bei Treppen für mehr als 150 Personen	> 125 cm

Wichtig für die Planung einer Treppe ist die Festlegung des Stufenansatzes. Haben die auf- und abwärtsführenden Läufe einer Treppe die gleiche Steigung (dies sollte die Regel sein), so müssen sich die entsprechenden Linien der Stufenansätze beider Läufe in einer Vertikalen V schneiden.



**Die Geschosshöhe soll wie folgt anwachsen:**

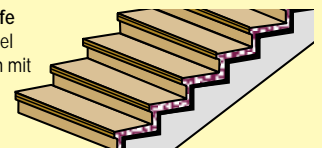
- bis 36 M in 1-M-Sprüngen
- von 36 – 48 M in 3-M-Sprüngen
- darüber hinaus in 6-M-Sprüngen

### Treppenkonstruktionen

Treppenstufen oder -läufe bestehen auch bei einem Stahlskelettbau meist aus Beton, insbesondere wenn sie feuerbeständig und trittschalldämmend sein müssen. Vorgefertigte Stufen oder Läufe setzen sich dabei immer mehr gegenüber Ortbetontreppen durch, da sie eine sofortige Vertikalerschließung des Gebäudes zulassen.

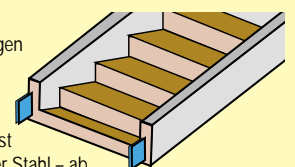
#### Plattenläufe

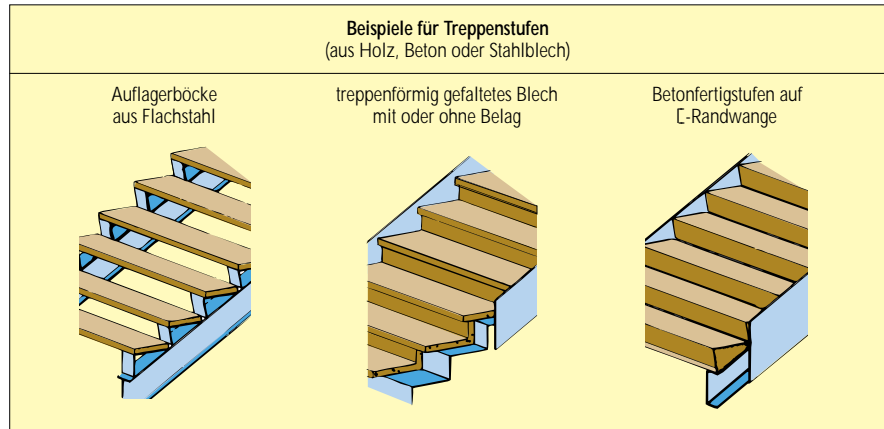
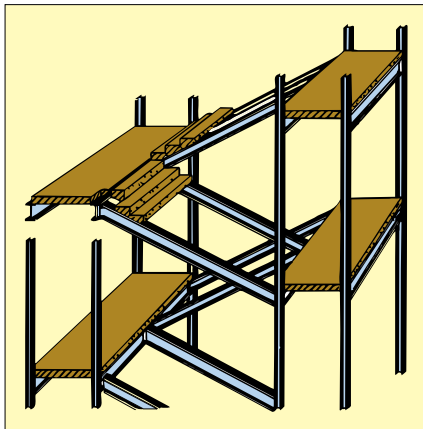
(in der Regel Laufplatten mit angeformten Stufen)



#### Wangenläufe

Die Stufen tragen ihre Belastung auf seitliche, biegesteife Wangen – meist aus Beton oder Stahl – ab.





### Treppen aus Stahl

Der Baustoff Stahl bietet eine Vielzahl von Gestaltungsmöglichkeiten. Seine große Festigkeit ermöglicht besonders leichte Konstruktionen – mit Stahlstützen, feingliedrigen Hängekonstruktionen oder geraden bzw. geschwungenen Biegeträgern.

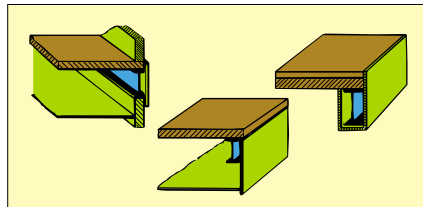
Üblich ist eine einfache Trägerkonstruktion mit 4 leichten Stützen für jedes Podest. Die Läufe sind als Balken zwischen die Podeste gespannt; diese sind quer aufgelagert und geben ihre Kräfte an Stützen oder Wände ab.

### Abschluss der Treppe gegen Treppenraum und Deckenbereich

Da Stahlskelettbauten nicht unbedingt ein aussteifendes Treppenhaus aus Beton benötigen, können Treppen auch in einem offenen Treppenhaus geführt werden. Die in den Geschossen häufig vorhandene untergehängte Decke zur Verkleidung der Deckenträger und der Installationen im Deckenhohlraum wird dann auch unter den Treppenläufen und Podesten durchgezogen. Der Deckenhohlraum wird meist durch Asbest- oder Gipsplatten verkleidet. Eine solche Treppe ohne trennende Treppenhauswände ist feuerbeständig.

Bei fehlender Unterdecke wird die feuerbeständige Verkleidung der Träger mit der Verkleidung des Treppendurchbruchs kombiniert.

- Treppen aus Stahl können mit schützenden Umkleidungen frei eingebaut werden.
- Bei Treppen aus Beton muß die Bewehrung hinreichend überdeckt sein.



### Literatur

- Bauordnungen der Länder
- Stahlbauatlas: Schulitz-Sobek-Habermann, Ausgabe 1999
- DIN 18064
- DIN 18065 Gebäudetreppen, Hauptmaße (Juli 1984, neuer Entwurf von Juni 1997 liegt im Gelbdruck vor)
- DIN 18069 Tragbolzentreppen für Wohngebäude, Bemessung und Ausführung
- DIN 24530 Treppen aus Stahl, Angaben für die Konstruktion

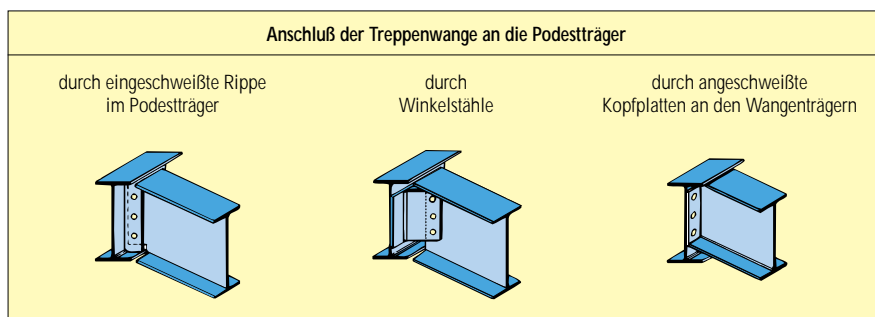
- Stahlbau-Arbeitshilfen:
  - 2.1 Brandschutz für Stützen und Träger
  - 2.2 Brandschutz bei Wänden
  - 2.4 Brandschutz für Decken
- Stahl-Informations-Zentrum Merkblatt 155 – Innentreppen  
Merkblatt 255 – Außentreppen  
Merkblatt 355 – Entwurfskriterien für Stahltreppen

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

Bei der Errichtung von Geschossbauten hat der Stahlbau in den letzten Jahren eine ständig wachsende Bedeutung erlangt; die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbau-Verbandes haben sich dabei aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit und Erfahrung als qualifizierte Partner erwiesen.

Viele dieser Unternehmen errichten in Zusammenarbeit mit Planern und Bauherren auf Wunsch auch komplette schlüsselfertige Gebäude.

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gerne mit Rat und Information zur Verfügung.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: [www.bauen-mit-stahl.de](http://www.bauen-mit-stahl.de)  
E-Mail: [zentrale@bauen-mit-stahl.de](mailto:zentrale@bauen-mit-stahl.de)

### Nutzung

Eine Aussteifung durch Fachwerkscheiben oder massive Wandscheiben beeinflusst die Raumaufteilung und die Anordnung der Verkehrswege.

### Erscheinungsbild

Rahmen außerhalb des Gebäudes oder Fachwerke in den Außenwänden schaffen Freizügigkeit im Gebäude, beeinflussen aber nachhaltig das Erscheinungsbild des Gebäudes.

### Wirtschaftlichkeit

Im Einzelfall muß man prüfen, ob eine Betonwand oder ein leichtes weitgespanntes Stahlfachwerk wirtschaftlicher ist.

### Bauablauf

Die Errichtung von Stahlfachwerken und Fertigbetonwänden oder Ortbetonschächten erfordert sorgfältige zeitliche und organisatorische Abstimmung.

### Anordnung der vertikalen Aussteifungen

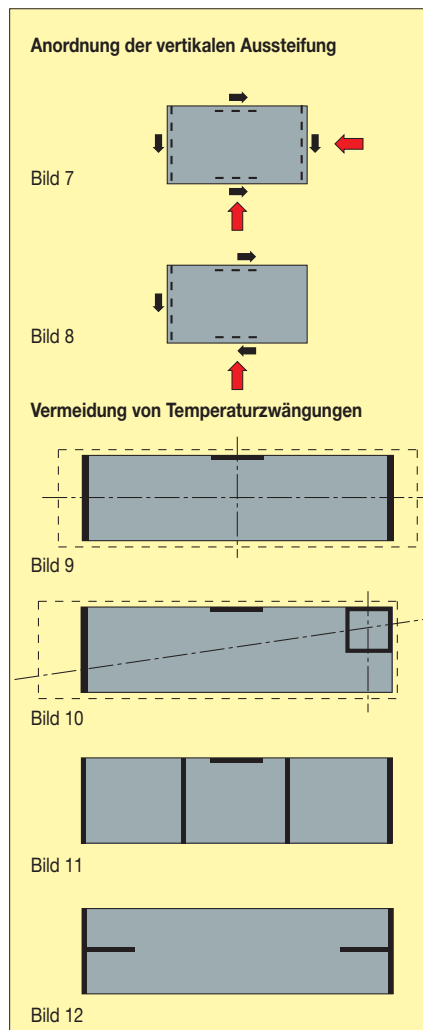
Die zur Ableitung der horizontalen Kräfte in den Erdboden erforderlichen vertikalen Tragwerke (Windscheiben) müssen in wenigstens zwei zueinander nicht parallelen Richtungen und in wenigstens drei Ebenen, deren Achsen sich nicht alle in einem Punkt schneiden dürfen, angeordnet werden, um Windkräfte aus jeder Richtung aufnehmen zu können. Bei symmetrischen Gebäuden erhalten symmetrisch angeordnete Windscheiben nur Kräfte aus der ihnen parallelen Windrichtung (Bild 7).

Bei unsymmetrisch angeordneten Windscheiben erhalten die zur Windrichtung senkrechten Scheiben zusätzliche Kräfte aus den entstehenden Versatzmomenten (Bild 8).

### Vermeidung von Temperaturzwängungen

Aussteifungen müssen so angeordnet werden, dass keine Zwängungen aus Temperaturveränderungen der Decken entstehen.

Beim Grundriß nach Bild 9 erfolgt die Längenausdehnung wegen der mittigen Lage der Aussteifungen in beiden Richtungen gleichmäßig, beim Grundriß nach Bild 10 wegen



der exzentrischen Lage des Festpunktes im wesentlichen nur nach der freien Seite. Mehrere nebeneinander angeordnete feste Scheiben als Queraussteifungen erhalten entsprechend ihrer Steifigkeit ihren Anteil aus den Windkräften zugeteilt. Eine steife Deckenscheibe sorgt für die Verteilung. Aus Temperaturdehnungen entstehen keine Zwängungskräfte (Bild 11). Sind zwei aussteifende Scheiben in einer Flucht angeordnet, so beteiligen sich ebenfalls beide an der Abtragung der Windkräfte. Es entstehen jedoch Zwängungskräfte durch Temperatureinwirkungen (Bild 12).

### Literatur

- Hart, Henn, Sontag: Stahlbauatlas
- Stahlbaukalender
- Stahlbau Arbeitshilfen
  - 20.1 Stützen im Geschoßbau
  - 20.2 Walzträger im Geschoßbau
  - 21.1 Deckenplatten im Geschoßbau
  - 23.1 Rahmen im Geschoßbau
  - 23.2 Verbände im Geschoßbau
  - 23.3 Scheiben im Geschoßbau
  - 23.4 Schächte im Geschoßbau

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

Bei der Errichtung von Geschoßbauten hat der Stahlbau in den letzten Jahren eine ständig wachsende Bedeutung erlangt: die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbau-Verbandes DSTV haben sich dabei aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit und Erfahrung als qualifizierte Partner erwiesen. Viele dieser Unternehmen errichten in Zusammenarbeit mit Planern und Bauherren auf Wunsch auch komplette schlüsselfertige Gebäude.

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gerne mit Rat und Informationen zur Verfügung.



BAUEN MIT STAHL  
 Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

## 23 Aussteifung von Geschößbauten



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

### Allgemeines

Alle Gebäude müssen zur Erzielung der Standfestigkeit gegen Wind ausgesteift werden, in manchen Gegenden auch gegen Erdbeben und in besonderen Fällen gegen weitere horizontale Einwirkungen. Das Aussteifungssystem muß

- diese Kräfte in den Erdboden ableiten
- die horizontalen Verformungen und
- bei hohen Gebäuden die Schwingungen begrenzen.

### Windkräfte

Die Horizontalkraft, die der Wind verursacht, hängt ab von

- der Windgeschwindigkeit
- der aerodynamischen Form des Gebäudegrundrisses und
- der Oberflächenbeschaffenheit der Fassade.

Die rechnerisch anzusetzende Windgeschwindigkeit beträgt in der Bundesrepublik in 8 m Höhe 28,3 m/sek. und wächst mit der Gebäudehöhe. Die dynamische Wirkung des Windes darf für übliche Wohn-, Büro- und Industriegebäude mit einer Höhe bis 40 m nach DIN 1055 Teil 4 (8.86) unberücksichtigt bleiben.

Der Winddruck wirkt auf die Außenflächen des Gebäudes wie Fassade, Dach usw., die die resultierenden Kräfte auf die horizontalen und vertikalen Aussteifungssysteme des Bauwerkes ableiten.

### Horizontale Aussteifungen

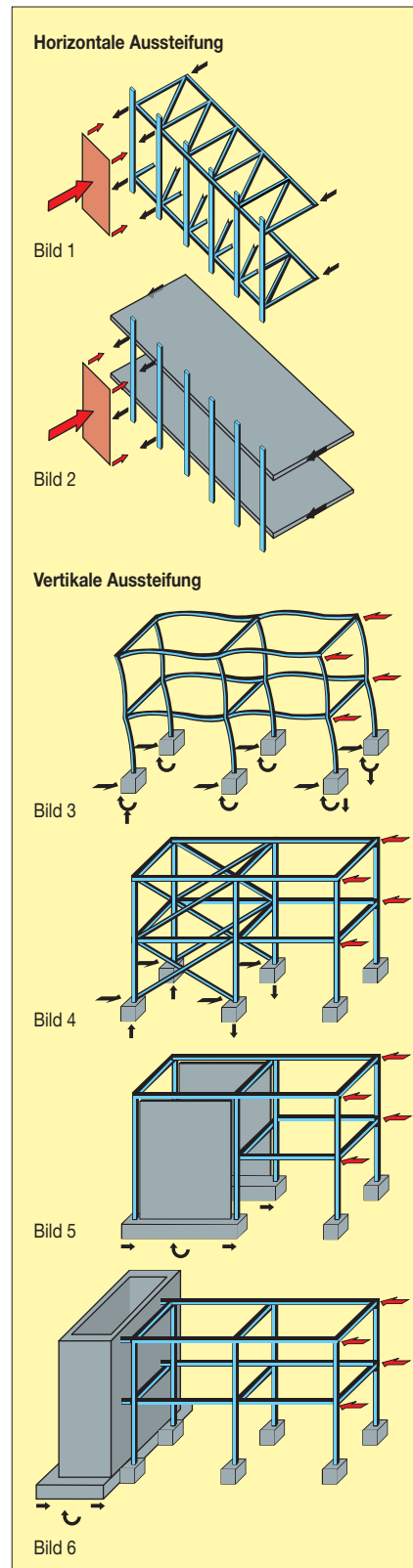
Horizontale Aussteifungen liegen in den Dach- und Deckenebenen, waagrecht oder entsprechend geneigt. Sie können aus stählernen Fachwerken bestehen (Bild 1). Meist werden jedoch die Deckenplatten der Geschößdecken selbst oder die Dacheindeckung als biege- und schubsteife Scheiben zur horizontalen Aussteifung herangezogen (Bild 2).

Die horizontalen Aussteifungen leiten die Horizontalkräfte zu den Vertikalaussteifungen weiter, die sie in den Erdboden abführen.

### Vertikale Aussteifungen Rahmen

(Bild 3)

Eine Rahmenwirkung entsteht, wenn alle oder einige Stäbe des Stahlskeletts biegesteif ausgeführt und angeschlossen werden. Rahmentragwerke haben den Vorteil, daß die



Aufteilung der Geschößflächen nicht durch aussteifende Konstruktionen behindert wird. Bei höheren Gebäuden sind Rahmen weicher und teurer als andere Aussteifungsarten. Konstruktive Einzelheiten und Bemessungstabellen enthält die Stahlbau Arbeitshilfe 23.1.

### Verbände

(Bild 4)

Bei vertikalen Fachwerkverbänden bilden die Diagonalen mit Stützen und Trägern des Deckentragwerks Dreiecke mit unverschieblichen Eckpunkten. Sie sind daher sehr steif und in vielen Fällen die optimale Aussteifungsart. Da durch die Verbände die Lage von Wänden festgelegt wird, werden sie vorteilhaft an Außenwänden, Treppenhaus- oder Aufzugsschachtwänden oder an solchen Stellen angeordnet, an denen aufgrund der Zweckbestimmung des Gebäudes mit einer Änderung der Wandstellung nicht zu rechnen ist. Konstruktive Details und Bemessungstabellen enthält die Stahlbau Arbeitshilfe 23.2.

### Scheiben

(Bild 5)

Wandscheiben aus Beton, Mauerwerk oder Stahl steifen ein Stabwerk durch ihre Schub- und Biegefestigkeit aus. Noch mehr als bei Verbänden werden Scheiben an Stellen im Gebäude angeordnet, die keine Änderung der Wandstellung und auch möglichst keine Durchbrüche in den Wänden erfordern. Die Wandscheiben sind freistehend oder werden in die Gefache des Stahlskeletts eingesetzt. Konstruktive Details enthält die Stahlbau Arbeitshilfe 23.3.

### Schächte

(Bild 6)

Eine wirksame Aussteifung sind Betonschächte, die die Vertikalerschließung (Treppen-, Aufzugs-, Leitungsschächte) enthalten. Die Schächte stehen im Gebäude und tragen dann auch vertikale Lasten ab oder sie stehen als gesonderte Baukörper neben dem Gebäude. Konstruktive Details enthält die Stahlbau Arbeitshilfe 23.4.

### Einflüsse der Aussteifungsart

Die Wahl der richtigen Aussteifungsart ist von großer Bedeutung für die Konstruktion des Tragwerks und kann bei Hochhäusern den ganzen Entwurf bestimmen.

Die Art der Aussteifung hat Einfluß auf:

Kombiniert aufnehmbare Normalkräfte N und Biegemomente M unter 1,35-fachen Lasten (Elastische Querschnittstragfähigkeit) für ausgewählte Walzprofile nach DIN 1025 Bl. 2 – 5; Materialgüte S235 (früher St 37)																
Profil		Normalkräfte N (kN) in Rahmenstütze bzw. Rahmenriegel														
		0	100	200	400	600	800	1000	1200	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500
		Zusätzl. zu N aufnehmbares Biegemoment M (kNm) in Rahmenstütze bzw. Rahmenriegel														
IPE	200	31,0	24,3	17,5												
	240	51,8	43,4	35,3	18,8											
	270	68,6	59,2	49,8	31,3	12,4										
	300	89,1	78,5	68,5	47,9	26,7	6,1									
	330	114,1	102,7	91,3	68,4	45,6	22,8									
	360	144,6	132,0	119,3	94,9	69,6	45,2	19,9								
	400	185,6	171,7	157,8	131,1	103,2	75,4	48,7	20,9							
	450	240,0	225,0	210,0	180,0	148,5	118,5	88,5	58,5							
	500	308,8	291,4	276,0	243,2	208,4	175,6	142,8	110,0	59,8						
600	491,2	472,8	451,3	411,4	374,5	334,6	294,7	254,8	196,5	98,2						
HEA	200	62,2	54,8	47,8	33,5	18,7	4,3									
	240	108,0	99,2	90,5	72,9	55,4	37,8	20,3	2,7							
	260	133,8	123,7	114,5	95,3	76,1	56,8	37,6	18,4							
	300	201,6	190,3	178,9	156,2	133,6	112,1	89,5	66,8	32,8						
	340	268,8	255,4	243,6	218,4	193,2	168,0	142,8	117,6	79,0	16,8					
	360	302,4	289,2	275,9	249,5	223,0	196,6	170,1	143,6	104,0	37,8					
	400	369,6	355,7	339,6	311,9	281,8	254,1	224,1	196,4	152,5	78,5	6,9				
	450	464,0	446,6	432,1	400,2	365,4	333,5	301,6	269,7	220,4	139,2	116,0				
	500	568,0	550,3	532,5	497,0	461,5	426,0	387,0	351,5	298,2	209,5	120,7	28,4			
600	766,4	747,2	723,3	680,2	637,1	598,8	555,6	512,5	450,3	344,9	234,7	129,3	24,0			
HEB	200	91,2		76,4		47,3		18,2	3,4							
	240	150,1		132,2		96,6		61,9	44,1	16,9						
	260	184,0		164,5		125,4		86,3	66,7	38,0						
	300	268,8		247,0		201,6		156,2	132,7	99,1	43,7					
	340	345,6		319,7		270,0		220,3	194,4	155,5	92,9	30,2				
	360	384,0		357,6		304,8		252,0	225,6	184,8	120,0	52,8				
	400	460,8		432,0		374,4		313,9	285,1	241,9	169,9	97,9	23,0			
	450	568,0		536,1		468,6		404,7	372,8	323,1	241,4	159,8	78,1			
	500	686,4		652,1		579,2		506,2	471,9	416,1	326,0	236,0	145,9	60,1		
600	912,0		872,1		786,6		701,1	661,2	592,8	490,2	381,9	279,3	171,0	68,4		
HEM	200	154,7		124,7				81,2		43,5	6,8					
	240	288,0		252,0				198,0		153,0	108,0	63,0	18,0			
	260	345,6		306,7				248,4		198,7	149,0	99,4	51,8	2,2		
	300	556,8		511,6				442,0		382,8	327,1	268,0	212,3	97,4	38,3	
	340	648,0		595,4				518,4		457,7	392,9	328,1	263,3	198,5	133,7	72,9
	360	688,0		632,1				550,4		485,9	417,1	352,6	283,8	215,0	150,5	81,7
	400	771,2		713,4				621,8		549,5	477,2	400,1	327,8	255,6	178,3	106,0
	450	880,0		814,0				715,0		632,5	550,0	467,5	385,0	308,0	225,5	143,0
	500	988,8		914,6				809,6		716,9	630,4	537,7	451,1	358,4	271,9	179,2
600	1225,6		1141,3				1018,8		911,5	804,3	697,1	597,5	490,2	383,0	275,8	

**Beispiel:**  
N = 2400 kN  
M = 500 kNm  
ergibt HEM 500

Die Tabelle enthält für eine Reihe ausgewählter Walzträger mit parallelen Flanschen (nach DIN 1025 Blatt 2 – 5) die von den Querschnitten aufnehmbaren Normalkräfte N und Biegemomente M. Sie können für die Vorbemessung der Riegel und Stützen am Rahmenknoten benutzt werden. Da im allgemeinen das Biegemoment in der Stütze zwischen zwei Knoten kleiner ist als am Knoten, dürfte der am Knoten gewählte Querschnitt auch für den Stabilitätsnachweis der Stütze ausreichend sein. Anhand dieser Vorbemessung kann die genaue statische Berechnung und endgültige Bemessung durchgeführt werden. Abweichungen der Profilabmessungen zwischen vorab und endgültig bemessenen Querschnitten sind im allgemeinen gering.

### Literatur

- Hart, Henn, Sonntag – Stahlbauatlas
  - Stahlbau-Kalender (jährliche Neuauflage)\* mit ausführlichen Normen, Vorschriften und Profilen
  - Ringbuch „Typisierte Verbindungen im Stahlhochbau“\*
  - Davies, Bemessung von stählernen Rahmen, die durch Mauerwerk ausgesteift sind. Sonderdruck „Elementiertes Bauen in Stahl“.
  - Stahlbau Arbeitshilfen
    - 23 Aussteifungen von Geschößbauten
    - 23.2 Verbände im Geschößbau
    - 23.3 Scheiben im Geschößbau
    - 23.4 Schächte im Geschößbau
- \* erhältlich über Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH, Tel. 02 11/67 07-801

Verbandes DSTV haben sich dabei aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit und Erfahrung als qualifizierte Partner erwiesen. Viele dieser Unternehmen errichten in Zusammenarbeit mit Planern und Bauherren auf Wunsch auch komplette schlüsselfertige Gebäude.

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Hilfe, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.



**BAUEN MIT STAHL**  
Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

**Sicherheit: Ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung**  
Bei der Errichtung von Geschößbauten hat der Stahlbau in den letzten Jahren eine ständig wachsende Bedeutung erlangt; die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbau-

## 23.1 Rahmen im Geschößbau



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

Eine Rahmenwirkung entsteht, wenn alle oder einige Stäbe des Stahlskeletts biegesteif ausgeführt und angeschlossen werden. Rahmenstäbe können gerade, geknickt oder gekrümmt sein. In der Regel sind die Stützen zugleich Rahmenstiele und die Träger der Decken- oder Dachtragwerke zugleich die Rahmenriegel.

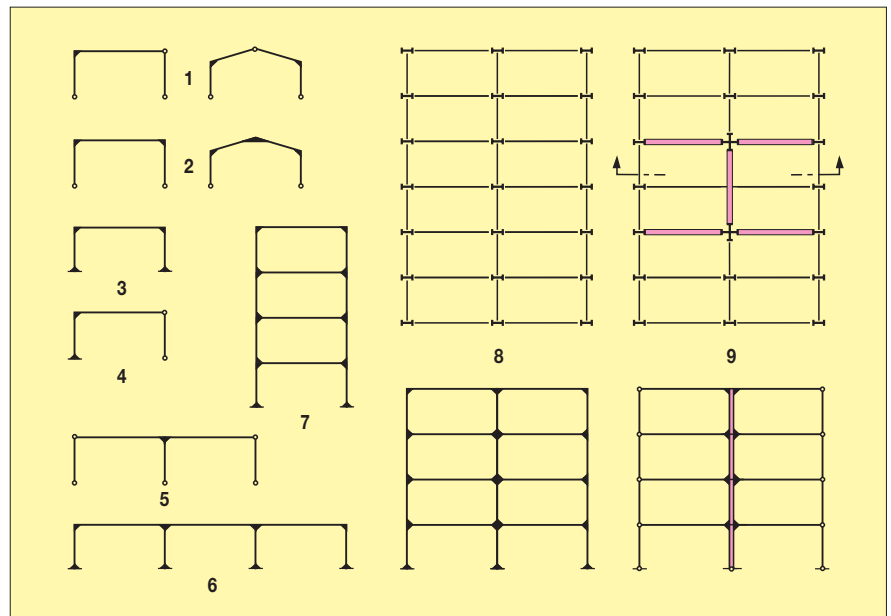
### Rahmenformen

- 1 Dreigelenkrahmen
- 2 Zweigelenkrahmen
- 3 Eingespannter Rahmen
- 4 Eingespannter Rahmen mit Pendelstütze
- 5 Zweifeldriger Rahmen mit nur einem steifen Stiel-Riegel-Anschluß
- 6 Dreifeldriger Rahmen
- 7 Stockwerksrahmen

### Rahmenanordnung

8 In diesem Beispiel sind alle Stützen und Riegel biegesteif angeschlossen, die Stützen eingespannt, geeignet für große Horizontal-lasten oder hohe Gebäude.

9 Bei der zweiten Lösung bilden in der Quer-richtung nur zwei Scheiben Stockwerksrahmen, bei denen nur die mittleren Stützen biegesteif mit den Riegeln verbunden sind. Die äußeren Stützen sind Pendelstützen. In der Längsrichtung ist nur ein Feld als zwei-stieliger, viergeschossiger Stockwerksrahmen ausgebildet. Durch diese Konzentration auf einige wenige, allerdings besonders kräftige biege-steife Innenstützen lassen sich alle anderen Stützen als leichte Pendelstiele dimensionieren.



### Rahmenecken

Beispiele für die Ausführung von Rahmenecken

Rahmenecken aus IPB-Profilen:

- 10 voll geschweißte Verbindung
- 11 geschraubte Montageverbindung

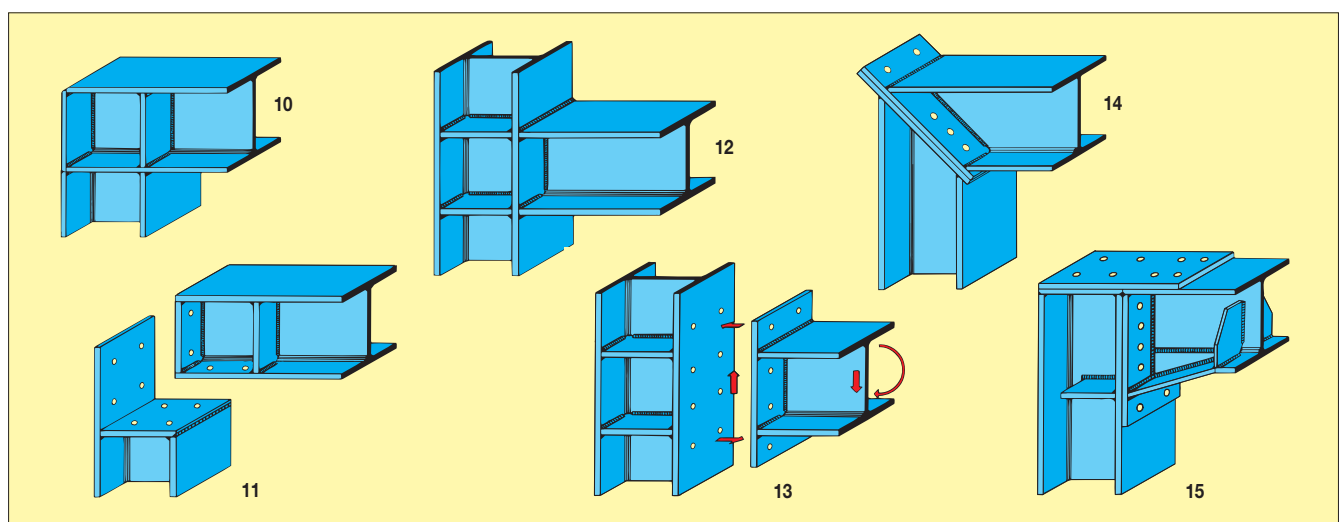
Rahmenabschluß eines Stockwerksrahmens aus IPB-Profilen:

- 12 geschweißt
- 13 Riegelanschluß geschraubt
- 14 Rahmenecke, Stütze und Träger im Gehrungsschnitt schräg geschnitten. An den

Schnittflächen Kopfplatten angeschweißt und durch HV-Schrauben verschraubt.

15 Beim Anschluß größerer Eckmomente Erhöhung des Querschnitts des Trägers durch Auftrennen des Steges und Einsetzen eines keilförmigen Bleches. Anschluß durch Kopfplatte und Decklasche. Die Stütze erhält am Anschlußpunkt des Trägeruntergurtes eine Aussteifung.

Andere Lösung siehe Arbeitshilfe 20.1 Bild „g<sub>2</sub>“ und „h“, bei denen jedoch der Unter-gurt keine Zugkräfte überträgt. Auch Bild „i“ kommt als Rahmenecke in Frage.



## 23.2 Verbände im Geschossbau



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

**Fachwerkverbände können ein Gebäude in waagerechten und senkrechten Ebenen aussteifen. Sie werden durch waagerechte Kräfte aus Wind und Erdbeben und durch Stabilisierungskräfte beansprucht.**

### Anordnung vertikaler Fachwerkverbände im Grundriss

Zur Aussteifung eines Gebäudes sind mindestens drei Verbände in zwei Richtungen in drei verschiedenen Achsen erforderlich. Da sie die freizügige Nutzung beeinträchtigen, legt man sie in unveränderbare Wände mit wenig Öffnungen, z. B.

- in Wände um ein Treppenhaus (Abb. 1),
- in Wände um Aufzugs- oder Installations-schächte (Abb. 2),
- in Außenwände, die keine Fenster haben, oder deren Fensterteilung mit den Fachwerken harmoniert (Abb. 3).

### Anordnung und Aufriss

Die Verbandsfelder können

- übereinander liegen (Abb. 4) oder
- geschossweise versetzt sein (Abb. 5).

### Breite oder schmale Verbände

- Ein Fachwerkverband kann statisch mit einem in den Bogen eingespannten Biegeträger verglichen werden (Abb. 6).
- Bei schmalen Verbänden erhalten die Stützen große Stabkräfte aus Wind. Je nach Windrichtung wirken diese Kräfte abhebend oder belastend. Werden die abhebenden Kräfte nicht durch andere Lasten kompensiert, so sind große und schwere Fundamente erforderlich. Schmale Verbände verformen sich stärker als breite. Es ist notwendig, die Verformungen auf ein bestimmtes Maß zu beschränken. Außerdem ist die Zusatzbeanspruchung aus Stabilisierung um so größer, je größer die Verformung ist (Abb. 7).
- Breite Verbände sind wegen der geringen Stabkräfte steifer und leichter. Sie erzeugen geringere abhebende Kräfte (Abb. 8).

### Form der Vertikalfachwerke

- Das Fachwerkfeld sollte ein gedrungenes Rechteck sein. Niedrige gedrungene Felder erhalten A- oder V-förmige Verbände.

Für Tür- oder Fensteröffnungen werden die Stäbe abgeknickt. Die Knickpunkte werden durch Hilfsstäbe gehalten (Abb. 9 – 10).

### Elemente der Fachwerkverbände

Die „Gurte“ der Verbände sind meist die Stützen; die „Pfosten“ sind die Träger des Deckentragwerkes. Die „Diagonalen“ werden an die Stützen oder Träger mit Knotenblechen angeschlossen.

Man unterscheidet

- Zugdiagonalen, die nur Zugkräfte übertragen können. Sie beanspruchen wenig Raum. Es sind jedoch stets zwei gegenläufige Diagonalen erforderlich, da nur die gezogene Diagonale trägt.
- Zug- und Druckdiagonalen, die Zug- und Druckkräfte übertragen können. Sie sind drucksteif auszubilden. Es genügt eine Diagonale je Feld.

Die Anschlüsse erfolgen

- bei leichten Diagonalen wie einfache oder doppelte L- oder U-Profile mit einwandigen Knotenblechen (Abb. 11),
- bei schweren Diagonalen wie Träger aus der IPE- oder HE-Reihe mit zweiwandigen Knotenblechen (Abb. 12).

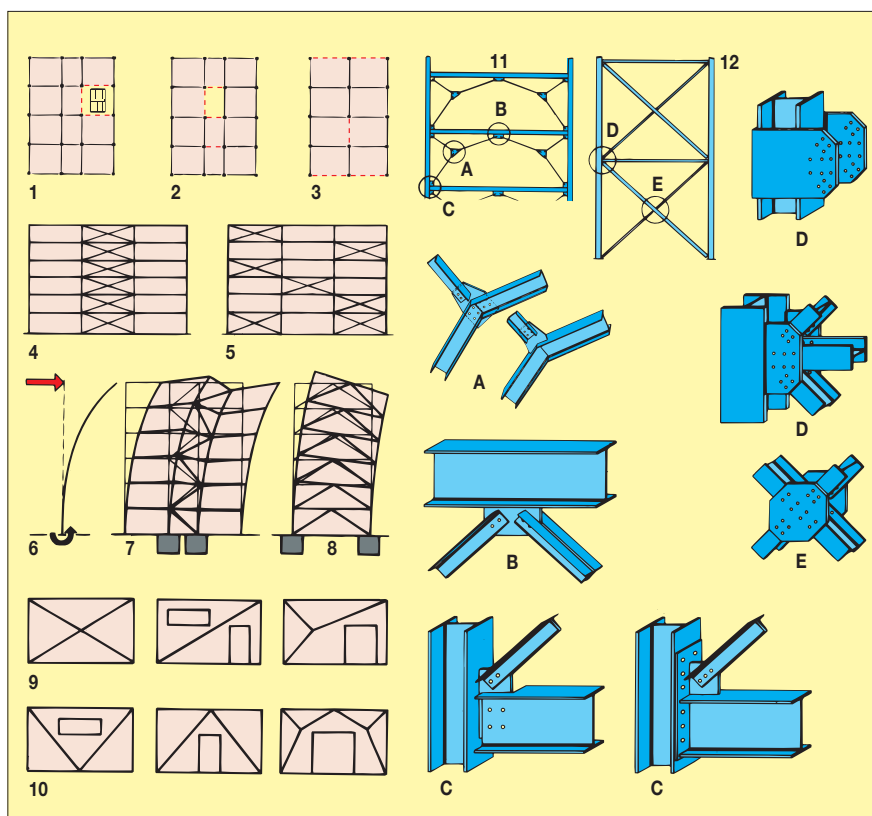
### Horizontale Fachwerkverbände

Sie werden beim Geschossbau nur dann erforderlich, wenn die Decken oder Dachplatten zur Aussteifung nicht herangezogen werden können oder sollen (z. B. wenn Teile der Geschossdecken demontierbar sein müssen). Montageverbände werden im Bauzustand benötigt und später entfernt. Fachwerke sind nur in so vielen Feldern des horizontalen Stabwerks der Decke oder des Daches erforderlich, dass all seine Systempunkte unverschiebbar angeschlossen sind. Konstruktiv sind die Stäbe dieser Verbände meist leichte L-Stähle, die mit den Ober- oder Untergurten der Decken- oder Dachträger durch Knotenbleche verbunden werden oder in halber Steghöhe durch Winkel angeschlossen sind.

### Bemessung der Diagonalstäbe

Die Zuordnung der Horizontalkräfte (H) zu den einzelnen Vertikalverbänden erfolgt unter Berücksichtigung ihrer geometrischen Lage im Gebäude. Zur schnellen Umrechnung der H-Kräfte in

- Diagonalkräfte und zur Ermittlung der
- Längen von Diagonalen



**Tabelle 1: Längen der Diagonalen d [m]**

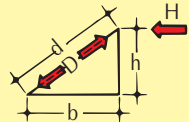
n \ b	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40	6,00
3,00	4,24	4,69	5,16	5,66	6,18	6,71
3,60	4,69	5,09	5,53	6,00	6,49	7,00
4,20	5,16	5,53	5,94	6,38	6,48	7,33

h = Geschosshöhe, b = Fachwerkbreite [m]

$$d = f \cdot b$$

$$D = f \cdot H$$

$$f = \text{Umrechnungsfaktor} \sqrt{\left(\frac{h}{b}\right)^2 + 1}$$



**Beispiel:** H = 150 kN, h = 4,20, b = 4,80 m

$$f = \sqrt{\left(\frac{4,20}{4,80}\right)^2 + 1} = 1,33$$

$$d = 1,33 \cdot 4,80 \text{ m} = 6,38 \text{ m}$$

$$D = 1,33 \cdot 150 \text{ kN} = 200 \text{ kN}$$

Bei gekreuzten Diagonalen halbiert sich die Knicklänge für das Knicken in der FW-Ebene (d = 3,19 m), die Diagonalkraft D ist zur Hälfte anzusetzen (D = 100 kN)

sind für gebräuchliche Gebäudeabmessungen in Tabelle 1 einige Werte zusammengestellt. Die Kraft H ist die Summe der äußeren (Horizontal-)Lasten, z. B. Wind und Stabilisierungskräfte. Tabelle 2 dient zur überschläglichen

- Bemessung der Diagonalstäbe

### Literatur

- Hart, Henn, Sontag: Stahlbauatlas
- Stahlbau-Kalender (jährliche Neuauflage) mit ausführlichen Normen, Vorschriften und Profilen
- Ringbuch „Typisierte Verbindungen im Stahlhochbau“
- Stahlbau Arbeitshilfen
  - 23 Aussteifungen von Geschossbauten
  - 23.1 Rahmen im Geschossbau
  - 23.3 Scheiben im Geschossbau
  - 23.4 Schächte im Geschossbau

**Tabelle 2: Grenzlängen gedrückter Fachwerkstäbe [m]**

D		20		40		60		80		100		150		200		250		300		400		500		1000							
Stahlgüte [S]		235	355	235	355	235	355	235	355	235	355	235	355	235	355	235	355	235	355	235	355	235	355	235	355						
Zugstäbe	a · t [mm]	20-5	16-5	40-5	28-5	55-5	40-5	75-5	50-5	60-8	40-8	70-10	60-8	90-10	70-10	120-10	80-10	100-15	100-10	130-15	130-10	120-20	110-15	140-35	150-22						
	d [mm]	12	10	16	14	20	16	22	18	25	20	30	25	35	30	40	32	44	35	50	40	55	45	80	64						
Druckstäbe	L	60-6	2,71	2,77	1,81	1,89	1,39	1,48	1,10	1,23	0,87	1,05	0,23	0,71	0,00	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
		80-8	4,93	5,00	3,37	3,45	2,67	2,75	2,24	2,33	1,93	2,04	1,39	1,58	0,96	1,27	0,48	1,02	0,29	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		100-10		7,30	5,42	5,51	4,34	4,43	3,68	3,78	3,22	3,34	2,49	2,64	2,02	2,20	1,64	1,89	1,29	1,65	0,52	1,24	0,36	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		120-12			7,30	6,37	6,48	5,44	5,55	4,80	4,91	3,78	3,92	3,15	3,31	2,70	2,90	2,34	2,58	1,73	2,10	1,13	1,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		60-6		7,30	5,31	5,42	4,22	4,34	3,55	3,69	3,08	3,24	2,28	2,52	1,69	2,05	1,11	1,70	0,00	1,38	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		80-8			7,30				6,64	6,79	5,84	6,00			4,58	4,77	3,80	4,03	3,22	3,50	2,74	3,10	1,88	2,49	0,93	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	100-10				7,30											6,99	7,23	6,09	6,36	5,40	5,71	4,36	4,77	3,55	4,10	0,00	1,86				
	120-12					7,30																6,18	6,50	5,29	5,67	2,22	3,40				
	200		7,30	7,00	7,08	5,63	5,72	4,82	4,90	4,26	4,35	3,38	3,48	2,84	2,96	2,46	2,59	2,17	2,32	1,71	1,92	1,32	1,63	0,00	0,52						
	240			7,30				6,75	6,85	5,98	6,08	4,78	4,89	4,06	4,17	3,55	3,68	3,17	3,31	2,61	2,79	2,20	2,42	0,43	1,33						
	260				7,30					6,83	6,93	5,47	5,58	4,65	4,77	4,09	4,21	3,66	3,80	3,05	3,21	2,60	2,80	1,01	1,66						
	300					7,30						6,96	7,07	5,94	6,06	5,23	5,36	4,71	4,85	3,97	4,12	3,44	3,62	1,90	2,30						
	200															7,30										5,16	6,54				
	240																7,30														
	260																	7,30													
	300																		7,30												
	200																														
	240																														
	260																														
	300																														
	340																														
	600																														
	200																														
	240																														
260																															
300																															
340																															
600																															
200																															
240																															
260																															
300																															
340																															
600																															

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

Die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbauverbandes haben die Erfahrung, Sie bei der Auswahl eines wirksamen und wirtschaftlichen Geschossbau im Einzelfall fachmännisch zu beraten und diesen auszuführen.

Die Organisation BAUEN MIT STAHL steht Ihnen mit ihren Ingenieuren ebenfalls gern zur Verfügung

- wenn Sie (z. B. im frühen Entwurfsstadium) eine firmenneutrale Beratung wünschen oder
- wenn Sie (auch im Gespräch mit den Behörden) die erforderlichen und angemessenen Maßnahmen bei einem konkreten Stahlbauprojekt ermitteln wollen.



**BAUEN MIT STAHL**  
 Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de



## 23.3 Scheiben im Geschossbau



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

Ein Stahlskelett kann durch Wandscheiben, die als Scherwände wirken, gegen horizontale Kräfte ausgesteift werden.

Die Wandscheiben können aus Stahlbeton, Mauerwerk oder Stahlblech bestehen.

Folgende Bauweisen sind möglich:

### 1. Freistehende Wand

Eine freistehende Stahlbetonwand wird vor der Montage der Stahlkonstruktion errichtet. Bei höheren Gebäuden muss sie mit dem Wachsen der Stahlkonstruktion geschossweise hochgezogen werden. Sie kann als Auflage der Deckenträger dienen.

### 2. Von Beton ummantelte Stahlkonstruktion

Die Stahlkonstruktion wird zuerst montiert und ausgerichtet, dann wird die Wand bewehrt, eingeschalt und betoniert. Dabei ist sicherzustellen, dass unter den Trägerflanschen keine Hohlräume bleiben. Die Stahlprofile benötigen keinen Korrosionsschutz. Der Beton schützt den Stahl gegen Brand bei ausreichender Überdeckung (s. Tabelle 2).

### 3. Eingestellte Wandscheiben

In die fertig montierte Stahlkonstruktion werden Wandscheiben in Form vorgefertigter Betonplatten, Mauerwerk oder Blechfelder eingesetzt und kraftschlüssig verbunden. Diese Elemente sind für die Standfestigkeit erforderlich und entsprechend in der Festigkeitsberechnung zu berücksichtigen.

#### 3.1 Vorgefertigte Betonplatten

Die beidseitig ebenen Platten erhalten die statisch notwendige Wanddicke und beidseitige Bewehrung aus Baustahlgewebe. Bemessungsbeispiele gängiger Abmessungen enthält Tabelle 1.

##### 3.1.1

Bei geringen Horizontalkräften werden die Platten im Mörtelbett versetzt und durch Verfugen der seitlichen und oberen Fugen mit Mörtel in kraftschlüssigen Kontakt mit der Stahlkonstruktion gebracht. Geeignete Halterungen verhindern seitliches Verschieben der Platten (s. S. 2)

##### 3.1.2

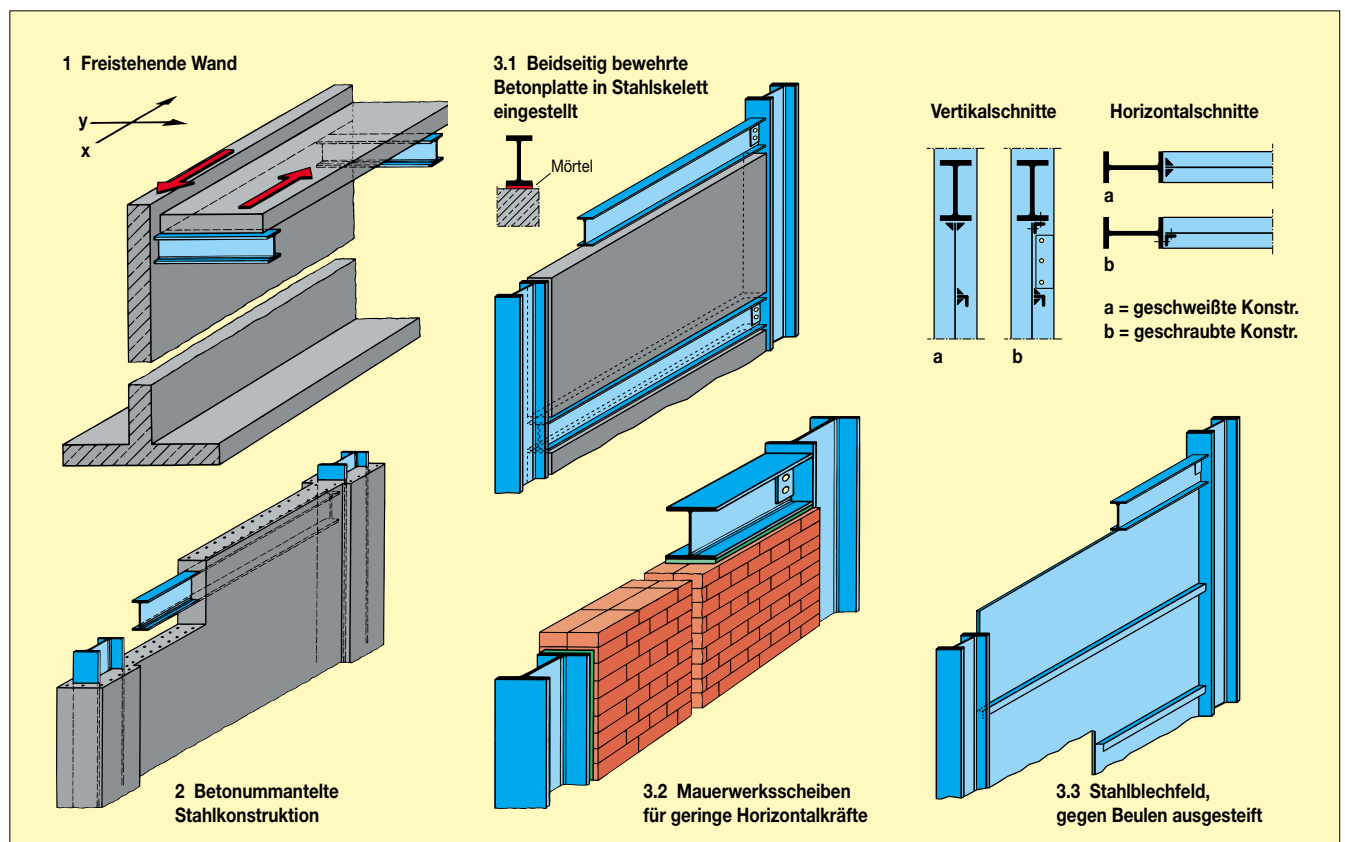
Bei größeren Kräften werden stählerne Knotenbleche in die Platte einbetoniert und mit Rundstäben oder Kopfbolzendübeln verankert. Die Bleche werden stahlbaumäßig an die Stahlkonstruktion angeschlossen. Bei ausreichender Stärke und genügender Überdeckung der Bewehrung haben die Platten die erforderlichen Brandschutzeigenschaften. Die Stahlkonstruktion wird – wo erforderlich – in üblicher Weise geschützt (s. Stahlbau Arbeitshilfe 2.1)

### 3.2 Mauerwerk

Bei geringen Horizontalkräften kann Mauerwerk die Aussteifung des Stahlskeletts übernehmen. Voraussetzung ist Ausführung des Mauerwerks nach DIN 1053 und sauberes Ausfugen aller Anschlüsse an die Stahlkonstruktion.

### 3.3 Stahlblechfelder

Die Felder zwischen den Stützen und den Trägern werden durch Stahlbleche zu



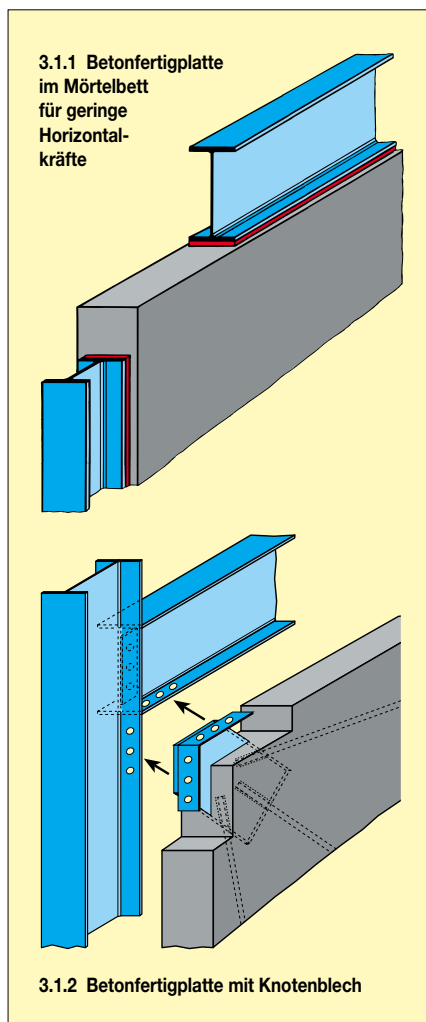
„Vollwandträgern“ geschlossen. Die Bleche werden allseitig kraftschlüssig mit den Profilen durch Schweißen oder Schrauben verbunden. Die Blechfelder werden nach den statischen Erfordernissen gegen Beulen ausgesteift. Diese Bauweise ist zum Abtragen sehr großer Horizontalkräfte geeignet.

### Literatur

- Hart, Henn, Sontag – Stahlbautlas 2. Auflage
- Stahlbau-Arbeitshilfen
  - 2.1 Brandschutz für Stützen und Träger
  - 2.2 Brandschutz bei Wänden
  - 23 Aussteifungen von Geschossbauten
  - 23.1 Rahmen im Geschossbau
  - 23.2 Verbände im Geschossbau
  - 23.4 Schächte im Geschossbau

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

Die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbauverbandes haben die Erfahrung, Sie bei der Auswahl eines wirksamen und wirtschaftlichen Geschossbaus im Einzelfall fachmännisch zu beraten und diesen auszuführen.



h	Tabelle 1: Schwerwände aus Betonfertigteilplatten B 25																	
	3,00						3,60						4,20					
	2,40		3,00		3,60		2,40		3,00		3,60		2,40		3,00		3,60	
H	d	fe	d	fe	d	fe	d	fe	d	fe	d	fe	d	fe	d	fe	d	fe
20	150	1,3	150	1,3	150	1,3	150	1,3	150	1,3	150	1,3	175	1,3	175	1,3	175	1,3
40	150	1,3	150	1,3	150	1,3	150	2,1	150	1,3	150	1,4	175	1,25	175	1,3	175	1,3
60	150	1,65	150	1,3	150	2,0	150	3,15	150	1,6	150	2,1	175	1,85	175	1,75	175	1,65
80	150	2,2	150	1,4	150	2,65	150	4,2	150	2,15	150	2,8	175	2,5	175	2,3	175	2,2
100	150	2,75	150	1,75	150	3,3	150	5,25	150	2,65	150	3,5	175	3,1	175	2,85	175	2,75
150	150	4,2	150	2,6	150	3,4	175	6,1	175	4,6	175	2,65	200	3,5	175	4,3	175	5,5
200	175	3,25	175	4,6	150	6,55	200	4,55	200	2,9	175	3,05	200	7,0	200	3,5	200	4,35
250	175	4,9	200	3,85	175	4,0		200	3,5	175	5,2		200	7,0	225	3,95		
300			200	4,65	175	5,25		200	5,25	200	3,9						250	3,5
400			200	6,15	200	4,55				200	8,05							
500			200	7,7	200	7,35				225	6,5							
b/h	0,80*		1,0		1,2		0,67*		0,83*		1,0		0,57*		0,715*		0,86*	

Zu Tabelle 1

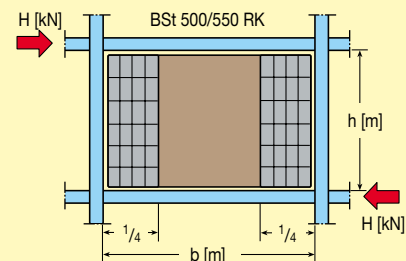
d = Dicke der Platte (mm)  
 fe = Querschnitt des Baustahlgewebes (cm<sup>2</sup>/m) in Längs- und Querrichtung je Seite

\* = Bei allen b/h < 1 Zulagebewehrung in BSt III (420/500) auf 1/4 jeder Seite (4 x)

H = Horizontalkräfte [kN]

b = Breite der Betonplatte [m]

h = Höhe der Betonplatte [m]



Die Organisation BAUEN MIT STAHL steht Ihnen mit ihren Ingenieuren ebenfalls gern zur Verfügung

- wenn Sie (z. B. im frühen Entwurfsstadium) eine firmenneutrale Beratung wünschen

oder

- wenn Sie (auch im Gespräch mit den Behörden) die erforderlichen und angemessenen Maßnahmen bei einem konkreten Stahlbauprojekt ermitteln wollen.

Maße in mm	F 90-A		F 120-A		F 180-A	
	d	ü	d	ü	d	ü
Normalbeton	100	50	120	60	150	75
Mauerziegel DIN 105	150	71	175	71	200	115
Kalksandstein DIN 106						



**BAUEN MIT STAHL**  
 Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

### Anschlüsse an den Schacht

#### Übertragene Kräfte (Bild 13)

Die kraftschlüssig mit dem Betonschacht verbundene Geschoßdecke leitet folgende Kräfte in den Schacht ein:

- durch die Deckenplatte
  - Horizontalkräfte parallel zur Wandscheibe (T)
  - Horizontalkräfte als Zug- oder Druckkräfte senkrecht zur Wandscheibe (H)
- durch die Deckenträger
  - vertikale Auflagekräfte (V)
  - und (selten) vertikale Biegemomente (M).

#### Anschluß der Deckenplatte

Aus der Wandscheibe herausragende Bewehrungsstäbe greifen in die Deckenplatte ein (Bild 14). Die Wandscheibe erhält eine durchgehende Nut oder einzelne Aussparungen, in die die Deckenplatte mit ihrer Bewehrung eingreift.

#### Anschluß der Deckenträger

- In die Wandscheibe werden Anschlußbleche einbetoniert, die durch Kopfbolzendübel oder angeschweißte Bewehrungsstäbe im Beton verankert sind. Die Anschlußelemente – Knaggen oder Konsolen – für die Träger werden meist nach dem Betonieren auf der Baustelle angeschweißt.

Die Verbindung ist nach der Montage sofort tragfähig (Bild 15).

- Die Wandscheibe erhält Aussparungen, in die die Träger eingreifen. Zum Toleranzausgleich dienen Fugenverguß und/oder kleine Lagerkörper (Bild 16).

#### Unverschieblicher Anschluß der Decke

Bei Punkt A der Bilder 7 und 15 sind horizontale Kräfte, die senkrecht zur Wandscheibe wirken, einzuleiten. Der Träger liegt auf der angeschweißten Knagge und ist auf Zug und Druck mit der in die Wand einbetonierten Stahlplatte verbunden.

#### Verschieblicher Anschluß der Decke

Bei Punkt B am zweiten Schacht (Bild 7 und 17) sind nur vertikale Kräfte einzuleiten. Der Träger liegt auf einer Konsole. Zwischen Platte und Scheibe bleibt eine hinreichend breite Fuge, die mit elastischem Material geschlossen wird. Bei kleineren Verschiebungen ist es im allgemeinen ausreichend, den Träger über Langlöcher (siehe Bild 17) anzuschließen. Für größere Verschiebungen empfiehlt sich die Anordnung verschieblicher Lager.

#### Bauausführung

Niedrige Betonschächte werden in Einzelschalung, höhere Schächte in Kletter- oder Gleitschalung ausgeführt.

Bewehrungsstäbe, die über die Wandfläche vorstehen, verteuern eine Einzelschalung und sind bei Kletter- und Gleitschalung nicht ausführbar. Stahlteile zur Befestigung der Deckenträger sollten daher mit der Betonfläche bündig sein.

Die Betonschächte werden meist vor Beginn der Stahlmontage fertiggestellt. Bei Hochhäusern erfordert der Vorlauf der Betonarbeiten um einige Stockwerke vor der Stahlmontage sorgfältige terminliche Abstimmung und Koordinierung der Arbeiten. Betonschächte haben als Ortbetonbauteile größere Toleranzen als die Stahlkonstruktion. Hierauf ist beim Entwurf der Anschlußelemente besonders zu achten.

#### Literatur

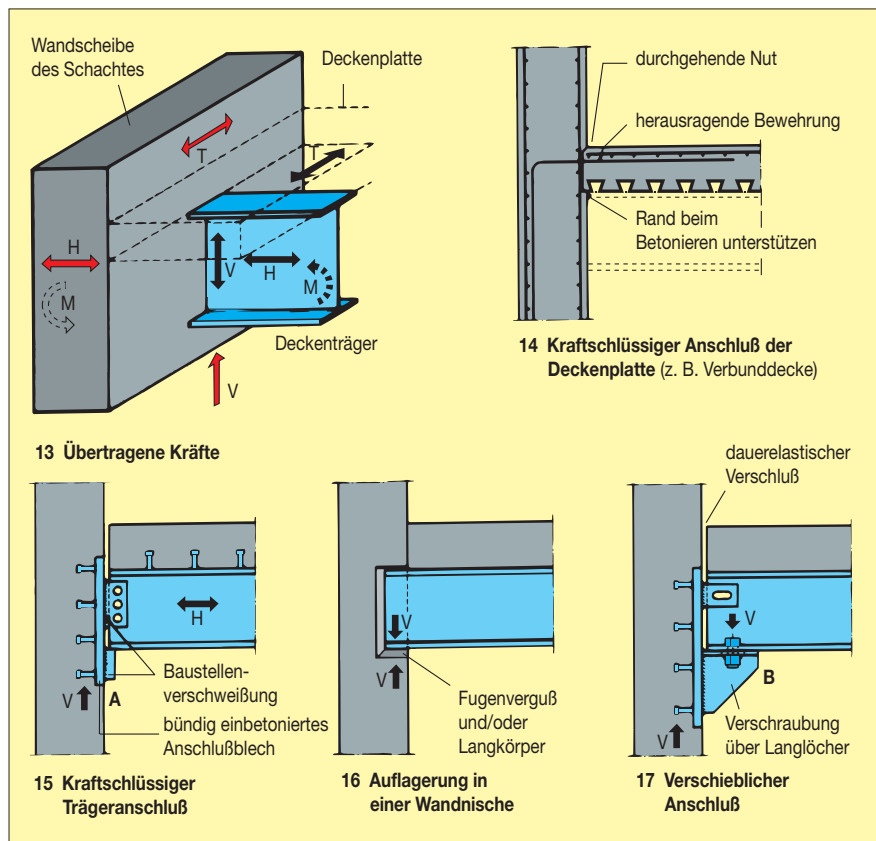
- Hart, Henn, Sontag – Stahlbauatlas
- Stahlbautaschenkalender, jährliche Neuauflage
- Stahlbau Arbeitshilfen
  - 23 Aussteifungen von Geschoßbauten
  - 23.1 Rahmen im Geschoßbau
  - 23.2 Verbände im Geschoßbau
  - 23.3 Scheiben im Geschoßbau

#### Sicherheit: Ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

Bei Errichtung von Geschoßbauten hat der Stahlbau in den letzten Jahren eine ständig wachsende Bedeutung erlangt; die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbau-Verbandes DSTV haben sich dabei aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit und Erfahrung als qualifizierte Partner erwiesen. Viele dieser Unternehmer errichten in Zusammenarbeit mit Planern und Bauherren auf Wunsch auch komplette schlüsselfertige Gebäude.

Die Organisation BAUEN MIT STAHL steht Ihnen mit ihren Ingenieuren ebenfalls gern zur Verfügung

- wenn Sie (z. B. im frühen Entwurfsstadium) eine firmenneutrale Beratung wünschen oder
- wenn Sie (auch im Gespräch mit den Behörden) die erforderlichen und angemessenen Maßnahmen bei einem konkreten Stahlbauprojekt ermitteln wollen.



BAUEN MIT STAHL  
 Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

## 23.4 Schächte im Geschößbau



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

Die Wände vertikaler Erschließungsschächte (Treppenhäuser, Aufzugs- und Versorgungsschächte) eignen sich zur Unterbringung der vertikalen Aussteifungsscheiben, weil sie nicht veränderbar sind. Wenn sie zur Bildung von Brandabschnitten feuerbeständig sein müssen, kann eine Ausführung aus Beton wirtschaftlich sein.

Haben die Erschließungsschächte allseitig Betonwände, so entstehen torsionssteife Betonschächte.

### Einfluß der Gebäudehöhe

Die Wahl der optimalen Aussteifungsart hängt von vielen Faktoren, besonders aber von der Gebäudehöhe ab. Es empfiehlt sich, niedrige Gebäude (bis etwa 4 Stockwerke) durch Rahmenwirkung oder einzelne Wandscheiben (Fachwerke oder Betonfertigteilscheiben) auszusteiern.

Bei Gebäuden mittlerer Höhe (etwa 5 – 10 Stockwerke) ist es meist am wirtschaftlichsten, die Erschließungsschächte zur Aussteifung zu nutzen. Bei Hochhäusern ist die Aussteifung durch einen oder mehrere Schächte

aus Stahlbeton eine beliebte Lösung. Bei einem kompakten Grundriß läßt sich aber auch die Steifigkeit der Stützen und Träger (und evtl. Verbände), die an der Außenhaut des Gebäudes liegen, zur Aussteifung nutzen.

### Stellung des Schachtes zum Gebäude

Der Betonschacht kann im Gebäude oder außen neben ihm stehen.

Ein Schacht im Gebäude (Kern) kann auch bei exzentrischer Stellung durch seine Torsionssteifigkeit alle Horizontalkräfte allein abtragen. Diese Anordnung ist bei Hochhäusern üblich (Bild 1, 2). Bei stark exzentrischer Stellung im oder neben dem Gebäude sind zusätzliche Wandscheiben (Fachwerkverbände oder Betonwände) erforderlich (Bild 3, 4). Hat das Gebäude mehr als einen Schacht, so ist beim Anschluß der Geschoßdecken darauf zu achten, daß keine Zwängungen aus Temperaturänderungen der Deckenscheiben entstehen (Bild 5, 6, 7), d.h., nur ein Schacht darf mit den Deckenscheiben allseitig fest verbunden werden, weitere Schächte dürfen nur Kräfte in einer Richtung aufnehmen und

erhalten in der anderen Richtung verschiebliche Anschlüsse.

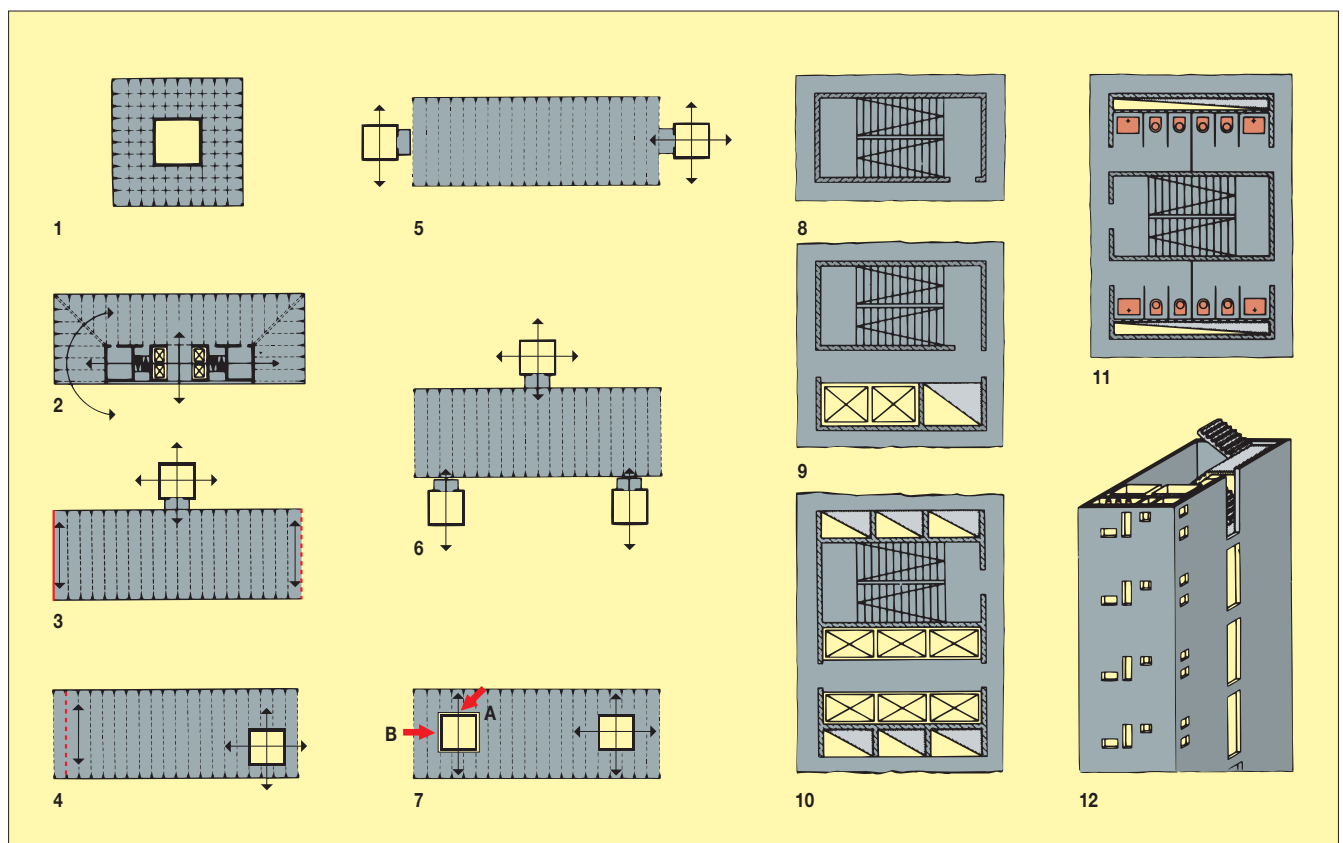
### Querschnitt der Schächte

Der Querschnitt der Schächte ergibt sich aus ihrer Funktion und den Auflagen der Bauaufsicht (z. B. Trennung von Aufzugs- und Treppenschächten). Statisch ist eine gedrungene, rechteckige Form am günstigsten (Bild 8, 9). Versorgungsschächte müssen an mehreren Stellen zugänglich sein und eine bequeme Leitungsführung in die Geschosse ermöglichen.

Zahlreiche Durchbrüche für Türen, Fenster und Installationen erschweren die statische Berechnung des Betonschachtes und verteuern seine Ausführung (Bild 12).

Diese Durchbrüche lassen sich vermeiden, wenn die Installationsschächte außen den Aufzugsschächten angeglichen werden (Bild 10).

Wenn der Querschnitt der Erschließungsschächte statisch nicht ausreicht, können Naßräume in den Betonschacht einbezogen werden (Bild 11).



## 27.1 Fenster und Fassaden im Geschossbau, Teil 1



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

**Transparente Fassadenkonstruktionen**  
Fenster und Türen bilden mit anderen Bauteilen die Gebäudehülle. Sie müssen in der Regel mehrfache Funktionen, je nach Anforderung, erfüllen. Die Aufgaben sind: Belüftung, Belichtung und Sicherstellung des visuellen Kontaktes nach aussen (innen).

Darüber hinaus sind Schutzfunktionen mit zu integrieren.

Die wichtigsten sind:

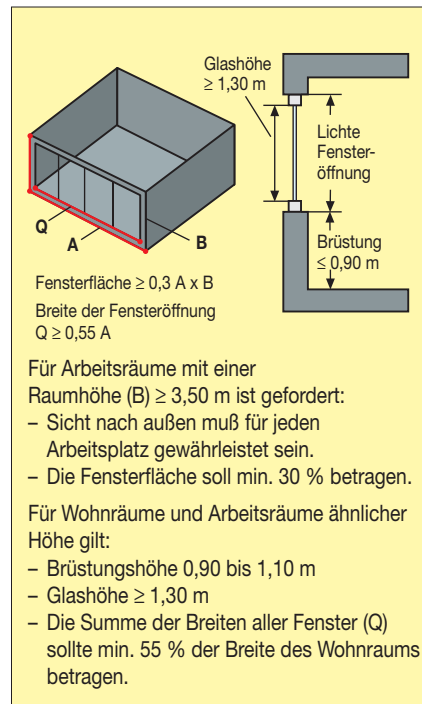
- Klima- (kalt/warm) und Primärenergieschutz
- Wind- und Regenschutz
- Brand- und Lärmschutz
- Personen- und Objektschutz

### Klima- und Primärenergie, speziell Wärme- und Sonnenschutz

Mit Einführung der Energieeinsparverordnung vom Februar 2002 ist die politische Absicht, zum Primärenergieverbrauchslevel auf Basis der Wärmeschutzverordnung von 1998 nochmals eine Reduzierung von ca. 30 % zu erreichen. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, sind höhere Anforderungen an die Materialien und an das Nachweiskonzept zu stellen.

Bauteil		Gebäude mit normalen   niedrigen Innentemperaturen W/m <sup>2</sup> K	
Aussenwand allgemein	U	0,45	0,7
Fenster, Fenstertüren, Dachfenster	U <sub>w</sub>	1,7	2,8
Verglasung	U <sub>g</sub>	1,5	keine
Vorhangfassade	U <sub>cw</sub>	1,9	3,0
Fenster, Fenstertüren, Dachfenster mit Sonderverglasung	U <sub>g</sub>	2,0	2,8
Vorhangfassade mit Sonderverglasung	U <sub>cw</sub>	2,3	3,0
Decken, Dächer	U	0,3	0,4
Decken, Wände gegen unbeheizte Räume oder Erdreich	U	0,4	keine
		0,5	keine

**Tabelle 1: Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten**



Aus der Energieeinsparungsverordnung EnEV sind unter Anhang 3; 7. Anforderungen nach Tabelle 1 – Höchstwerte der **Wärmedurchgangskoeffizienten** bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen – definiert worden.

Bei der neuen Energieeinsparverordnung sind im Allgemeinen und im Besonderen bei Fassadenanschlüssen und -durchdringungen so genannte Kältebrücken mit zu berücksichtigen ( $\Delta U_{WB} = 0,1$  W/m<sup>2</sup>K, bei genauem Nachweis 0,05 W/m<sup>2</sup>K). Gleiches gilt für Glasaufnahme des Fensters und Randverbundes des Glases. Diese Einflüsse werden in der Regel jedoch mit berücksichtigt. Als Empfehlung kann bei Neubauten hierfür ein Wert von  $\psi = 0,06$  W/mK angesetzt werden.

Aus der Erfahrung mit der alten WSCHVO bei „guten“ Gläsern und Rahmenmaterialien ist es hilfreich, den Wärmedurchgangskoeffizienten innerhalb bestimmter Grenzen zu wählen. Dieses sind:

Verglasung:  $U_g = 1,4 - 1,9$  W/m<sup>2</sup>K

Rahmenmaterialgruppe 1:

$U_{f,BW} = 2,2$  W/m<sup>2</sup>K

Rahmenmaterialgruppe 2.1:

$U_{f,BW} = 3,0$  W/m<sup>2</sup>K

Rahmenmaterialgruppe 2.2:

$U_{f,BW} = 3,8$  W/m<sup>2</sup>K

Insgesamt lässt sich nachweisen, dass die U<sub>g</sub>- und U<sub>w</sub>-Werte nicht identisch mit dem früher gebräuchlichen k<sub>v</sub>- und k<sub>f</sub>-Wert sind. Es treten generell Verschlechterungen der Koeffizienten (Vergrößerung) nach der EnEV und DIN EN ISO 1077-1 ein.

Für die Übergangsregelung gilt:

$U_g = k_v$  (Bundesanzeiger) + 0,2 W/m<sup>2</sup>K.

Nach DIN 4108-6 wird der Lüftungswärmebedarf, gekennzeichnet durch die Luftwechselraten, bei Tag auf  $n = 0,7/h$  und bei der Nacht auf  $n = 0,5/h$  begrenzt.

### Tageslicht

Nach Arbeitsstättenrichtlinie und EU-Richtlinie, als auch nach DIN 5034 „Tageslicht in Innenräumen“ müssen die Räume mit ausreichender Beleuchtungsstärke versorgt werden. Bei Bildschirmarbeitsplätzen ist eine direkte Blendung und Beleuchtungsstärke > 400 lm zu vermeiden. Darüber hinaus ist immer zu gewährleisten, dass ein visueller Kontakt nach außen stattfinden kann.

### Brandschutz

Nach DIN 4102, Teil 13, müssen Bauteile der Feuerwiderstandsklasse G (Glas und Rahmen) ohne thermische Trennung Sicherheit gegen Flammen und Branddurchtritt sowie einen Rauchabschluss gewährleisten (G 30, G 60, G 90).

Als F-Elemente müssen sie auch die thermische Trennung erfüllen (F 30, F 90, F 120, F 180), Anforderungen nach DIN 4102-13 bzw. DIN 4102-5. Auf der brandabgewandten Seite dürfen die Temperaturen auf der Oberfläche nicht größer als 140° K betragen.

Die angegebenen Ziffern bei G- und F-Brand-schutzelementen beziehen sich auf den Feuerwiderstand in Minuten. Die maximal zugelassene Temperatur der Fassade im eingebauten Zustand ist als Dauerbelastung im Bereich von - 40 °C bis + 50 °C einzustufen. Der Einsatz von Fenstern mit Brandschutzverglasungen ist in den Landesbauordnungen der Länder bzw. in den sie ergänzenden Verordnungen und Richtlinien festgelegt, so z. B. bei Fluchtwegen und Brandwänden. Oft jedoch werden die Anforderungen an die Verglasung durch andere Vorschriften überlagert.

**Wichtig:** Für alle Brandschutzverglasungen

und -elemente müssen die Hersteller von Brandschutzgläsern und -elementen so genannte Zulassungsbescheide beim Deutschen Institut für Bautechnik erwirken, nach denen der Einbau zu erfolgen hat. Ohne Vorlage eines entsprechenden Zulassungsbescheides ist eine spätere Abnahme durch die Baubehörde nicht gegeben. Für eine Sonderlösung bietet sich die Zustimmung im Einzelfall an.

### Schallschutz

Die Schalldämmung einer Glasscheibe hängt von ihrer Dicke (Flächengewicht) und vom Schalleinfallswinkel ab. Bei doppelschaligen Gläsern besteht durch Resonanz über das Gasvolumen die Gefahr verminderter Dämmung. Durch größere Scheibenabstände und/oder asymmetrischen Scheibenaufbau (z. B. außen dünne, innen dicke Scheibe) können jedoch höhere Schalldämmwerte erzielt werden. Die Verwendung von Verbundgläsern mit einer weichen Gießharzschicht liefert ab Schallschutzklasse 4 höhere Schallschutzklassen und/oder dünnere Glasquerschnitte. Eine weitere Verbesserung des Schallschutzes lässt sich durch besondere Gasmischungen (SF6) im Scheibenzwischenraum erzielen. Es ist jedoch auf den Nebeneffekt der Verschlechterung bei Verwendung der Kombination mit Wärmeschutzglas zu achten.

- A1 – A3: Angriffshemmende Verglasungen nach DIN 52290-3 und -4, A2 entspricht darüber hinaus auch der UVV Kassen (Unfallverhütungsvorschrift Kassen der Verwaltungsberufsgenossenschaft). A3 enthält auch die Klasse EH01 entsprechend den Sicherungsrichtlinien des VdS.
- DH4: Enthält die Klasse EH02 nach Sicherungsrichtlinien des VdS.

Prüfdurchführung für A- und DH4-Gläser mittels Kugelfallversuch.

- P1A – P5A: Bezeichnung der Gläser nach europäischer Norm DIN EN 356, welche die DIN 52290-4 ersetzt.
- B1 – B3: Angriffshemmende Verglasung wie A1 – A3 und Einbruchhemmung Fenster/Türen nach DIN 18054 und DIN 18103, Klasse 1 – 3. Außerdem beinhalten diese Typen nach den Sicherungsrichtlinien des Verbandes der Schadenversicherer (VdS) die Klassifizierung **EH1 – EH3\***.

**Zertifizierung durch den VdS notwendig.**

Prüfdurchführung der B-Gläser durch ein unabhängiges Materialprüfungsamt erfolgt durch maschinelle Vorrichtung, die in drei 90 x 110 cm große Prüfmuster je Typ eine mindestens 40 x 40 cm große Durchstiegs-

- C1: Pistole 9 mm
- C2: Revolver 357 Magnum
- C3: Revolver 44 Magnum
- C4: Natogewehr G 3, Standardmunition
- C5: Natogewehr G 3, Hartkernmunition
- D1 – D3: Widerstandsklasse „D“ = Sprengwirkungshemmung nach DIN 52290-5. Die Widerstandsklassen unterscheiden sich nach Maximaldruck in bar und Impuls (= Dauer der positiven Druckphase) Millisekunden.

### Alarmgläser

Einschiebensicherheitsglas kann mit einer so genannten Alarmschleife versehen werden und Verbundsicherheitsglas mit Alarmedraht-einlage. Bei Zerstörung der Scheiben wird dann Alarm ausgelöst.

Auch für die Fenster und Türelemente müssen die Sicherheitsklassifizierungen eingehalten werden. Sonderaufbauten und Beschläge bedürfen der Überprüfung nach DIN EN V 1627 SF.

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

Die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbauverbandes haben die Erfahrung, Sie bei der Auswahl eines wirksamen und wirtschaftlichen Geschossbaus im Einzelfall fachmännisch zu beraten und diesen auszuführen.

Die Organisation BAUEN MIT STAHL steht Ihnen mit ihren Ingenieuren ebenfalls gern zur Verfügung

- wenn Sie (z. B. im frühen Entwurfsstadium) eine firmenneutrale Beratung wünschen oder
- wenn Sie (auch im Gespräch mit den Behörden) die erforderlichen und angemessenen Maßnahmen bei einem konkreten Stahlbauprojekt ermitteln wollen.
- Diese Stahlbau Arbeitshilfe entstand in Zusammenarbeit mit:  
Dipl.-Ing./Dipl.-Ing. Architekt  
Dietmar Kallinich,  
Poppenbütteler Bogen 25,  
22399 Hamburg, Tel. (040) 6 06 33 91

Schallschutzklasse	Bewertetes Schalldämm-Maß $R_w$ des am Bau funktionsfähig eingebauten Fensters gemessen nach DIN 52210-5 in dB	Erforderliches bewertetes Schalldämm-Maß $R_w$ des im Prüfstand (P-F) nach DIN 52210-2 eingebauten funktionsfähigen Fensters in dB	Erforderlicher $R_w$ -Wert der Verglasung für Einfachfenster mit Isolierverglasung in dB
1	25 – 29	≥ 27	≥ 27
2	30 – 34	≥ 32	≥ 32
3	35 – 39	≥ 37	≥ 37
4	40 – 44	≥ 42	≥ 45
5	45 – 49	≥ 47	1)
6	≥ 50	≥ 52	2)

1) Einfachfenster mit Isolierglas für die Klasse 5 müssen einer Baumusterprüfung im Prüfstand nach DIN 52210 unterzogen werden.  
2) Die Schallschutzklasse 6 wird bislang nur mit geprüften Kastenfenstern erreicht.

Im Geltungsbereich der DIN 4109, „Schallschutz im Hochbau“, sind diese Norm und das Beiblatt 1 zur DIN 4109 zu berücksichtigen.

**Tabelle 2: Schallschutzklassen von Fenstern (Einfachfenster mit Isolierverglasung nach VDI Richtlinie 2719 Tabelle 2 und 3)**

### Objektsichernde Verglasungen

Für objektsichernde Verglasungen kommen so genannte Verbundsicherheitsgläser zum Einsatz. Die Klassifizierung für die einzelnen Anwendungsbereiche sieht wie folgt aus:

#### Widerstandsklassen:

- D: Schlagfestes Glas
- S: Mit Splitterbindung

öffnung erzielen muss. Damit wird eine Beanspruchung durch eine handgeführte Axt simuliert.

- C1 – C5 oder DIN EN 1063\*: Widerstandsklasse „C“ = Durchschusshemmung nach DIN 52290. Die 5 Klassen basieren auf verschiedene Waffen und Munitionsarten und Geschossenergien:



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

\* Die Prüfungen für die C-Gläser erfolgen durch das Beschußamt Ulm. Die Zuordnung zwischen DIN EN 1063 und DIN 52290-2 nach Herstellerangabe.

## 27.2 Fenster und Fassaden im Geschossbau, Teil 2



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

### Mindestluftwechselrate, Fugendurchlässigkeit und Schlagregenschutz

Nach DIN EnEV, Anhang 4, sind Mindestluftwechsel und Fugendurchlässigkeit neu definiert worden.

Klassen der Fugendurchlässigkeit von außen liegenden Fenstern, Fenstertüren und Dachflächenfenstern

Zeile	Anzahl der Vollgeschosse des Gebäudes	Klasse der Fugendurchlässigkeit nach DIN EN 12207-1: 2000-06
1	bis zu 2	2
2	mehr als 2	3

Prüfungen zu den Beanspruchungsgruppen des Schlagregenschutzes werden nach DIN 18516 durch ein DIBt anerkanntes Institut durchgeführt.

### Sonnenschutz

Zwischen den im Winter und den Übergangszeiträumen Herbst und Frühjahr durch die eingestrahelte Sonnenenergie als angenehm empfundenen Raumtemperaturen und der Einstrahlung der Energie im Sommer sind gegensätzliche Realisierungsvorstellungen zu verwirklichen.

Die in der Bilanzierung auftretenden Energiegewinne sind dem Behaglichkeitsempfinden entsprechend eingestuft.

Die Behaglichkeitsempfindungen innerhalb eines Raumes im Sommer sind von einer Vielzahl von Faktoren abhängig:

- Raumtemperatur und Aussenlufttemperatur,
- der Temperatur der Raumbooberflächen,
- evtl. direkte Bestrahlung von Flächen durch die Sonne,

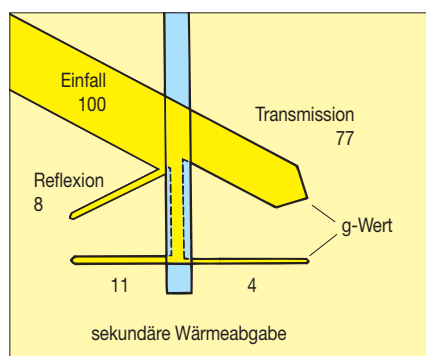


Bild 1: Verteilung der Sonnenenergie in % für Einfachscheiben (ca.-Werte für 8 mm Glasdicke)

- der Luftgeschwindigkeit und der Luftfeuchte im Raum,
  - der Aktivität und Bekleidung und
  - dem persönlichen Empfinden der Personen.
- Die Bewertung der Behaglichkeit ist die Vorhersage der Situation im Raum. Es ist daher schwierig, einen allgemein gültigen Maßstab für die Behaglichkeit zu finden.

Aus den äußeren Bedingungen, den Gebäudeeigenschaften und dem Nutzverhalten ergeben sich einige weitere zeitabhängige Faktoren.

- Bewölkung, Sonnenstand
- Aufbau der Aussenbauteile
- Größe, Orientierung (Nord, Süd, Ost, West) und Neigung der transparenten Flächen (Fenster)
- Gesamtenergiedurchlaßgrad der Verglasung
- Wirksamkeit und Einsatz der Sonnenschutzvorrichtungen
- Raumgröße und wirksame Wärmespeicherefähigkeit der Innenbauteile
- Luftwechsel und Art der Lüftung, insbesondere in der zweiten Nachthälfte
- Größe der internen Wärmequellen (z. B. Computer, Personen, etc.)

Eine wichtige Rolle spielt dabei die direkte solare Einstrahlung und diese hängt stark von der Fensterorientierung und der Tageszeit ab.

Die genaueste Methode ist, das Verhalten eines Raumes mit Hilfe von Gebäude- bzw. Raum-Simulationsprogrammen rechnerisch zu „simulieren“. Hierzu wird der Raum mit seiner Hülle geometrisch und thermisch detailliert abgebildet und dann bei vorgegebenen Randbedingungen das Verhalten des Raumes in Zeitschritten berechnet.

Die Klagen der Nutzer im Sommer über zu hohe Raumtemperaturen sind bei großen transparenten Flächen sehr häufig. Aus diesem Grunde sieht der Wärmeschutz bei Gebäuden mit einem Fensterflächenanteil von > 30 % einen höchstzulässigen Sonneneinstrahlungskennwert vor.

Aus den Erfahrungen der Vergangenheit sollten vereinfachte Verfahren, die auf Basis von Prozentsätzen den Energiedurchlass abschätzen, nur als 1. Näherung betrachtet werden, den Sonnenschutz zu dimensionieren.

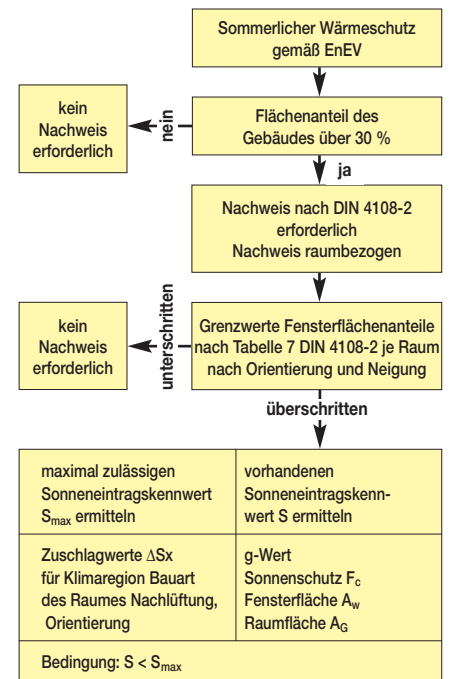


Bild 2: Nachweischema sommerlicher Wärmeschutz

Der Sonneneintragskennwert ist definiert:

$$S = \frac{\sum_i (A_{w,i} \cdot g_{total,i})}{A_G}$$

Dabei ist

$A_w$  die Fensterfläche in  $m^2$ . Es werden die Maße der lichten Rohbauöffnungen angesetzt.

$g_{total}$  die Gesamtenergiedurchlassgrade der Verglasungen einschließlich Sonnenschutz. Berechnung von  $g_{total}$  nach Gleichung (2) bzw. nach E DIN EN 13363-1

$A_G$  die Nettogrundfläche des Raumes oder des Raumbereichs in  $m^2$ .

Die Summe des Produktes, Fensterfläche · Gesamtenergiedurchlassgrad ( $A_{w,i} \cdot g_{total,i}$ ), erfasst alle Fenster des Raumes oder des Raumbereichs.

Zur Berechnung des Gesamtenergiedurchlassgrades der Verglasung einschließlich Sonnenschutz  $g_{total}$  stehen zwei Berechnungsverfahren zur Verfügung, vereinfacht nach Gleichung (2) oder alternativ nach Anhang B der DIN V 4108-6: 2000-11

$$g_{total} = g \cdot F_c \quad (2)$$

Dabei ist

$g$  der Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung nach DIN EN 410

$F_c$  der Abminderungsfaktor für Sonnenschutzvorrichtungen nach Tabelle 2

Der maximal zulässige Sonneneintragskennwert ist:

$$S_{max} = S_0 + \sum \Delta S_x \quad (3)$$

mit

$S_0$  der Basiswert des Sonneneintragskennwertes für Gebäude,  $S_0 = 0,12$

$\Delta S_x$  die Zuschlagswerte nach Tabelle 3

Bild 3: Sonneneintragskennwertermittlung

<b>Sonnenschutzvorrichtung</b> <b>Ohne Sonnenschutzvorrichtung<sup>a)</sup></b> <b>Innenliegend oder zwischen den Scheiben<sup>b)</sup></b> – weiß oder reflektierende Oberfläche mit geringer Transparenz <sup>c)</sup> – helle Farben oder geringe Transparenz <sup>c)</sup> – dunkle Farbe oder höhere Transparenz <sup>c)</sup> <b>Außenliegend<sup>d)</sup></b> – drehbare Lamellen, hinterlüftet – Jalousien und Stoffe mit geringer Transparenz <sup>c)</sup> – Jalousien, allgemein – Rolläden, Fensterläden – Vordächer, Loggien – Markisen <sup>d)</sup> , oben und seitlich ventiliert – Markisen <sup>d)</sup> , allgemein	<b>F<sub>C</sub></b> 1,0 0,75 0,8 0,9 0,25 0,25 0,4 0,3 0,5 0,4 0,5	<p>a) Es können nur fest installierte Sonnenschutzvorrichtungen berücksichtigt werden. Übliche dekorative Vorhänge gelten nicht als Sonnenschutzvorrichtungen</p> <p>b) Für innen und zwischen den Scheiben liegende Sonnenschutzvorrichtungen kann eine genauere Ermittlung vorgenommen werden. Dies ist zu empfehlen, da sich erheblich günstigere Werte ergeben können</p> <p>c) Als gering gilt, eine Transparenz der Sonnenschutzvorrichtung unter 20 %</p> <p>d) Bei der Verwendung von Markisen muss näherungsweise sichergestellt sein, dass keine direkte Besonnung des Fensters erfolgt. Eine direkte Besonnung wird ausgeschlossen wenn</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– bei Südorientierung der Abdeckwinkel <math>\beta \geq 50^\circ</math> ist,</li> <li>– bei Ost- oder Westorientierung der Abdeckwinkel entweder <math>\beta \geq 85^\circ</math> oder <math>\gamma \geq 115^\circ</math> ist.</li> </ul>	<p>Zu den jeweiligen Orientierungen gehören Winkelbereiche von <math>\pm 22,5^\circ</math>. Bei Zwischenorientierungen ist der Abdeckwinkel <math>\beta \geq 80^\circ</math> erforderlich.</p>
---	--	---	--

**Tabelle 2: Abminderungsfaktor der Sonnenschutzvorrichtung**

<b>Gebäudelage bzw. Bauart, Fensterneigung und Orientierung</b> <b>Klimaregion:</b> Gebäude in Klimaregion A = 0, B = - 0,01, C = - 0,025 <b>Bauart:</b> – Extrem leichte Bauart <sup>a)</sup> ; z. B. zwei oder mehr Kombinationen einer leichten Bauart bzw. bei vorwiegend Innendämmung, große Halle, kaum raumschließende Flächen – 0,089 + 0,07 x f <sub>gew</sub> <sup>b)</sup> – Leichte Bauart <sup>a)</sup> ; z. B. Holzständerkonstruktion, leichte Trennwände, untergehängte Decken – 0,098 + 0,125 x f <sub>gew</sub> <sup>b)</sup> – Schwere Bauart <sup>a)</sup> – 0,098 + 0,14 x f <sub>gew</sub> <sup>b)</sup> <b>Erhöhte Nachtlüftung<sup>c)</sup> während der zweiten Nachthälfte n <math>\geq 1,5</math> h<sup>-1</sup></b> – bei leichter <sup>a)</sup> und extrem leichter <sup>a)</sup> Bauart + 0,02 – bei schwerer Bauart <sup>a)</sup> + 0,03 <b>Sonnenschutzverglasung, g <math>\leq 0,4</math><sup>d)</sup></b> + 0,03 <b>Fensterneigung: 0° <math>\leq</math> Neigung <math>&lt; 60^\circ</math></b> (gegenüber der Horizontalen) – 0,12 x f <sub>neig</sub> <sup>e)</sup> <b>Orientierung:</b> Nord-, Nordost- und Nordwestorientierte Fenster soweit die Neigung gegenüber der Horizontalen $> 60^\circ$ ist sowie Fenster, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind – 0,10 x f <sub>nord</sub> <sup>f)</sup>	<p>a) Alternativ kann die wirksame Wärmespeicherfähigkeit nach DIN V 4108-6 bestimmt werden, um im Zweifelsfall eine Bauart einzuordnen.</p> <p>b) <math>f_{gew} = (A_w + 0,3 \times A_{AW} + 0,1 \times A_D) A_G</math> mit:  <math>f_{gew}</math> = gewichtete Außenfläche bezogen auf die Nettogrundfläche,  <math>A_w</math> = Fensterfläche (einschließlich Dachfenster), <math>A_{AW}</math> = Außenwandfläche  <math>A_D</math> = Dachfläche, <math>A_G</math> = Nettogrundfläche          Die Gewichtsfaktoren berücksichtigen die Relationen zwischen den sommerlichen Wärme durchgängen üblicher Außenbauteile.</p> <p>c) Bei Ein- und Zweifamilienhäusern kann i. d. R. von einer erhöhten Nachtlüftung ausgegangen werden.</p> <p>d) Als gleichwertige Maßnahme gilt eine Sonnenschutzvorrichtung, die die diffuse Strahlung permanent reduziert und deren g<sub>total</sub> <math>&lt; 0,4</math> erreicht.</p> <p>e) <math>f_{neig} = A_{w,neig}/A_G</math> mit: <math>A_{w,neig}</math> = geneigte Fensterfläche, <math>A_G</math> = Nettogrundfläche</p> <p>f) <math>f_{nord} = A_{w,nord}/A_{w,gesamt}</math> mit: <math>A_{w,nord}</math> = Nord-, Nordost- und Nordwestorientierte Fensterfläche soweit die Neigung gegenüber der Horizontalen <math>&gt; 60^\circ</math> ist sowie Fensterflächen, die dauernd vom Gebäude selbst verschattet sind  <math>A_{w,gesamt}</math> = gesamte Fensterfläche</p>	<p>Die Klimaregionen A, B, C berücksichtigt regionale Unterschiede der sommerlichen Klimaverhältnisse in Deutschland. Es wird unterschieden nach sommerkühle (A), gemäßigte (B), und sommerheiße (C) Regionen. Die Einteilung erfolgt nach den 15 Klimaregionen nach DIN V 4108-6 bzw. nach dem Höchstwert der mittleren monatlichen Außentemperatur und der entsprechenden Grenzraumtemperatur.</p>
--	---	--

**Tabelle 3: Zuschlagswerte zur Sonnenschutzermittlung**

<b>Sonnenschutz-Varianten:</b> Es gibt viele Möglichkeiten, den gewünschten sommerlichen Wärmeschutz durch Einsatz geeigneter Gläser oder Fensterabdeckungen zu erreichen. Je nach System erfüllt der Sonnenschutz noch zusätzliche Aufgaben zur Erhöhung des Nutzungswertes von Gebäuden.												
	<b>starrer Sonnenschutz</b>				<b>beweglicher Sonnenschutz</b>							
<b>Bezeichnung</b>	Absorptionsglas <sup>1)</sup> siehe Bild 1	Sonnenschutzglas siehe Bild 1	Folie	Blende, Vordach, Loggia, Balkon	Innenrollo	Innenjalousie	Rollo zwischen den Scheiben	Außenraffstore	Außenrollo, Markisen	Rolläden, Fensterläden	Kastenfenstersystem mit Sonnenschutz	Kastenfenstersystem mit Sonnen- und Blendschutz
Abminderungsfaktor F	1,0	1,0	0,3 – 0,75	1,0	0,6 – 0,7 <sup>3)</sup> 0,4 – 0,5 <sup>4)</sup>	0,5 – 0,7	0,5 – 0,6 <sup>3)</sup> 0,3 – 0,4 <sup>4)</sup>	0,25	0,4 – 0,5	0,3	0,15 – 0,25	0,15 – 0,25
Gesamtdurchlassgrad g <sub>Total</sub>	0,5	0,2 – 0,5	0,25 – 0,6	(0,25) <sup>5)</sup>	0,5 – 0,6 <sup>3)</sup> 0,3 – 0,4 <sup>4)</sup>	0,4 – 0,6	0,4 – 0,5 <sup>3)</sup> 0,25 – 0,3 <sup>4)</sup>	0,2	0,3 – 0,4	0,25	0,1 – 0,2	0,1 – 0,2
<b>In den Sonnenschutz integrierbare Aufgaben (Bewertung: + gut, ++ sehr gut)</b>												
Wärmeschutz	+	+	+	+	+	+	+	+	++	++	++	++
Schallschutz	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	++	++
Einbruchsicherung	+	+	+	+	+	+	+	+	++	++	++	++
<sup>1)</sup> Absorptionsgläser nur mit Sicherheitsglas herstellen, da Floatglas den hohen thermischen Belastungen nicht standhält <sup>2)</sup> Sonnenschutz mit Zwei-Scheiben-Isolierglas (g = 0,8) <sup>3)</sup> normal <sup>4)</sup> reflektierend <sup>5)</sup> nur bei defuser Strahlung												

**Tabelle 4: Anhaltswerte für Abminderungsfaktoren bei unterschiedlichen Beschattungssystemen in der Fassade**

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Hilfe, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.

- Diese Stahlbau Arbeitshilfe entstand in Zusammenarbeit mit:  
 Dipl.-Ing./Dipl.-Ing. Architekt  
 Dietmar Kallinich,  
 Poppenbütteler Bogen 25,  
 22399 Hamburg, Tel. (040) 6 06 33 91



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de



Größenbereiche für geprüfte Feuerschutzabschlüsse			T 30-1 feuerhemmende einflügelige Tür T 30-2 feuerhemmende zweiflügelige Tür T 60-1 feuerhemmende einflügelige Tür T 90-1 feuerbeständige einflügelige Tür T 90-2 feuerbeständige zweiflügelige Tür		
Auswahl der Zusammenstellung (Institut für Bautechnik 1989) allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassungen.		Angegeben sind die jeweils kleinsten bzw. größten zugelassenen Abmessungen (lichte Durchgangsmaße) in mm			
Bezeichnung	Breite min. max.	Höhe min. max.	Bezeichnung	Breite min. max.	Höhe min. max.
T 30-1 Wandklappe	436 – 1.190	690 – 2.061	T 60-1 Holztür	686 – 1.061	1.718 – 2.093
T 30-1 Stahltür X	495 – 1.370	1.220 – 2.470	T 60-2 Stahltür	1.366 – 2.616	1.685 – 2.935
T 30-1 Stahltür	495 – 1.186	1.658 – 2.435	T 60 Stahlrolltor	2.000 – 12.000	1.800 – 4.500
T 30-1 Holztür	475 – 1.251	1.675 – 2.425	T 90-1 Stahlklappe	650 – 1.170	650 – 1.698
T 30-1 Holztür X	489 – 1.251	1.682 – 2.220	T 90-1 Stahltür	535 – 1.260	1.665 – 2.955
T 30-2 Stahltür	1.160 – 3.960	1.630 – 2.980	T 90-1 Form-Tür	686 – 1.250	1.718 – 2.093
T 30-2 Holztür	1.185 – 2.462	1.675 – 2.468	T 90-2 Stahltür	1.241 – 2.900	1.685 – 2.960
T 30-2 Holztür X	1.185 – 2.462	1.718 – 2.468	T 90 einfl. Stahlschiebetor XX	1.000 – 8.500	2.000 – 6.000
T 30 Stahlschiebetür	875 – 2.500	1.750 – 2.500	T 90 zweifl. Stahlschiebetür	2.000 – 8.500	2.000 – 6.000
T 30 Stahlschiebetor	1.000 – 8.500	2.000 – 6.000	T 90 Rolltor	1.200 – 12.000	1.800 – 4.500
T 30 Stahlrolltür	1.200 – 12.000	1.200 – 4.500	T 120 Rolltor	2.000 – 10.000	1.800 – 4.500
T 30 Stahlfalltor 4flgl.	2.700 – 8.000	2.000 – 4.000	X ist auch zugelassen für Gipskarton- oder Montagewände		
			XX bis 1.500 Breite, nicht höher als 3.000		

### Funktionale Einheit

Feuerschutzabschlüsse sind eine Einheit aus:

- Türblatt bzw. Türblätter mit dazugehöriger Zarge und Befestigungsvorrichtung der Zarge
- Selbstschließenrichtung in Form eines Federbandes oder Türschließers mit hydraulischer Dämpfung
- dem Schließfolgeregler bei 2flügeligen Türen
- den besonderen Vorrichtungen bei Schiebe-, Hub- oder Rolltoren
- Türschloß
- Feststellanlagen mit Auslösevorrichtungen für solche Abschlüsse, die aus Nutzungsgründen offengehalten werden müssen und erst im Brandfalle schließen.

Alle Elemente der Feuerschutzabschlüsse müssen demselben geprüften System angehören.

### Widerstandsfähigkeit

Da auch eine Wechselbeziehung zwischen Wand und Tür besteht und hier im Brandfalle große Verformungen auftreten können, sind Feuerschutztüren mit der entsprechenden Wandbauart zu prüfen, für die sie zugelassen werden sollen (z. B. Massivwand oder leichte Ständerwand).

Die Widerstandsfähigkeit gegen Feuer ist in starkem Maße von

- der Größe der Tür bzw. Öffnung
  - der präzisen Herstellung und
  - dem fachgerechten Einbau abhängig.
- Daher ist auf die Verwendung von geprüften Produkten zu achten.

Eine Liste der zugelassenen Produkte und deren Anwendungsbereiche kann beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBT) bezogen werden.

Größenbereiche von einflügeligen feuerhemmenden Stahltüren T 30-1 nach DIN 18082	
Abmessungen in mm	
Breite	Höhe
A 750 – 1.000	1.750 – 2.000
B über 1.000	2.000
C unter 750	1.750

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

Die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbauverbandes DSTV haben die Erfahrung, Sie bei der Auswahl eines wirksamen und wirtschaftlichen Brandschutzes im Einzelfall

fachmännisch zu beraten und diesen auszuführen.

In Fragen des baulichen Brandschutzes wenden Sie sich bitte an

- das Deutsche Institut für Bautechnik, 10829 Berlin, Kolonnenstraße 30 L
- die Brandschutzdienststellen der Städte und Kreise.

Die Organisation BAUEN MIT STAHL steht Ihnen mit ihren Ingenieuren ebenfalls gern zur Verfügung

- wenn Sie (z. B. im frühen Entwurfsstadium) eine firmenneutrale Beratung wünschen oder
- wenn Sie (auch im Gespräch mit den Behörden) die erforderlichen und angemessenen Brandschutzmaßnahmen bei einem konkreten Stahlbauprojekt ermitteln wollen.
- Weitere Auskünfte erteilt: Industrieverband Tore, Türen, Zargen Hochstraße 113-115, D-58095 Hagen, Telefon (0 23 31) 2 00 80



BAUEN MIT STAHL  
Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

## 27.3 Feuerschutzabschlüsse



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

Die Ausbreitung von Feuer und Rauch auf andere Räume oder Gebäudeteile kann erfolgen durch

- Lüftungsleitungen
- Trennwände
- Fugen und konstruktive Öffnungen
- Türen und andere Öffnungen in Wänden usw.

Um dies zu verhindern, fordert der Gesetzgeber, daß „Öffnungen in Brandwänden, Wänden und Decken so zu verschließen sind, daß Feuer und Rauch nicht auf andere Gebäudeteile übertragen werden“.

### Anforderungen an Feuerschutzabschlüsse

Türen, Klappen oder Tore, also Feuerschutzabschlüsse aller Art müssen

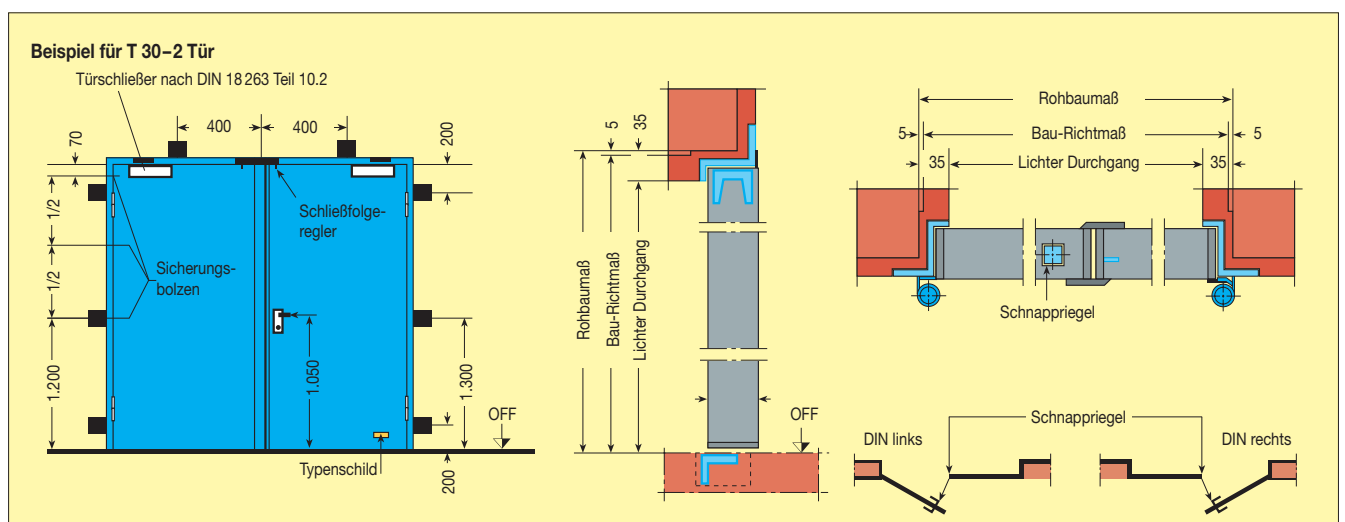
- selbsttätig schließen
- hinsichtlich Brandverhalten den Forderungen der Norm DIN 4102 entsprechen (min. 2 Brandversuche nach vorhergehender mechanischer Beanspruchung) und
- so ausgebildet sein, daß sie etwa 20 bis 30 Jahre lang brandschutztechnisch wirksam bleiben (Dauerfunktionsprüfungen)
- entweder den Normen entsprechen (z. B. DIN 18082 – Stahltüren T 30–1) oder
- als Nachweis ihrer ausreichenden Brauchbarkeit allgemein bauaufsichtlich zugelassen sein. Hier reicht die Prüfung nach DIN 4102 Teil 5 allein nicht aus.

Neben der Feuerwiderstandsdauer muß die allgemeine Gebrauchsfähigkeit des



Abschlusses beurteilt werden. So sind z. B. für eine 2flügelige Tür für den Standflügel 100.000- und für den Gangflügel 200.000maliges Schließen im praxisgerechten Ablauf

nachzuweisen. Die zulassungsgerechte Fertigung erfolgt durch Eigenüberwachung und durch anerkannte Institutionen (z. B. Materialprüfungsämter).



### Das Glas

Aufgrund großer Temperaturdifferenzen zwischen Scheibenmitte und Scheibenrand – und damit verbundenen unterschiedlichen Spannungsverhältnissen innerhalb der Scheibe – zerspringt normales Glas (Floatglas) im Brandfall schon nach recht kurzer Zeit, so daß sich der Brand ungehindert ausbreiten kann. Daher sind nur spezielle, auf den Brandschutz hin optimierte Gläser, für die jeweilige Verglasungsart geeignet. Folgende Fabrikate kommen im Rahmen der jeweiligen Gesamtkonstruktion zur Anwendung:

Tabelle 2: Brandschutzgläser		
Fabrikat	Merkmale/Aufbau	Geeignet für Verglasungen der Feuerwiderstandsklasse
PYROSTOP	Floatglasscheiben mit Brandschutzschichten	F 30/F 60/F 90
CONTRA-FLAM	Isolierglas aus Einscheibensicherheitsglas und Gelfüllung	F 30/F 60/F 90
PROMA-GLAS	Floatglasscheiben mit Brandschutzschichten	F 30/F 90
Drahtglas	Drahtfußglas Drahtspiegelglas Borosilicatglas	G 30/G 60
PYRAN		G 30/G 60/ G 90/G 120 G 30
PYRODUR	Floatglasscheiben mit Brandschutzschichten	G 30
PYRO-SWISS	Einscheibensicherheitsglas	G 30
CONTRA-FEU	Verbund aus Einscheibensicherheitsglas mit Folie	G 30

Kombinationen als Isoliergläser sind möglich. Eine entsprechende bauaufsichtliche Zulassung als Bauteil geprüft muß vorliegen. Vielfach sind durch entsprechende Glaskombinationen weitere Funktionen und Anforderungen – beispielsweise im Hinblick auf Schall-, Wärme-, Sonnen- und Einbruchschutz – realisierbar.

### Anwendungsbereiche

In erster Linie regeln die baurechtlichen Vorschriften den jeweiligen Einsatz der Brandschutzverglasung. Ansonsten obliegt der örtlich zuständigen Bauaufsicht die Entscheidung hinsichtlich der erforderlichen Verglasungskategorie. Grundsätzlich gilt, daß zum Schutz von Personen und Sachen F-Verglasungen zur Anwendung kommen müssen.



Tabelle 3: Anwendungsbereiche von Brandschutzverglasungen

F-Verglasungen	G-Verglasungen
Wände allgemein zugänglicher Flure, die als Rettungswege dienen	Oberlichtverglasungen über 1,80 m ab Oberkante Fußboden
Treppenraumwände Lichtöffnungen in Brandwänden	Außen- u. Innenfassaden (z. B. Lichthöfe), sofern keine Bedenken hinsichtlich der Wärmestrahlung bestehen
Eckbereiche winkelig angeordneter Gebäude Außen- und Innenfassaden (z. B. Lichthöfe) Schrägverglasungen Feuerschutztüren (T30, T90)	Schrägverglasungen

### Literatur:

Stahlbau Arbeitshilfen

- 2.1 Brandschutz für Stützen und Träger
- 2.2 Brandschutz bei Wänden
- 2.4 Brandschutz für Decken
- 27.1 Fenster im Geschoßbau
- 27.2 Sonnenschutz im Geschoßbau
- 27.3 Feuerschutz-Abschlüsse

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

Die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbauverbandes DSTV haben die Erfahrung, Sie bei der Auswahl eines wirksamen und wirtschaftlichen Brandschutzes im Einzelfall fachmännisch zu beraten und diesen auszuführen. In Fragen des baulichen Brandschutzes wenden Sie sich bitte an

- das Deutsche Institut für Bautechnik, 10829 Berlin, Kolonnenstraße 30 L
- die Brandschutzdienststellen der Städte und Kreise.

Die Organisation BAUEN MIT STAHL steht Ihnen mit ihren Ingenieuren ebenfalls gern zur Verfügung

- wenn Sie (z. B. im frühen Entwurfsstadium) eine firmenneutrale Beratung wünschen oder
- wenn Sie (auch im Gespräch mit den Behörden) die erforderlichen und angemessenen Brandschutzmaßnahmen bei einem konkreten Stahlbauprojekt ermitteln wollen.
- Weitere Auskünfte erteilt:  
Industrieverband Tore, Türen, Zargen  
Hochstraße 113-115, D-58095 Hagen,  
Telefon (023 31) 2 00 80



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

## 27.4 Brandschutzverglasung



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

### Transparenz und Brandschutz Ein lösbarer Zielkonflikt

Bevor Ende der 70er Jahre die Entwicklung bzw. Einführung der Brandschutzverglasungen begann, waren Anforderungen hinsichtlich des vorbeugenden baulichen Brandschutzes nur durch den Einsatz massiver Bauteile aus Mauerwerk bzw. Beton realisierbar. Die daraus resultierende Problematik, wie beispielsweise fehlende Sichtverbindungen zur Beobachtung von Produktionsabläufen sowie dunkle, nur durch elektrische Beleuchtung zu erhellende Treppenhäuser und Flure, schlugen sich letztlich in einem geringeren Nutzungswert der Gebäude nieder. Dieser Problematik sowie dem grundsätzlichen Wunsch der Planer nach transparenter Gestaltung, wurde durch Einführung von Brandschutzverglasungen Rechnung getragen.

### Begriff der Brandschutzverglasung Systemcharakter

Brandschutzverglasungen werden als lichtdurchlässige Bauteile definiert, die aus einem speziellen Rahmen, lichtdurchlässigen Elementen (d. h. Brandschutzgläsern), Halterungen, Dichtungen und Befestigungsmitteln bestehen und je nach Anforderung eine Feuerwiderstandsdauer von 30, 60 oder 90 Minuten aufweisen müssen.

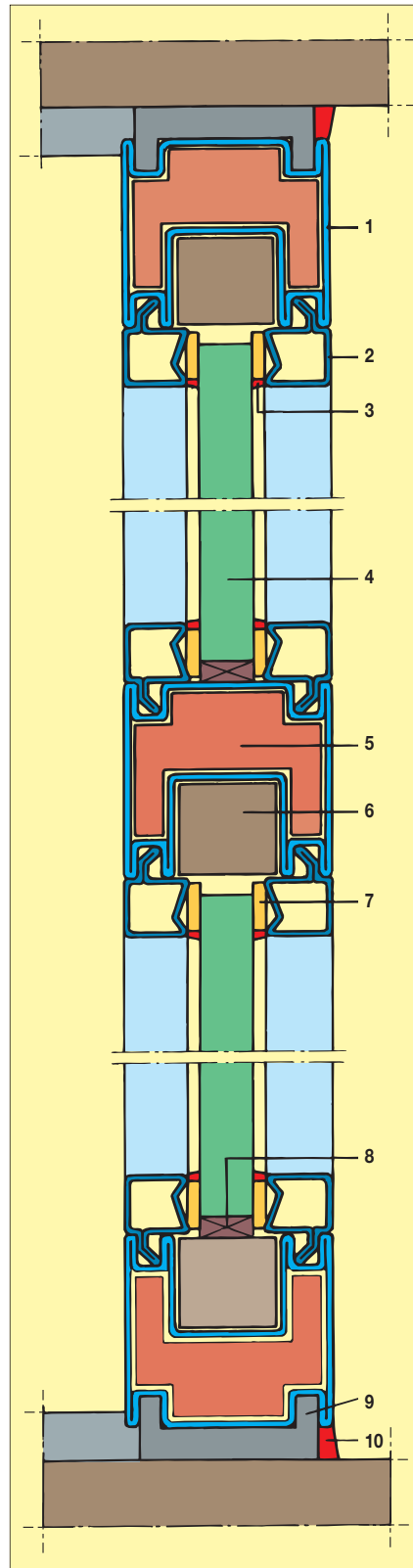
Hieraus ist bereits erkenntlich, daß es nicht ausreicht, ein Brandschutzglas in irgendeine Rahmenkonstruktion einzusetzen. Vielmehr muß die Gesamtkonstruktion, d. h. Glas, Rahmen, Verglasungsmittel sowie der jeweilige Anschluß an das umgebende Bauteil den brandschutztechnischen Anforderungen entsprechen.

### Rechtsgrundlagen

Der Einsatz von Brandschutzverglasungen ist in den Bauordnungen der jeweiligen Länder geregelt. Begleitend hierzu gelten Sonderbauverordnungen sowie Verwaltungsvorschriften und Richtlinien (z. B. Schulbau- und Sportstättenrichtlinie). Da Brandschutzverglasungen gemäß DIN 4102 Teil 4 als klassifizierte Sonderbauteile gelten, muß deren Brauchbarkeit nachgewiesen werden.

Dies kann erfolgen durch:

- Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung,
- Genehmigung im Einzelfall durch die Oberste Bauaufsichtsbehörde des Bundeslandes, in dem die Verglasung zur Ausführung gelangt.



Um eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung zu erlangen, ist es zuvor natürlich notwendig, das betreffende Bauteil komplett bei einer staatlich anerkannten Materialprüfanstalt zu prüfen. Auf die einzelnen Prüfkriterien, die dabei erfüllt werden müssen, wird in folgender Tabelle 1 eingegangen.

**Tabelle 1: Prüfkriterien für Brandschutzverglasungen gemäß DIN 4102 Teil 13**

	F-Verglasungen	G-Verglasungen
Prüfung nach ETK	+	+
Kein Durchtritt von Flammen auf die feuerabgekehrte Seite	+	+
Kein Durchtritt von Brandrauch auf die feuerabgekehrte Seite	+	+
Thermische Isolation	+	-
Wattebauschtest	+	-

Der Unterschied zwischen F- und G-Verglasung liegt somit in der thermischen Isolation, d. h. in der Durchlässigkeit bzw. Undurchlässigkeit der Brandwärme auf die feuerabgekehrte Seite. Während bei G-Verglasung keine Forderungen hinsichtlich des Durchtrittes der Brandwärme gestellt werden, darf auf der feuerabgekehrten Seite der F-Verglasung die Temperatur innerhalb der Feuerwiderstandsdauer im Mittel nicht mehr als 140 °C über Ausgangstemperatur liegen. Im Hinblick auf den Einsatz der jeweiligen Verglasungsart ist das Kriterium der Wärmestrahlung somit von zentraler Bedeutung.

Verglasung „AS-Köln“  
der Feuerwiderstandsklasse F 30 nach  
DIN 4102. Zum Einbau in Wänden aus  
Mauerwerk oder Beton  
(Zulassungsnummer: Z-19.14-327)

- 1 Spezialstahlprofil RP 1572
- 2 Glashalteleiste RP 5106
- 3 Silikon-Dichtstoff
- 4 PYROSTOP Brandschutzglas 1/30
- 5 IBA-Spezialfüllkörper Nr. 5
- 6 IBA-Spezialfüllkörper Nr. 4
- 7 Vorlegeband „Fiberfax“
- 8 Hartholz-Klötzchen
- 9 Mineralwolle (DIN 4102-A)
- 10 Wahlweise Versiegelung

## 31.2 Stützenstellung im Geschossbau



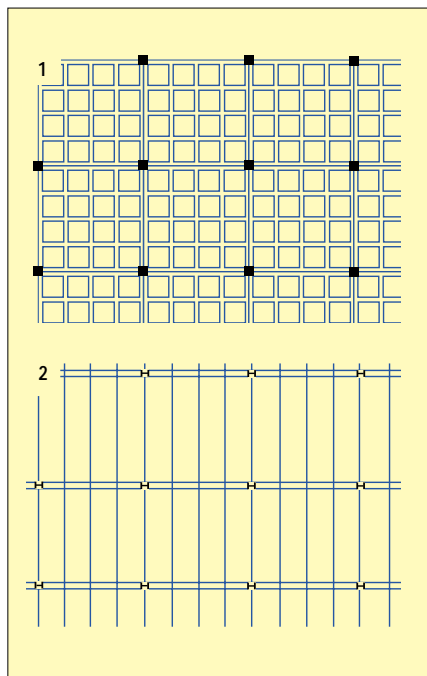
Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

### STÜTZENRASTER

Die Stützen eines Gebäudes werden im allgemeinen nach einem Ordnungssystem gerastert. Im Rasterfeld der Stützen liegen ein oder mehrere Deckenfelder.

#### Quadratisches Stützenraster

1 Sollen im Betonbau zweiachsig gespannte Decken zu Einsatz kommen, wird ein quadratisches Raster mit entsprechend quadratischen Deckenfeldern bevorzugt. Eine massive, ungegliederte Betonplatte wird bei größeren Stützweiten verhältnismäßig dick und schwer. Zur Gewichtsersparnis kann die Platte mit Hohlkörpern versehen werden oder in eine dünne Platte mit unterstützenden Rippen aufgelöst werden.



2 Die gleiche Stützenanordnung ist bei einem Stahlskelettbau möglich. Dabei werden die quadratischen Deckenfelder in langgestreckte Deckenelemente bestehend aus quergespannter Deckenplatte auf Deckenträgern aufgelöst. Die Deckenträger (Träger erster Ordnung) geben ihre Lasten an Unterzüge (Träger zweiter Ordnung) ab. Deckenträger und Unterzüge haben gleiche Spannweiten. Diese Konstruktion stellt im Stahlbau jedoch nicht die optimale Lösung dar.

#### Rechteckiges Stützenraster

3 Beim Stahlbau können die Deckenträger verhältnismäßig große Stützweiten überbrücken. Es stehen dann nur wenige Stützen in der ansonsten freien Geschossfläche. Es führt zu optimalen Konstruktionen, wenn die leichtbelasteten Deckenträger (Träger erster Ordnung), die zumeist Verbundträger sind, größere Stützweiten als die schwerbelasteten Unterzüge (Träger zweiter Ordnung) haben. Merkmal eines wirtschaftlichen Stahlskelettbau ist das rechteckige Stützenraster. Wirtschaftliche Stützweiten für die Deckenträger liegen zwischen 6 und 15 m, für die Unterzüge zwischen 6 und 12 m. Der Abstand der Deckenträger untereinander beträgt dabei zwischen 2 und 6 m. Die farbig gekennzeichneten Flächen in den Bildern 3 und 4 verdeutlichen die von den Stützen bei weiter und enger Stellung zu tragenden Deckenflächen.

4 Die hohe Tragfähigkeit von Stahlprofilen ermöglicht sehr schlanke Stützen. Das ist vor allem im Aussenwandbereich von Vorteil. Der Querschnitt der Stützen wird besonders klein, wenn der Abstand der Stützen dem Abstand der Deckenträger entspricht. In diesem Bereich wird dann der Unterzug als tragendes Bauteil eingespart.

#### Abweichende Rasterteilung

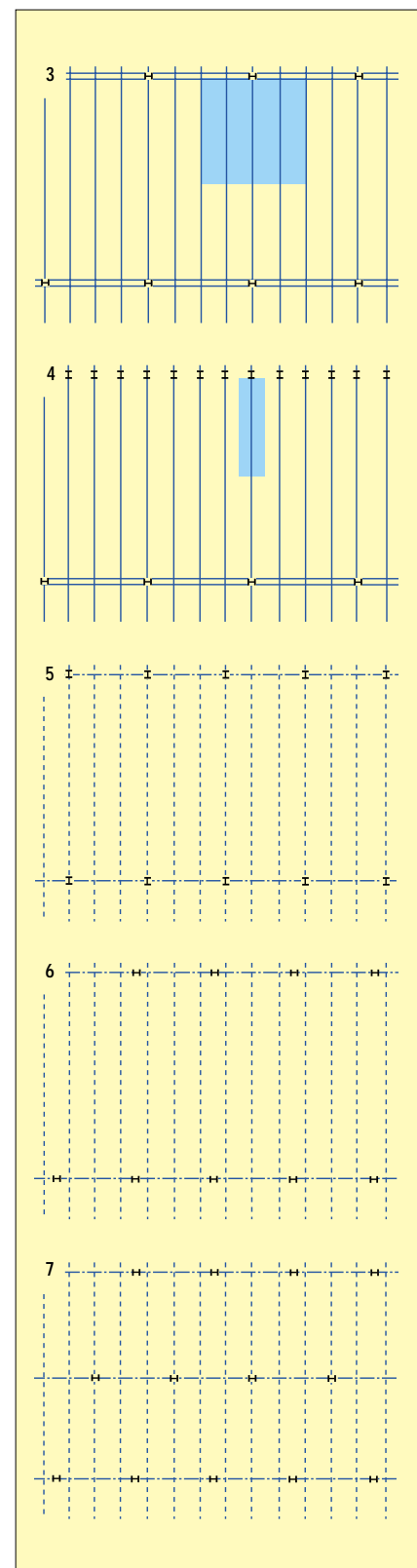
Die Lage der Deckenträger muss mit der Lage der Stützen nicht übereinstimmen.

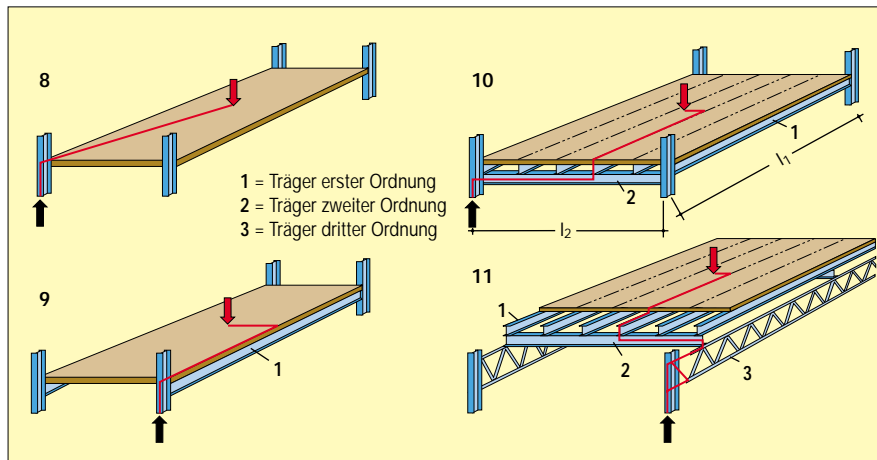
5 In diesem Beispiel liegt jeder dritte Deckenträger in der Stützenachse

6 Die Deckenträgerachse kann man auch aus der Stützenachse herausrücken. Dabei ist von Vorteil, dass neben den Stützen (in Deckenträgerichtung) Raum für vertikale Installationsschächte bleibt. Für das Stahlskelett ergeben sich konstruktive Vereinfachungen, da der Anschluss Deckenträger an Stütze entfällt.

#### Dreieckiges Stützenraster

7 Die Stützen müssen nicht in beiden Richtungen im Raster stehen. In der Unterzugsflucht können sie beliebig aufgeteilt werden. Dadurch ergibt sich eine große Freiheit in der Wahl der Stützenstellung, z. B. als dreieckiges Stützenraster. Das typische Element der Deckenkonstruktion eines Stahlbaues ist das schmale, langgestreckte Deckenfeld.





### WEG DER LAST ZUR STÜTZE

Allgemein lässt sich sagen, dass ein Tragwerk um so wirtschaftlicher wird, je kürzer die Wege sind, auf denen die Lasten zum Erdboden abgeleitet werden und je kleiner die Anzahl der Bauelemente ist, die am Lastabtrag beteiligt sind.

### Deckentragwerk ohne Stahlträger

**8** Die trägerlose massive Platte leitet die Lasten auf dem kürzesten Weg unmittelbar in die Stützen. Bei größeren Stützweiten wird die Massivplatte jedoch zu schwer, so dass sich diese Konstruktion für eine in beide Richtungen enge Stützenstellung eignet. Problematisch ist in der Regel auch der Anschluss der Decke an die Stützen

### Deckentragwerk mit einer Trägerlage

**9** Die Deckenträger (Träger erster Ordnung) werden unmittelbar von den Stützen getragen. Der Weg der Kräfte ist kurz und die Konstruktion damit wirtschaftlich. Der Raster des Grundrisses setzt sich aus länglichen Rechtecken zusammen, daher haben die Stützen in der einen Richtung einen großen, in der anderen einen sehr engen Abstand.

### Deckentragwerk mit zwei Trägerlagen

**10** Bei einem weiten Stützenabstand in beide Richtungen werden die Lasten der Deckenträger (Träger erster Ordnung) durch zusätzliche Tragelemente, die Unterzüge (Träger zweiter Ordnung), zu den Stützen weitergeleitet. Die Kräfte haben einen weiteren Weg zurückzulegen als bei Beispiel 9. Die Stützweite der Deckenträger  $l_1$  sollte größer sein als die der Unterzüge  $l_2$ .

### Deckentragwerk mit drei Trägerlagen

**11** Bei sehr großen Stützweiten werden die Lasten der Unterzüge nochmals durch Hauptträger (Träger dritter Ordnung) abgefangen und erst von diesen an die Stützen abgegeben. Der Weg der Kraft ist lang.

### KONSTRUKTIVE HÖHE DER DECKE

Aus der lichten Geschosshöhe konstruktiv erforderlichen Bauhöhe der Decke ergibt sich die Geschosshöhe. Die Deckenhöhe wird vor allem bestimmt von

- dem Installationsgrad des Gebäudes und
- der Ausführung des Deckentragwerkes.

Die Ausführung des Deckentragwerkes ergibt sich im wesentlichen

- aus der Spannweite und der Belastung der Träger
- und aus der Anordnung der Träger in einer Höhenlage (oberkantebündig) oder in mehreren Ebenen (gestapelt) übereinander.

Stahlträger und Installation müssen nicht in getrennten Höhenzonen liegen, sondern können sich raum- und kostensparend durchdringen. (siehe Arbeitsblatt 21.2)

### ANORDNUNG DER INNENSTÜTZEN

Die Eigenschaft eines Stahlbaues, große Stützweiten leicht und wirtschaftlich überspannen zu können, führt zu folgenden Alternativen der Anordnung der Innenstützen:

**12** Zweihüftige Gebäude (Raum, Flur, Raum) können bei einer Gebäudebreite von 10 bis 12 m stützenfrei überspannt werden, so dass statt einer kleinteiligen Aufteilung der Geschossflächen auch gebäudebreite Grossräume möglich sind. Bei Stützweiten über 15 m werden die Deckenträger recht hoch, um ihre Durchbiegung und die Schwingung der Decke in Grenzen zu halten.

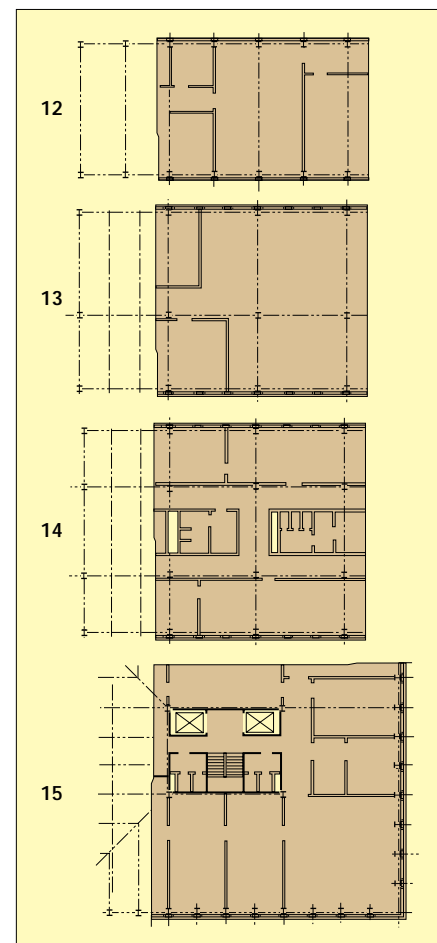
**13** Bei breiteren zweihüftigen Gebäuden ist es nicht erforderlich, beiderseits des Flurs eine Stützenreihe zu stellen, sondern es genügt eine Reihe an einer Seite mit ungleichen Deckenspannweiten.

**14** Erst bei sehr breiten dreihüftigen Gebäuden mit 2 Fluren und einer Innenzone ist die Anordnung von zwei inneren Stützenreihen wirtschaftlich.

**15** Bei Gebäuden mit einem zentralen Kern ergeben sich meist breite, frei disponierbare Räume ohne Innenstützen zwischen den Außenwänden und dem Kern. Es sind z. B. Grossräume möglich oder eine kleinräumige Grundriss-Unterteilung mit einem Erschließungsgang am Kern.

### Literatur

- W. Schulz: Ein- und Mehrgeschossbauten, Stahlbau Handbuch Teil 2, zweite Auflage 1985, Stahlbau-Verlagsgesellschaft, Düsseldorf
- Kindmann, Krahwinkel: Stahl- und Verbundkonstruktionen, Teubner-Verlag, Stuttgart
- Stahlbau-Arbeitshilfe 31.3



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

## 31.3 Außenstützen im Geschossbau



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

Die Stützen am Rande des Gebäudgrundrisses werden als **Außenstützen** bezeichnet, gleichgültig ob sie innerhalb oder außerhalb der Klimahülle stehen. Durch die große Schlankheit der Stahlstützen gibt es bei einem Stahlgeschossbau interessante Möglichkeiten der Stützenanordnung, die anderen Bauweisen verwehrt sind.

### VARIANTEN DER STÜTZENSTELLUNG

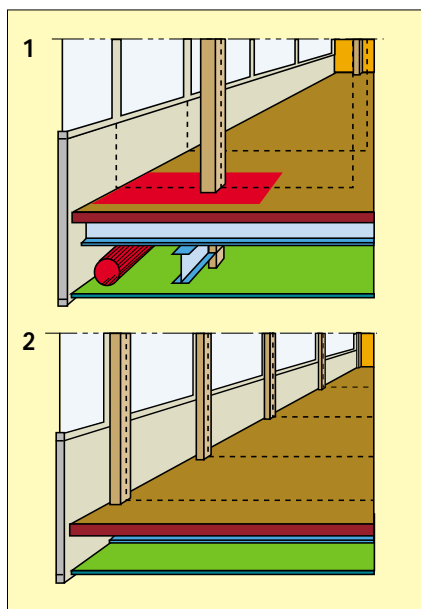
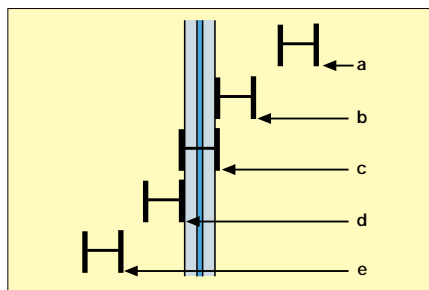
#### Stützenabstand parallel zur Außenwand

Der Abstand der Außenstützen voneinander in Außenwandrichtung kann eng oder weit sein:

- Bei den enggestellten Stützen entspricht der Stützenabstand sowohl dem Abstand der Deckenträger, wobei jeder Deckenträger von einer Stütze getragen wird, als auch der Teilung der Fenster- und Fassadenelemente.
- Bei den weitgestellten Stützen ist der Stützenabstand größer als der Abstand der Deckenträger. Es werden Unterzüge erforderlich. Der Stützenabstand entspricht der Breite von 2 – 6 Fenster- bzw. Deckenfeldern. Das Tragwerk ist etwas aufwendiger als bei engstehenden Stützen.

#### Stützenabstand von der Außenwand

- Die Stütze steht hinter der Außenwand zurückgesetzt im Innenraum des Gebäudes.
- Die Stütze steht innen dicht hinter der Außenwand.
- Die Stütze bildet mit der Außenwand eine konstruktive Einheit. Sie wird Teil der Außenwand.
- Die Stütze steht außen dicht vor der Fassade. Sie ist wirkungsvolles Element der Gestaltung.
- Die Stütze steht ohne Berührung mit der Außenwand weit vor der Fassade frei im Raum. Sie wird dominierendes Gestaltungselement der Fassade.



### RAUMANSPRUCH DER STÜTZE

#### Weite Stützenstellung

- Die weitgestellte Außenstütze **a** steht meist abgesetzt von der Innenwand, um dem Unterzug Raum zu geben. Sie beansprucht dadurch Geschossfläche, jedoch geht nicht nur die Fläche, die sie selbst benötigt, sondern auch ein gewisser Bereich um die Stütze herum der Nutzung verloren, und zwar im wertvollen Fensterbereich. Dieser Verlust wird besonders spürbar in kleineren Räumen.

#### Enge Stützenstellung

- Im Gegensatz dazu verschwindet die kleine stählerne Außenstütze fast in der Wandkonstruktion. Aber auch wenn sie hinter der Fassade steht, nimmt sie nicht mehr Raum weg, als für die unter den Fenstern stehenden Heizkörper meist ohnehin gebraucht wird (**b, c**).

### BAUPHYSIKALISCHE GESICHTSPUNKTE

#### Verformung durch Temperaturunterschiede.

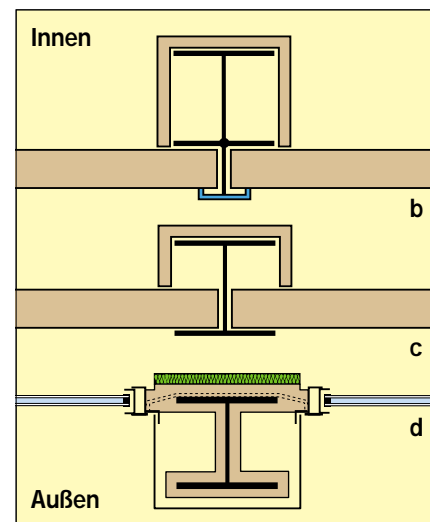
Außerhalb der Klimahülle des Gebäudes stehende Stützen oder Stützteile (Stellung **e, d, c**) nehmen am Außenklima teil, haben also eine – stetig wechselnde – Temperatur, die von der Innentemperatur des Gebäudes abweicht. Dadurch ändern sie ihre Länge und damit den Abstand der Geschossdecken im Außenbereich oder sie krümmen sich.

### Wärmebrücke

Bei Stützenstellungen **c – e** entstehen durch den Stützensteg (**c**) oder die an die Stütze angeschlossenen Stahlträger (**d, e**) Wärmebrücken zwischen innen und außen.

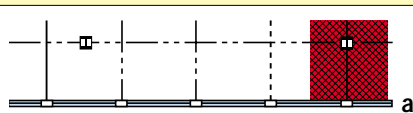
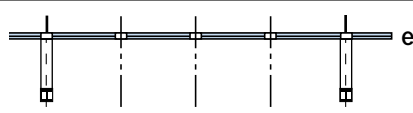
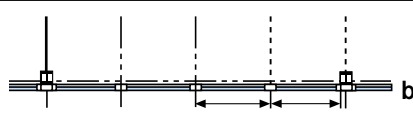
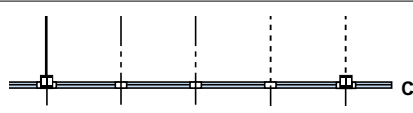
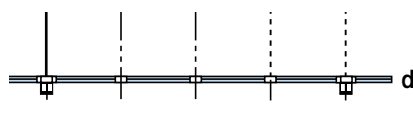
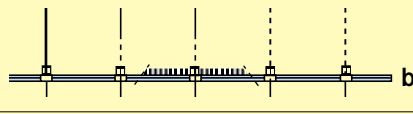
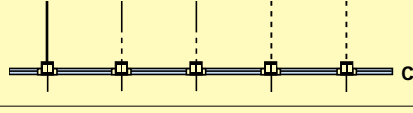
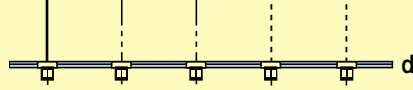
### Brandschutz der Außenstützen

- Die Stütze hinter der Fassade wird in der Regel innen dreiseitig geschützt, außen schützt die Außenwand.
- Bei der Stütze in der Fassade wird der Innenflansch innen geschützt. Den seitlichen Schutz übernimmt die Außenwand. Der Außenflansch kann häufig ungeschützt bleiben.
- Wird bei der außenstehenden Stütze Brandschutz gefordert, dann wird die Außenhaut praktisch um die Stütze herumgeführt.
- Bei der weit von der Fassade abgesetzten Stütze kann häufig ganz auf Brandschutz verzichtet werden.



### Literatur

- W. Schulz: Ein- und Mehrgeschossbauten, Stahlbau Handbuch Teil 2, zweite Auflage 1985, Stahlbau-Verlagsgesellschaft, Düsseldorf
- Stahlbau-Arbeitshilfen:
  - 2.1 Brandschutz für Stützen und Träger
  - 20.1 Stützen im Geschossbau
  - 20.5 Verbundstützen im Geschossbau
- Merkblatt des Stahl-Informations-Zentrums:
  - 115 Stahlgeschossbauten, Grundlagen für Entwurf und Konstruktion

		Stützenstellungen	Einfluss der Stützenstellung auf die Aussenwand	Einfluss der Stützenstellung auf die Innenwände
Weitgestellte Außenstützen	ohne Wandkontakt	 a	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Außenwand unabhängig von Tragkonstruktion.</li> <li>- Fensterteilung unabhängig von Stützenstellung.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausbauraster sollte nicht auf dem Konstruktionsraster liegen.</li> <li>- Komplikationen für die Trennwand, wenn Innenraster auf dem Stützenraster liegt (Paßteile).</li> </ul>
		 e		
	an oder in der Außenwand	 b	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Fassade erhält eine deutliche vertikale Gliederung.</li> <li>- Die Stütze, die in konstruktivem Zusammenhang mit der Außenwand steht, ist breiter als die üblichen Fensterepfeiler.</li> <li>- Die Fassaden- und Fensterelemente beiderseits der Stütze sind daher schmaler als die anderen Elemente.</li> <li>- Freitragende Brüstungspanels werden an den Stützen oder an den Decken befestigt, gegliederte Fassaden an den Decken.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wenn das Innenraster auf dem Stützenraster liegt, ergeben sich Komplikationen für die Trennwände. Bei elementierten Wänden werden Paßteile erforderlich.</li> <li>- Die Trennwände haben an der Stütze andere Anschlüsse als an den anderen Achsen.</li> </ul>
		 c		
 d				
Enggestellte Außenstützen	an oder in der Außenwand	 b	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Stützen tragen geringe Lasten. Alle Stützen haben den gleichen kleinen Querschnitt.</li> <li>- Die Stützen sind schmal und entsprechen der üblichen Breite von Fassadenpfosten.</li> <li>- Alle Außenwandelemente sind gleich.</li> <li>- Die Außenwandelemente können an den Stützen befestigt werden, besondere Fassadenpfosten werden erspart.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Trennwände laufen immer auf die Stützen zu und finden dort überall die gleichen Anschlussbedingungen vor (günstig bei Verwendung elementierter Trennwände).</li> <li>- Alle Trennwandanschlüsse sind gleich.</li> </ul>
		 c		
		 d		

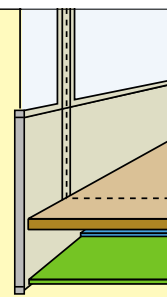
**zu b**

- Stütze steht im Innenklima.
- Waagerechte Installationsleitungen müssen um die Stütze herum oder durch die Stütze durchgeführt werden.



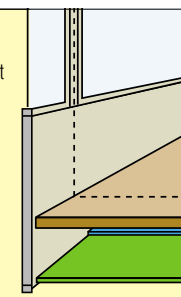
**zu c**

- Die Stütze benötigt im Inneren keinen Raum.
- Schwierige Fassadenkonstruktion.
- Dichtungsprobleme wegen unterschiedlicher Verformungen des Tragwerks und der Außenwandelemente.



**zu d**

- Die Stütze wird dominierendes Gestaltungselement der Fassade.
- Die Stütze benötigt im Inneren keinen Raum.
- Die Stütze steht im Außenklima und erleidet andere Verformungen als der Innenausbau.
- Mögliche Wärmebrücken an den Trägeranschlüssen.



**zu e**

- Aufwendiges Tragwerk.
- Wirkungsvolles Element der Gestaltung.
- Stütze steht im Außenklima, dadurch Verformungen und Wärmebrücke.




Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de



## 40.1 Stützen und Binder bei Hallen



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

### Sicherheit für Planer und Bauherr

Ein Stahlbau erfüllt die wichtigsten Forderungen, die heute an einen Hallenbau gestellt werden:

- kurze Bauzeiten – unabhängig von Wetter und Jahreszeit – dadurch schnelle Nutzung der Anlage,
- geringe Folgekosten für Wartung und Werterhaltung,
- Möglichkeit zur Erweiterung oder Umbau ohne großen technischen Aufwand; jederzeit veränderliche Grundflächen, ohne störende Stützen,
- geringe Demontagekosten bzw. hoher Veräußerungswert bei einem Verkauf,
- präzise, saubere Fertigung und Montage,
- Vermeidung von Nacharbeiten.

Nach den exakten Maßen des Stahlbaues können die Ausbauteile gleichzeitig mit den Arbeiten für die Stahlkonstruktion vorgefertigt werden (z. B. Dacheindeckung, Wandverkleidung und Einbauteile wie Fenster, Tore, Lichtbänder). Dabei ist die Auswahl unter den üblichen Materialien nicht beschränkt; es empfiehlt sich jedoch, auch für den Ausbau elementierte Bauteile zu verwenden.



Diese Stahlbau Arbeitshilfe informiert über

- Vordimensionierung
- Detail-Entwurf
- Materialkombination

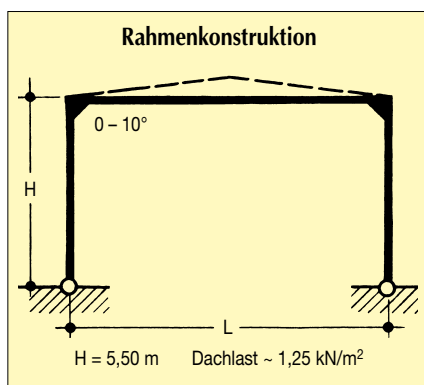
### Dimensionierungen

Form und Größe einer Halle sind abhängig von der Nutzung. Bei festgelegter Breite (Spannweite) wird der Binderabstand meist von der Hallenlänge und den erforderlichen Öffnungen bestimmt.

### Bestimmung der Profile von Rahmenkonstruktionen

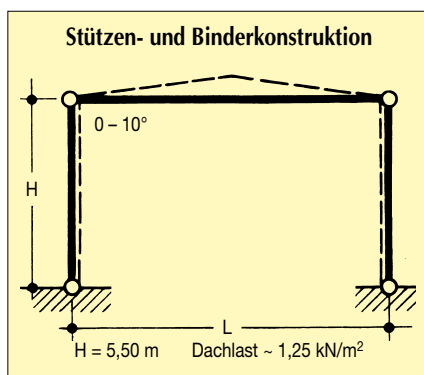
Tabelle 1 zeigt Beispiele zur übersichtlichen Bestimmung der Profile von Rahmenkonstruktionen. Dabei kann der Planer Fenster und Tore beliebig zwischen den Rahmen anordnen. Die Längsaussteifung der Halle erfolgt in der Dachebene.

Tabelle 2 gibt bei einem gebräuchlichen Binderabstand von 6 m die Dimensionierung einer Stützen- und Binderkonstruktion an. Bei etwa gleichem Stahlgewicht ist diese Konstruktion wegen niedrigerer Lohnkosten meist preiswerter und bietet wegen der geringen Stützenabmessungen mehr Nutzraum, erfordert jedoch aussteifende Verbände in Dach und Wänden. Sie ist besonders für überwiegend geschlossene Hallen geeignet.



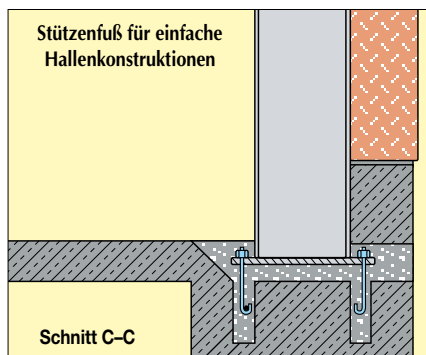
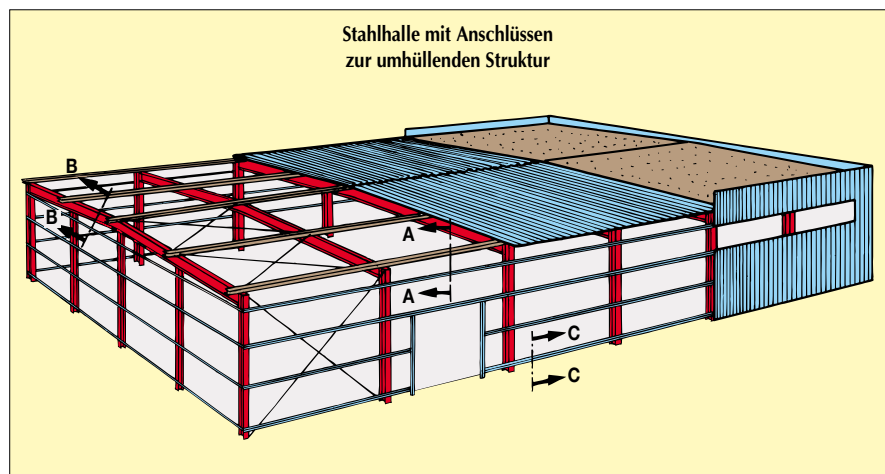
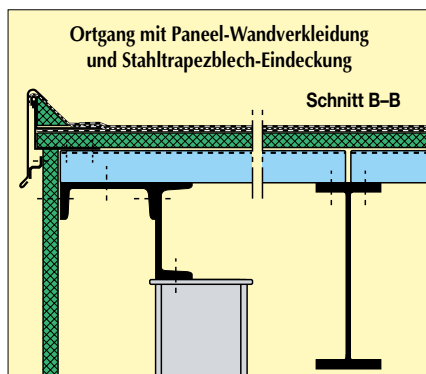
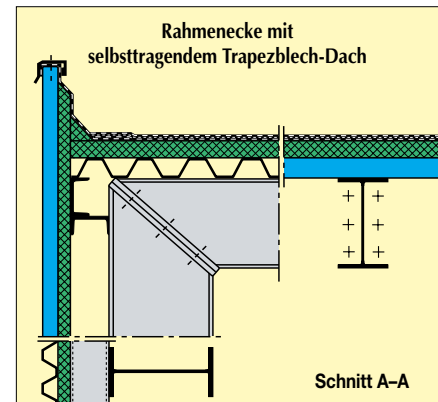
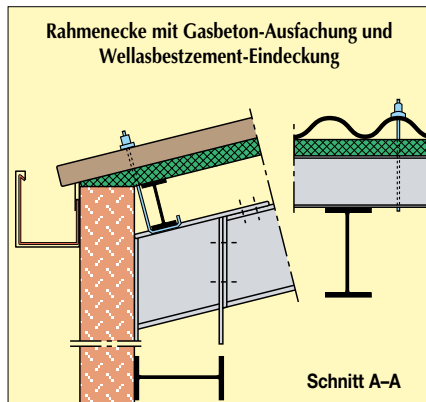
**Tabelle 1**

Spannweite L (m)	Binderabstand (m)	Kran-Tragkraft (kN)	Gewählte Profile	
			Stütze	Binder
10,00	5,00	–	IPE 300	IPE 300
15,00		–	HEA 260	IPE 360
15,00		50	HEA 300	IPE 450
20,00	6,00	–	HEA 360	IPE 500
20,00		50	HEA 400	IPE 550
20,00		100	HEA 450	IPE 600
25,00	6,00	–	HEA 450	IPE 600
25,00		100	HEA 550	HEA 550
30,00		–	HEA 600	HEA 600
30,00		100	HEA 650	HEA 650



**Tabelle 2**

Spannweite L (m)	Binderabstand (m)	Kran-Tragkraft (kN)	Gewählte Profile	
			Stütze	Binder
10,00	6,00	–	HEA 120	IPE 330
15,00		–	HEA 120	IPE 450
15,00		50	HEA 240	IPE 450
20,00		–	HEA 140	IPE 600
20,00		50	HEB 200	IPE 600
20,00		100	HEB 240	IPE 600
25,00		–	HEA 140	HEA 600
25,00		100	HEB 280	HEA 600
30,00		–	HEA 160	HEA 800
30,00		100	HEB 280	HEA 800



Die Detailbeispiele auf dieser Seite zeigen die Kombination eines Stahltragwerkes mit verschiedenen Baustoffen des Ausbaus. Sie sind nur ein kleiner Ausschnitt der vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten (siehe auch Stahlbau Arbeitshilfen 44 – Außenwände für Hallen sowie 44.2, 44.3, 44.5 und 46)

### Literaturhinweise

- Hart, Henn, Sontag: Stahlbauatlas 2. Auflage
- Henn: Industriebau/Entwurfs- und Konstruktionsatlas
- Neufert: Industriebauten
- Schriften des Stahl-Informations-Zentrums
  - D 534 Hallen aus Stahl
  - SD 528 Fassaden und Dächer – weltweit
- Merkblatt von BAUEN MIT STAHL
  - D 609 Dach- und Wandkonstruktionen im Hallenbau

### Ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

Die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbau-Verbandes haben die Erfahrung, Sie bei der Auswahl eines wirksamen und wirtschaftlichen Hallenbaus im Einzelfall fachmännisch zu beraten und diesen auszuführen.

Die Organisation BAUEN MIT STAHL steht Ihnen mit ihren Ingenieuren ebenfalls gern zur Verfügung

- wenn Sie (z. B. im frühen Entwurfsstadium) eine firmenneutrale Beratung wünschen oder
- wenn Sie (auch im Gespräch mit den Behörden) die erforderlichen und angemessenen Maßnahmen bei einem konkreten Stahlbauprojekt ermitteln wollen.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: [www.bauen-mit-stahl.de](http://www.bauen-mit-stahl.de)  
 E-Mail: [zentrale@bauen-mit-stahl.de](mailto:zentrale@bauen-mit-stahl.de)

## 42.1 Betonböden für Industriehallen



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

Genutzte und befahrene Flächen in Industriehallen müssen befestigt und möglichst eben sein. Gleichzeitig sollen sie eine hohe Tragfähigkeit und ggf. einen hohen Verschleißwiderstand aufweisen. Maßgebend für die Bemessung sind meistens die punktförmig wirkenden Lasten aus Fahrzeugen (Gabelstapler 10 – 150 kN, LKW 10 – 40 kN, Schwerlastwagen 50 – 100 kN), Maschinen, Regalen, Containern.

Konstruktionen mit **Betonböden** umfassen im Wesentlichen Untergrund, Tragschicht, Betonplatte und ggf. Oberflächenbelag (z. B. Verschleißschicht). In besonderen Fällen kommen spezielle Bauarten oder Sonderkonstruktionen zur Anwendung, z. B. Betonplatten auf Dämmschichten, beheizte Platten oder dichte Betonböden gemäß Wasserhaltungsgesetz (WHG).

Der **Untergrund** (das vorhandene Erdreich) soll die Lasten möglichst ohne Verformungen aufnehmen. Ist der Untergrund selbst nicht ausreichend tragfähig, wird der Einbau einer **Tragschicht** auf dem verdichteten Untergrund erforderlich. Die **Betonplatte** verteilt die wirkenden Lasten und leitet sie in den Untergrund (rollende Lasten aus Fahrzeugen, Schwingungen aus Maschinen, Einrichtungen, Gütern). Ein **Oberflächenbelag** kann den Widerstand gegen mechanische Beanspruchung (Roller, Schleifen, Schlagen, Stoßen) und gegen chemische Angriffe (Säuren, Laugen) verbessern. Für besondere Nutzungsanforderungen können auch Faserbetone und Hochleistungsbetone zum Einsatz kommen.

### Untergrund und Tragschicht

Der Untergrund trägt zur Funktionsfähigkeit der gesamten Konstruktion entscheidend bei. Zu erfüllende Bedingungen sind u. a. eine gleichmäßige Zusammensetzung über die gesamte Fläche, eine gute Verdichtbarkeit, eine ausreichende Tragfähigkeit sowie eine gute Entwässerung.

Die Tragfähigkeit von Untergrund und Tragschicht (ungebunden, gebunden) sind nach den jeweiligen Erfordernissen zu planen. Angaben zum Verformungsmodul von Untergrund und ungebundener Tragschicht sowie Beispiele zu Art und Dicke von Tragschichten enthält Tabelle 1. Untergrund und Tragschicht sind möglichst gleichmäßig und maschinell zu verdichten (z. B. durch schwere Rüttel-

platten). Durch repräsentative Lastplatten-druckversuche in ausreichender Anzahl gemäß DIN 18134 ist die Tragfähigkeit ungebundener Tragschichten nachzuweisen. Untergrund und Tragschicht dürfen nicht gefroren, ständig durchnässt oder in ihrem Gefüge gestört sein. Überbaute Grundleitungen und nachverfüllte Arbeitsräume für beispielsweise Fundamente, Stützen, Rinnen sind kritische Bereiche, die

**Tabelle 1: Anhaltswerte für den Befestigungsaufbau von Betonböden für Industriehallen [2,3,4]**

Max. Belastung (Einzellast/Radlast) Q in kN	Verformungsmodul <sup>1)</sup> E <sub>v2</sub> in MN/m <sup>2</sup>		Anhaltswerte für Tragschichtarten <sup>2)</sup> d in cm		
	Untergrund	ungebundene Tragschicht	Kies R1 mit U>7	Schotter B2 mit U>7	Schotter B1 mit (A/B 45)
30	≥ 30	≥ 80	≥ 15	≥ 15	≥ 15
40			≥ 20	≥ 15	
50	≥ 45	≥ 100	≥ 25	≥ 20	
60			≥ 30	≥ 25	
70			≥ 25	≥ 25	
80	≥ 60	≥ 120	≥ 35	≥ 30	≥ 20
90			≥ 30	≥ 20	
100			≥ 30	≥ 20	

1) Verhältniswert zwischen Erst- (E<sub>v1</sub>) und Wiederbelastung (E<sub>v2</sub>) muss E<sub>v2</sub>/E<sub>v1</sub> ≤ 2,5 betragen.

2) Erläuterungen: Rundkornmisch R1 (Kies); Brechkornmisch B1, B2 (Schotter); Ungleichförmigkeitszahl U = d<sub>60</sub>/d<sub>10</sub> (Siebdurchgang bei 60 M.-% und 10 M.-%); Sieblinie A/B 45

besonders beachtet werden müssen. In bestimmten Fällen ist eine Verbesserung des Untergrundes (z. B. Bodenverfestigung) notwendig bzw. eine Ergänzung oder ein Austausch gegen geeignetes Material (z. B. Kiessand, Schotter) erforderlich. Entsprechend der Bedeutung einer Baumaßnahme und der Beanspruchung eines Betonbodens kann es erforderlich sein, eine genauere Untersuchung und Prüfung des Baugrundes und der Tragschicht durch ein Erd- und Grundbauinstitut durchführen zu lassen. Für die Herstellung der Tragschichten sollte VOB Teil C DIN 18315 „Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten ohne Bindemittel“ oder DIN 18316 „Verkehrswegebauarbeiten, Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln“ vereinbart werden, sofern nicht besondere Regelungen (z. B. für Tragschichtdicke, profilgerechte Lage) gelten. Die Oberfläche der Tragschicht ist möglichst gratfrei, geschlossen, höhengerecht und horizontal bzw. im vorgeschriebenen Längs- und Quergefälle herzustellen. Abweichungen von der Sollhöhe dürfen, im Unterschied zu anderen Regelwerken, an keiner Stelle mehr als ± 2 cm betragen. Diese Forderung ist besonders vertraglich zu vereinbaren.

### Gleitschichten

Bei großen Flächen ist es wichtig, die Reibung zwischen Tragschicht und Betonplatte möglichst gering zu halten. Der Einbau einer Gleitschicht (z. B. 2 Lagen Kunststoff-Folie PE, d ≥ 0,2 mm) soll sicherstellen, dass sich die Betonplatte ohne große Behinderung bewegen kann. Die Wirksamkeit der Gleitschicht erfordert ein besonders sorgfältiges Verlegen:

- das Planum darf nicht uneben und rau sein
- die Folie soll sich nicht in das Planum eindrücken
- die Folie darf keine Löcher bekommen und keine Falten schlagen

Für besondere Anforderungen können höherwertige Gleitschichten erforderlich sein, z. B. zweilagige PE-Folien mit dazwischenliegendem Gleitmaterial.

### Betonplatten

Durch die Beanspruchung der Betonplatte werden sowohl an die Konstruktion als auch an den Baustoff hohe Anforderungen gestellt. Betonplatten sollen möglichst rissfrei bleiben. Eine übliche Stabstahl- oder Mattenbewehrung kann das Entstehen von Rissen nicht verhindern. Eine Möglichkeit zur Herstellung möglichst rissfreier Betonflächen bieten unbewehrte Betonplatten. Dabei sind folgende Maßnahmen zu beachten:

- Untergrund und Tragschicht tragfähig
- Beton mit hoher Biegezugfestigkeit
- genügend großes Widerstandsmoment der Betonplatte durch ausreichende Plattendicke
- Unterteilung der Betonplatte durch Fugen in einzelne Felder

Ähnlich wie bei den ebenfalls i.d.R. unbewehrt ausgeführten Fahrbahndecken aus Beton können i.d.R. auch bei Betonplatten die Zugspannungen vom Beton allein über das Widerstandsmoment und die Betonzugfestigkeit aufgenommen werden. In besonderen Fällen, z. B. bei sehr hohen Einzellasten Q > 150 kN oder bei langfristig wirkenden Lasten sowie bei Lastpressungen von p > 4,0 N/mm<sup>2</sup>, ist eine spezielle Bemessung nach Zustand II und die Anordnung einer besonderen Bewehrung erforderlich. Für übliche Verhältnisse und bei Einbau der Betonplatte nach Hallenmontage und fertiger Dacheindeckung (d. h. Halle allseitig wetterdicht geschlossen) kann ein Abschätzen der Betonplatte (Dicke, Expositionsclassen,

**Tabelle 2: Betonplatte abhängig von der Belastung – Anhaltswerte [3,4,6]**

Max. Belastung (Einzellast/Radlast)	Expositions-klasse für unbewehrte Betonböden in Hallen	Mindestbetondruck- festigkeitsklasse (ggf. zusätzlich Verschleiß berücksichtigen)	Biegezugfestigkeit des Betons		Dicke der Betonplatte
			in N/mm <sup>2</sup>	d in cm	
Q in kN	X0 (ohne Verschleiß, ohne chemischen Angriff)	C25/30 <sup>1)</sup>	≥ 4,5	14	
10				16	
20		C30/37 <sup>1)</sup>	≥ 5,0	18	
30				20	
40		C30/37 <sup>1)</sup>	≥ 5,5	22	
50				26	
60		C35/45 <sup>2)</sup>	≥ 6,0	≥ 26	
80				≥ 26	
100					

- 1) aus Punktlast sowie Biegezugfestigkeit des Betons  
 2) aus Punktlast sowie Biegezugfestigkeit des Betons, Gesteinskörnung mit hohem Verschleißwiderstand oder Nuttschicht aus Hartstoffen nach DIN 1100

**Tabelle 3: Beanspruchung durch Verschleiß – Anhaltswerte [6]**

Belastung von Betonböden in Hallen infolge Verschleiß		Expositions- klasse	Mindestbetondruck- festigkeitsklasse
mäßiger Verschleiß	Luftbereifte Fahrzeuge, Reifendruck RD ≤ 6 bar	XM1	C30/37 <sup>1)</sup>
starker Verschleiß	Luftbereifte Gabelstapler Reifendruck RD ≤ 6 bar oder vollgummibereifte Gabelstapler, Kontaktpressung p ≤ 2,0 N/mm <sup>2</sup>	XM2	C35/45 <sup>1)2)</sup> C30/37 <sup>1)2)</sup>
sehr starker Verschleiß	elastomerebereifte Gabelstapler, Kontaktpressung p ≤ 4,0 N/mm <sup>2</sup>	XM3	C35/45 <sup>3)</sup>

- 1) Gesteinskörnungen mit hohem Verschleißwiderstand  
 2) ohne Oberflächenbehandlung C35/45, mit Oberflächenbehandlung C30/37 (z. B. Vakuumieren und Flügelglätten des Betons)  
 3) Hartstoffe nach DIN 1100

Betonfestigkeitsklasse, Verschleiß) nach Tabelle 2 und 3 erfolgen. Bei einer genauen Bemessung der Betonplatte sind zahlreiche Einflüsse zu berücksichtigen [3,5].

### Fugen

Aufgabe von Fugen ist die Aufnahme von Längenänderungen aus Schwinden und ggf. Temperaturänderungen, die Verringerung der Gefahr der Rissbildung sowie die Verhinderung der Entstehung unkontrollierter Risse. In normalen Fällen sind zur Begrenzung der Plattenlängen innerhalb der Hallenfläche Schein- bzw. Pressfugen ausreichend.

**Raumfugen** (Dehn- oder Bewegungsfugen) sind notwendig, um die Betonplatte in ganzer Plattendicke entlang fester Einbauten (Wände, Stützen, Kanäle, Schächte, Maschinenfundamente) zu trennen bzw. bei großen Hallenabmessungen z. B. über 100 m auch innerhalb der Hallenfläche. **Pressfugen** (Arbeitsfugen) entstehen beim Herstellen benachbarter Platten in zeitlichem Abstand (z. B. Betonieren in Bahnen). **Scheinfugen** (Sollbruchquerschnitte) werden bei großflächigem Einbau in den erhärtenden Beton so früh wie möglich mit einem Schneidgerät etwa 1/4 bis 1/3 der Plattendicke tief eingeschnitten. Die Erstellung eines Fugenplanes ist Aufgabe des Planers. Anzustreben sind quadratische oder gedrungene rechteckige Felder (Länge/Breite ≤ 1,5). Anhaltswert für den maximalen Abstand der Schein- bzw. Pressfugen bei unbewehrten Betonplatten ist die 30-fache Plattendicke. Längs- und Querfugen sollen sich kreuzen und nicht gegenseitig versetzt sein. Einspringende Ecken und

Zwickel sind zu vermeiden. Bei befahrenen Raumfugen (z. B. Übergang von alter zu neuer Halle), bei Scheinfugen mit großen Feldlängen (L > 6 m) und Einzellasten Q > 40 kN sowie bei Pressfugen ist planerisch die Querkraftübertragung sicherzustellen (z. B. durch Verdübelung).

Bei hoch belasteten Fugenkanten kann ein schmales Abfassen der Fugenkanten bzw. ein Kantenschutz durch besondere Kantenschutzprofile erforderlich werden.

### Beton

Für die Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken sind in DIN 1045 die Anforderungen an den Beton in Abhängigkeit von den möglichen Einwirkungen durch Expositionsklassen festgelegt (Tabelle 2 und 3). Betonzusammensetzung, Betondeckung der Bewehrung und Nachbehandlung werden den Expositionsklassen zugeordnet. Unbewehrte Betonböden in Industriehallen entsprechen Expositionsklasse X0 (ohne Angriff). Für tragende und aussteifende Betonböden wird die Verschleißbeanspruchung durch die Expositionsklassen XM geregelt. Für vergleichbare Beanspruchungen an der Oberfläche von Betonen, die nicht im Geltungsbereich der Norm liegen, ist eine Anlehnung an die betontechnologischen Anforderungen für die Klassen XM ebenfalls sinnvoll. Vorteilhaft sind Betone mit geringem Schwindmaß – Zementleimgehalt ≤ 290 l/m<sup>3</sup> ohne Neigung zum Wasserabsondern und ohne Anreicherungen von Feinstoffen an der Oberfläche.

### Einbauhinweise

- Höhenlage: Abweichungen der Oberfläche von der Sollhöhe an keiner Stelle mehr als 20 mm
- Ebenheitstoleranz der fertigen Oberfläche (nach DIN 18202) bei einem Abstand der Messpunkte von 1 m: Stichmaß max. 4 mm, von 4 m: Stichmaß max. 10 mm (bei Hochregallagern zusätzliche Anforderungen)
- Oberfläche: in frischem Zustand vor Zugluft schützen

- Beispiele zur Nachbehandlung:
  - Nachbehandlungsmittel aufbringen sobald die Oberfläche nur noch matt glänzt (Abstimmungen auf evtl. Beschichtungen und Beläge erforderlich)
  - Abdecken mit Folie (bei niedrigen oder hohen Temperaturen zusätzlich mit Dämmmatten) sobald wie möglich

### Literaturhinweise:

- [1] DIN 1045: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teile 1 bis 4 Beuth-Verlag GmbH, Berlin 07/2001
  - [2] BEB-Hinweisblatt Betonböden für Hallenflächen. Bundesverband Estrich und Belag e. V., Troisdorf, 02/2000
  - [3] Lohmeyer, G.: Ebeling, K.: Betonböden im Industriebau – Hallen- und Freiflächen. Schriftenreihe der Bauberatung Zement. Verlag Bau + Technik VBT, Düsseldorf, 6. Auflage 1999
  - [4] Lohmeyer, G.: Betonböden für Industriebauten, Baugewerke, Verlagsbes. Rudolf-Müller, Heft 23 + 24, 1980
  - [5] Eisenmann, J.: Betonfahrbahnen, Handbuch für Beton, Stahlbeton- und Spannbetonbau. Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1979
  - [6] Bauteilkatalog. Schriftenreihe der Bauberatung Zement. Verlag Bau + Technik VBT, Düsseldorf, 2. Auflage 2002
- Autor: Dipl.-Ing. Karsten Ebeling, Bauberatung Zement. Die Anwendung der dargestellten Angaben in der Stahlbau Arbeitshilfe entbindet nicht von der Pflicht zur Prüfung der Vorgaben und ihrer Gültigkeit für den spezifischen Anwendungsfall.

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Hilfe, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.

**Tabelle 4: Normen und Richtlinien**

Für Betonböden gibt es keine speziellen Normen und Richtlinien. Es ist jedoch möglich, eine Reihe anderer Vorschriften hierfür heranzuziehen.	
DIN 1045	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Teile 1 bis 4
DIN 1055	Lastannahmen für Bauten
DIN 1072	Straßen- und Wegbrücken, Lastannahmen
DIN 18125... 18136	Baugrund
DIN 18196	Erdbau
DIN 18202	Maßtoleranzen im Hochbau
DIN 18300	Erdarbeiten, VOB Teil C
DIN 18560	Estrich im Bauwesen, Teile 1 bis 7
ZTV E – StB	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau
ZTV T – StB	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau
ZTV Beton – StB	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Beton



**BAUEN MIT STAHL**  
 Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

## 44 Außenwände für Hallen



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

**Für die Wahl des Außenwandsystems einer Halle muß der Architekt eine Reihe von Kriterien prüfen, die je nach der gestellten Aufgabe unterschiedlich zu bewerten sind.**

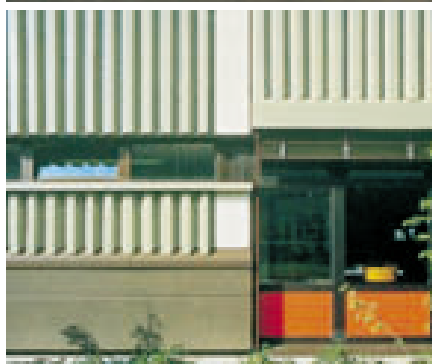
Die Wertung der Kriterien, die in der umseitigen Tabelle aufgeführt sind, wird dem Planer die Auswahl der geeigneten Konstruktion erleichtern. Dabei wird neben den Anforderungen, die die Nutzung des Gebäudes stellt, auch die Umgebung, in der es errichtet wird, auf die Wahl von Baustoffen, System und Konstruktion einen Einfluß haben.

Heute werden für Außenwände von Industriehallen immer mehr Systeme aus leichten, großformatigen Tafeln gewählt. Sie sind meist aus Stahlblechen gefertigt und profiliert. Sie können auf jeder Stahlunterkonstruktion schnell, leicht und bei jeder Witterung montiert werden und weisen fertige Oberflächen auf, die nicht mehr behandelt werden müssen, wodurch die Arbeit auf der Baustelle stark reduziert wird.

Ein großes Angebot von Wandelementen mit vielen Form-, Anschluß- und Sonderteilen begünstigt diese Entwicklung.

Vielfach wird bei der Verwendung profilierter Wandelemente zu wenig bedacht, daß diese nicht nur vor, sondern fast ebensogut zwischen oder an der Innenseite der Stützen angebracht werden können, wodurch die Konstruktion sichtbar gemacht und so zur Gliederung des Baues mit herangezogen werden kann. Die Wärmeschutzverordnung vom 16. August 1994 muß hierbei Beachtung finden. Diese unterscheidet zwischen Gebäude mit normalen Innentemperaturen und Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen ( $12\text{ °C} < t < 19\text{ °C}$ ), wie man sie häufig im Industriebau findet. Aber auch wenn die Außenhaut vor der Konstruktion durchgeführt wird, ist es möglich, diesen Flächen eine Gliederung zu geben, indem man die Befestigung an den Stützen und die horizontalen Stöße der Tafeln durch Formteile und Übergangsprofile stärker betont.

Wie die Tabelle ausweist, ist die Stoßfestigkeit der großformatigen Bauteile weniger gut. Es empfiehlt sich daher in einigen Fällen, z. B. bei Gabelstaplerbetrieb, im Anfahrbereich



eine Hinterlegung. Ein Sockel aus Mauerwerk kann hier gleichzeitig der Gliederung der Fassade dienen.

Die maßstäbliche Gliederung, die Wahl von Material und Farbe wird abhängig sein von der Umgebung, in der das Gebäude errichtet wird, von der Größe des Bauwerks und von den Anforderungen, aus denen heraus die Kriterien der umseitigen Tabelle gewichtet werden.







### **Ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung**

Hallenbau ist eine Domäne des Stahlbaus; die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbau-Verbandes sind daher erfahrene Partner.

Viele dieser Firmen errichten in Zusammenarbeit mit Architekten, beratenden Ingenieuren und Bauherren, komplette schlüsselfertige Hallen und arbeiten auf Wunsch auch als Generalunternehmer; sie übernehmen dann das Preis- und Terminrisiko für den gesamten Bau, die Organisation des Bauablaufs, die Vergabe der Nebengewerke an Subunternehmer und die Gewährleistung für die ganze Baumaßnahme.

### **Literatur**

- Stahlbau-Arbeitshilfen
- 44.1 Mauerwerk im Hallenbau
  - 44.2 Hallenwände aus Stahltrapezprofilen
  - 44.3 Hallenwände mit Stahlkassetten
  - 44.5 Hallenwände mit Gasbeton

	Wandbauart	Porenbeton	Sichtmauerwerk	Stahltrapezprofile einschalig	Stahlsandwich- elemente wärmedämmt	Stahltrapezprofile, zweischalig, wärmedämmt	Faserzement- wellplatten, asbest- frei, großformatig
	Eigenschaften						
Formate und Abmessungen	alle Maße in mm	 Breite 500 – 750 Dicke 100 – 300 Länge bis 7500, je nach Hersteller 2 Festigkeitsklassen GB 3,3/GB 4,4 Sonderprofile	 Normalformat NF 240 x 115 x 71 Doppelformat DF 240 x 115 x 113 Ausmauerung in Stahlskelett: 115 mm dick Weitere Hinweise siehe Arbeitshilfe 44.1: Mauerwerk im Hallenbau	 Breite 700 – 1050 Profilhöhe 10 – 206 Länge bis 24000 Blechdicke 0,63 – 1,5 Tafelgrößen bis 22 m <sup>2</sup>	 Breite 1000 Dicke 40 – 200 Länge bis 16000 Blechdicke 0,55 Tafelgrößen bis 16 m <sup>2</sup>	 außen Blechbreite 700 – 1050 Blechdicke 0,63 – 1,5 Blechlänge bis 24000 Wärme- Dämmung ≥ 40 Dicke 90 – 300 Tafelgrößen bis 22 m <sup>2</sup>	 Breite 920/1000 Profilhöhe 36/57 Länge 1250/1600/2000/2500 Dicke 6 und 6,5
		Zahlreiche Sonderprofile Für Wände werden Sandwichelemente nicht länger als 10 m empfohlen.					
Physikalische Eigenschaften	Wärmedämmung k [W/m <sup>2</sup> K] (DIN 4108)	150 mm k = 0,90* 240 mm k = 0,60*	k = 3,08		40 mm k = 0,60 120 mm k = 0,20	40 mm k = 0,87 140 mm k = 0,33	
	Brandverhalten (DIN 4102)	ab 150 mm F 180-A ab 175 mm Brandwand	115 mm = F 90	nicht brennbar	schwer brennbar PUR-Hartschaumkern oder Mineralfaserkern lieferbar*	bis W 90 bzw. F 30	nicht brennbar
	Schalldämmung R'w [dB] (DIN 4109)	je nach Wandbauart 36 – 48 dB	44 dB <sup>+</sup>	20 – 25 dB	bis 25 dB	bis ca. 46 dB	17 dB in Prestik verlegt 25 dB
Baukonstruktive Eigenschaften	Beschaffenheit der Oberfläche	porig, Beschichtungen erforderlich	rauh	glatt	glatt	glatt	glatt durch Beschichtung
	Stoßfestigkeit der Oberfläche	weniger gut	sehr gut	weniger gut	weniger gut	weniger gut	weniger gut
	Eigengewicht	200 mm = 1,44 kN/m <sup>2</sup> *	1/2 Stein = 1,95 kN/m <sup>2</sup> *	0,07 – 0,20 kN/m <sup>2</sup>	0,1 – 0,16 kN/m <sup>2</sup>	0,17 – 0,25 kN/m <sup>2</sup>	0,20 kN/m <sup>2</sup>
	Unterkonstruktion (hier für Höhen bis 8,0 m)	selbsttragend, Befesti- gung an Hallenstützen	Feldgröße bis 16 m <sup>2</sup> je nach Steifigkeit und Seitenverhältnis	Riegelabstand für Mehrfeldträger 35 mm max. 4400 85 mm max. 6500	Riegelabstand für 35 mm ca. 3700 60 mm ca. 4800	Riegelabstand für Mehr- feldträger je nach Profil bis ca. 6500	Riegelabstand 1150 – 2900 je nach Höhe
Funktionale Eigenschaften	Anordnung von Öffnungen	an jeder Stelle mit Hilfskonstruktionen möglich					
	Sonderbauteile			zahlreiche Sonder- und Anschlußteile			
	Demontage und Wiederverwendbarkeit	möglich	bedingt möglich	gut möglich			möglich
Ästhetische Eigenschaften	Textur der Oberflächen	verschiedene Gestaltungen möglich	auf handwerkliche Weise in verschiede- nen Arten möglich	verschiedene Profilierungen			
	Farbe der Oberflächen	Beschichtung erforder- lich, Farbton nach Wahl	verschiedene Farbtöne, lebhaftes Farbenspiel	zahlreiche Standardfarbtöne oder Farbtöne nach Wahl			zahlreiche Standardfarben
	Gliederung großer Flächen	durch Fugen und profi- lierte Oberfläche	durch die Tragkonstruktion	durch Zwischenprofile und Blenden durch Streifen in anderem Farbton			durch die Tragkon- struktion und verschie- dene Profilierungen
Bemerkungen	Norm/DIN	DIN 4223 und Zulassung	Normen DIN 105 DIN 106 DIN 1053	Feuerverzinktes Stahlblech, mindestens St E 280-2 Z nach Tab. 2, DIN 17162 Teil 2; Zinkauflagegruppe 275			Bauaufsichtliche Zulassung DIN 18516
	Fußnoten	*GB 3,3	* Rohdichte = 1600 kg/m <sup>3</sup>		mit PUR-Hartschaum- kern (RAL-Güteschutz)	mit Zwischenschicht aus Mineralfaser (DIN 18165)	* Profil 5 und 8 177/51 bzw. 130/30

Alle Angaben zu geometrischen Abmessungen und bauphysikalischen Werten sind Richtwerte. Die genauen Daten sind bei den Herstellern zu erfragen.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

## 44.1 Mauerwerk im Hallenbau



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

**Nichttragende Außenwände nach DIN 1053 sind scheibenartige Bauteile, die überwiegend nur durch ihr Eigengewicht beansprucht werden. Sie müssen die auf ihre Fläche wirkenden Windlasten sicher auf das angrenzende tragende Stahlskelett abtragen. Nichttragende Außenwände aus Mauersteinen können ein- oder zweischalig hergestellt werden. Dabei erfüllen sie hohe Anforderungen an Wärme-, Schall- und Brandschutz. Die Oberfläche kann geputzt, beschichtet oder als Sichtmauerwerk (frostbeständige Steine) ausgebildet sein.**

### A Einschalige Außenwände, verputzt

Bei Außenwänden aus nicht frostbeständigen Steinen ist ein Außenputz nach DIN 18550 oder Zulassung aufzubringen, wenn nicht ein anderer Wetterschutz vorgesehen wird, z. B. eine vorgehängte Fassade, Bekleidung nach DIN 18515. Die statisch notwendige Mindestdicke ist  $d = 11,5$  cm. Für verputzte Außenwände bieten sich aus Gründen der Rationalisierung und Wirtschaftlichkeit großformatige Steine an.

### B Einschaliges Sichtmauerwerk

Die Mindestdicke von einschaligem Sichtmauerwerk beträgt 11,5 cm. Bei Aufenthaltsräumen muss aus Gründen der Schlagregensicherheit jede Mauererschicht mindestens zwei Steinreihen aufweisen, zwischen denen eine durchgehende, schichtweise versetzte, hohlraumfrei vermörtelte, 2 cm dicke Längsfuge verläuft.

Bei Gebäuden, bei denen mit geringer Schlagregenbeanspruchung zu rechnen ist, kann die Wanddicke  $d = 31$  cm betragen, sonst 37,5 cm.

### C Außenwand mit Außendämmung

Auf die Außenseite wird eine Wärmedämmschicht mit bewehrter Kunstharzputzbeschichtung (Thermohaut) als Wetterschutz oder ein Dämmputz aufgebracht.

### D Außenwand mit Innendämmung

Gegen Schlagregen ist ein Außenputz nach DIN 18550 oder ein anderer Wetterschutz aufzubringen. Auf der Innenseite kann bei dampfdurchlässigen Wärmedämmstoffen eine Dampfsperre erforderlich werden.

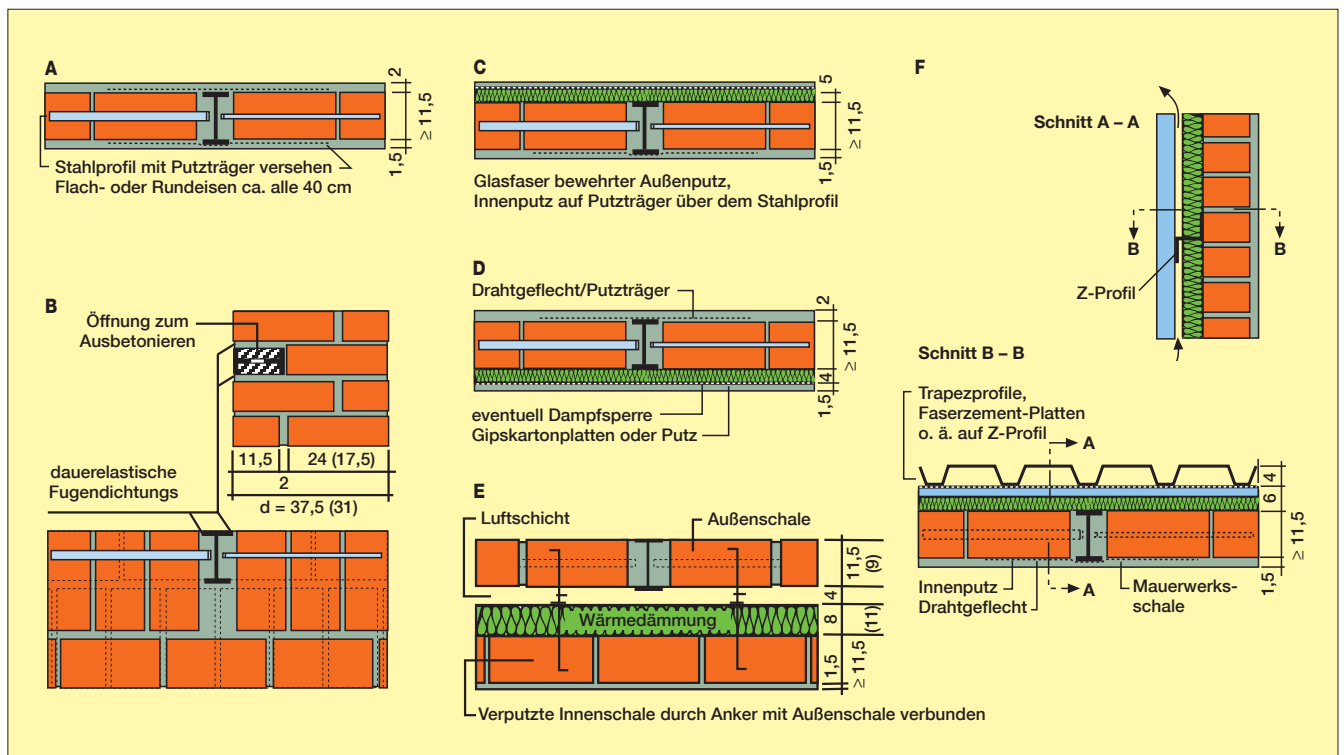
### E Zweischaliges Verblendmauerwerk mit Luftschicht

Die Luftschicht soll 6 cm dick sein und ist zu be- und entlüften (Öffnungen je  $75 \text{ cm}^2/20 \text{ m}^2$  Wandfläche). Bei Anordnung einer matten- oder plattenförmigen Wärmedämmung muß die Luftschicht mindestens 4 cm dick sein. Sie kann nur bei Verwendung besonderer Dämmstoffe mit entsprechender Zulassung entfallen. Der lichte Abstand der Mauerwerksschalen darf 12 cm nicht überschreiten.

Die Mindestdicke der Innenschale beträgt  $d \geq 11,5$  cm; die Dicke der Außenschale beträgt  $d = 9$  cm. Aus konstruktiven Gründen kann jedoch eine Dicke von 11,5 cm vorteilhafter sein. Die an die Konstruktion angeschlossene Schale darf die Größtwerte der Tabelle 2 nicht überschreiten.

### F Außenwand mit vorgehängter Fassade

Vorgehängte Fassadenplatten oder -tafeln können mit oder ohne zusätzliche Wärmedämmung angebracht werden. Als Werkstoffe kommen Bleche, Kunststoffe, Faserzementprodukte oder keramische Baustoffe (DIN 18515, DIN 18516) in Frage.



Formate von Mauersteinen (Beispiele)	l x b x h mm	Abmessungen von Blöcken		
		l mm	h mm	b mm
DF* NF*	240 x 115 x 52 240 x 115 x 71	240		175
2 DF 3 DF	250 x 115 x 113 240 x 175 x 113	300	175 238	240
5 DF 8 DF	240 x 300 x 113 240 x 240 x 238	365 490/495		300 365

Größere Steinformate haben den Vorteil des geringeren Arbeitszeitaufwandes und der Verringerung des Fugenanteils mit entsprechenden Kosteneinsparungen beim Mörtel  
\* DF = Dünnformat, NF = Normalformat

Wanddicke d mm	0 bis 8 m		8 bis 20 m		20 bis 100 m	
	$\epsilon = 1,0$ m <sup>2</sup>	$\epsilon \geq 2,0$ m <sup>2</sup>	$\epsilon = 1,0$ m <sup>2</sup>	$\epsilon \geq 2,0$ m <sup>2</sup>	$\epsilon = 1,0$ m <sup>2</sup>	$\epsilon \geq 2,0$ m <sup>2</sup>
115 <sup>1)</sup>	12	8	8	5	6	4
175	20	14	13	9	9	6
240	36	25	23	16	16	12
$\geq 300$	50	33	35	23	25	17

<sup>1)</sup> Bei Verwendung von Steinen der Festigkeitsklassen  $\geq 12$  dürfen die Werte dieser Zeile um 1/3 vergrößert werden.  
 $\epsilon$  ist das Verhältnis der größeren zur kleineren Seite der Ausfachungsfläche. Bei Seitenverhältnissen  $1,0 < \epsilon < 2,0$  dürfen die zulässigen Größtwerte der Ausfachungsflächen geradlinig interpoliert werden.

### Anschlüsse

Die Anschlüsse der Ausfachungen müssen die auftretenden Belastungen, vor allem aus Wind, in die angrenzende tragende Konstruktion weiterleiten. Bei der Wahl der Anschlüsse sind Einflüsse aus der Formänderung angrenzender Bauteile zu berücksichtigen. Als Anker ist ein Bewehrungsstahl oder Flacheisen etwa alle 40 cm in die Lagerfugen einzulegen (Korrosion beachten).

### Statischer Nachweis

Bei nichttragenden Ausfachungsflächen kann nach DIN 1053 auf einen statischen Nachweis verzichtet werden, wenn

- die Ausfachungen vierseitig gehalten sind, z. B. durch Anker,
- Mörtel der Mörtelgruppe II a oder III (vorzugsweise MG II a) verwendet wird,
- die zulässigen Größtwerte der Ausfachungsflächen entsprechend der Tabelle 2 nicht überschritten werden.

Für die Verbindungsmittel kann im Gegensatz zur Wand nur dann auf einen statischen Nachweis verzichtet werden, wenn diese Verbindungen offensichtlich unter Einhaltung der üblichen Sicherheit ausreichen.

### Baustoffe

Die Bausteine müssen genormt oder zugelassen sein:

- DIN 105 Mauerziegel
- DIN 106 Kalksandsteine
- DIN 398 Hüttensteine
- DIN 4165 Gasbeton-Blocksteine und Gasbeton-Plansteine
- DIN 4166 Gasbeton-Bauplatten und Gasbeton-Planbauplatten
- DIN 18148 Hohlwandplatten aus Leichtbeton
- DIN 18149 Lochsteine aus Leichtbeton
- DIN 18151 Hohlblöcke aus Leichtbeton
- DIN 18152 Vollsteine und Vollblöcke aus Leichtbeton
- DIN 18153 Mauersteine aus Beton (Normalbeton)

Steinroh-dichte kg/dm <sup>3</sup>	Wand-dicke mm	Bewertetes Schalldämmmaß R' <sub>w</sub> <sup>1)</sup> dB		k-Wert <sup>2)</sup> W/m <sup>2</sup> K		Steinroh-dichte kg/dm <sup>3</sup>	Wand-dicke mm	Bewertetes Schalldämmmaß R' <sub>w</sub> dB	ungefähiger k-Wert <sup>1)</sup> mit Zusatzdämmung aus Hartschaum oder Mineralwolle		
		x	xx	x	xx				4 cm	6 cm	8 cm
0,4	115	34	33	1,45	1,12	1,2	115	45	0,6 – 0,7	0,5	0,4
	175	39	38	1,03	0,79		175	49			
	240	41	40	0,79	0,60		240	52			
	300	44	43	0,65	0,49		300	55			
0,5	115	40	39	1,45	1,12	1,4	115	47			
	175	41	40	1,03	0,79		175	51			
	240	44	43	0,79	0,60		240	54			
	300	47	46	0,65	0,49		300	57			
0,6	115	41	40	1,54	1,23	1,6	115	48			
	175	43	42	1,11	0,88		175	51			
	240	48	47	0,85	0,67		240	57			
	300	49	48	0,70	0,54		300	58			
0,7	115	42	41	1,67	1,39	1,8	115	49			
	175	45	44	1,22	1,00		175	53			
	240	48	47	0,94	0,76		240	57			
	300	50	49	0,78	0,63		300	58			
0,8	115	43	42	1,75	1,49	2,0	115	50			
	175	46	45	1,30	1,08		175	54			
	240	49	48	1,00	0,83		240	58			
	300	51	50	0,83	0,68		300	59			
1,0	115	44	43	1,96	1,72	2,2	115	51			
	175	48	47	–	–		175	55			
	240	50	49	1,14	0,97		240	59			
	300	53	52	–	–		300	60			

x bei Verwendung von Normalmörtel (1,8 kg/dm<sup>3</sup>)  
<sup>1)</sup> mit Putz, ungefähre Werte  
xx bei Verwendung von Leichtmörtel (0,9 kg/dm<sup>3</sup>)  
<sup>2)</sup> Werte gelten für Gasbetonwände ohne Putz

### Literatur

- Stahlbau-Kalender
- Merkblätter der DGfM
  - Nichttragende gemauerte Außenwände
  - Wärmebrücken vermeiden
- Stahlbau-Arbeitshilfen
  - 44 Außenwände für Hallen
  - 44.2 Hallenwände aus Stahltrapezprofilen
  - 44.3 Hallenwände mit Stahlkassetten
  - 44.5 Hallenwände mit Gasbeton
  - 45 Tore für Hallen- und Industriebau

### In Zusammenarbeit mit:

Deutsche Gesellschaft für Mauerwerksbau e. V.  
Schloßallee 10, 53179 Bonn  
Tel.: 02 28/85 77 36, Fax. 02 28/85 74 37



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de



## 44.2 Hallenwände aus Stahltrapezprofilen



Eine Gemeinschaftsorganisation von  
stahlerzeugenden Unternehmen und dem  
Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

**Trapezprofilwände dienen dem Raumabschluß und Wetterschutz. Sie sind im Sinne der Bauordnung „nichttragende“ Außenwände. Dabei werden folgende Grundformen unterschieden:**

### 1 Einschalige nicht wärme gedämmte Wand

Die einschalige nicht wärme gedämmte Trapezprofilwand kann aus Tafeln verschiedener Profilierungen und unterschiedlicher Materialdicken bestehen und wird direkt auf die Stahlunterkonstruktion montiert.

### 2 Einschalige wärme gedämmte Wand

Zur Verbesserung dieser einfachen Standardkonstruktion kann zwischen der Innenseite der Trapezprofile und der Stahlunterkonstruktion eine Wärmedämmschicht vorgesehen werden. Hierdurch kann auch die Schalldämmung gezielt verbessert werden.

### 3 Zweischalige wärme gedämmte Wand

(a) Werden besondere Anforderungen an den Wärme-, Schall- oder Brandschutz gestellt, so kann die Wand zweischalig ausgeführt werden, d. h. zwischen zwei Stahltrapezprofilen wird die Dämmung angeordnet.

(b, c) Die konstruktive Gestaltung richtet sich nach den funktionalen Anforderungen hinsichtlich Wärme, Kälte, Schall oder Feuer. Zu diesem Wandtyp gehört auch die Kassettenwand.

### 4 Wandbekleidung aus Stahltrapezprofilen

Stahltrapezprofile können auch zur Bekleidung ausgemauert Fachwerke oder von Massivwänden mit oder ohne dazwischenliegender Wärmedämmung verwendet werden. In solchen Fällen (z. B. bei einer Industriehalle mit Einbauten im Flurbereich) dienen die Trapezprofile dem Witterungsschutz und der einheitlichen Gestaltung des Baukörpers.

### 5 Sandwich-Elemente

Alternativ zur zweischaligen Wand werden Sandwich-Elemente verwendet, die aus profilierten Stahlblech-Deckschalen und einem Kern aus Polyurethan-Hartschaum, schubfest miteinander verbunden, bestehen. Dadurch werden eine hohe Wärmedämmung ohne Durchfeuchtungsgefahr, aber auch außerordentliche Steifigkeit bei geringem Raumgewicht erreicht. Solche Sandwich-Elemente

können deshalb größere Spannweiten überbrücken; sie sind dampfdicht und kondenswassersicher.

### Anschlüsse

Besondere Sorgfalt ist auf die Ausbildung des Übergangs von der aufgehenden Wand zum Dach, sei es Traufe, Ortgang oder Attika, oder vom Dach zur aufgehenden Wand zu legen, da hier erfahrungsgemäß durch fehlerhafte Ausführung die meisten Bauschäden entstehen.

- Dazu gehört bei Attikalösungen, daß der Randwinkel des Dachaufbaus und der Befestigungswinkel der Attika sich ausreichend überschneiden und richtig befestigt sind (6).
- Es ist darauf zu achten, daß die Wärmedämmung am Übergang von der senkrechten Wand zum Dach nicht unterbrochen wird (7).
- Bei Trauflösungen mit Rinnen und bei hoher Attika bilden Holzbohlen diesen Übergang, die gleichzeitig zur Befestigung der Rinnen sowie der Attikaabdeckung dienen (8).
- Bei zweischaligen Wandkonstruktionen muß bei ausreichendem Belüftungsquerschnitt sichergestellt sein, daß Niederschlagswasser von außen nicht eindringen kann (8).

### Brandschutz

An nichttragende Stahltrapezprofilwände werden bei Gebäuden bis zu 2 Vollgeschossen im allgemeinen seitens der Bauaufsicht keine brandschutztechnischen Anforderungen gestellt. Die Wärmedämmstoffe müssen jedoch mindestens B 2-Baustoffe (normal entflammbar nach DIN 4102) sein.

Werden an nichttragende Außenwände brandschutztechnische Anforderungen gestellt, z. B. Feuerwiderstandsklasse W 90, so ist der Nachweis zu führen, daß die gewählte Wandkonstruktion den gestellten Anforderungen gemäß DIN 4102 T3 gerecht wird.

Für nichttragende Außenwände in zweischalig wärme gedämmter Ausführung mit Stahltrapezprofilen als Innen- bzw. Außenschale oder mit Stahltrapezprofilen als Außenschale und Stahlkassettenprofilen als Innenschale liegen amtliche Prüfzeugnisse vor. Darüber hinaus werden geprüfte Stahlsandwichelemente mit Mineralfaserkern angeboten.

### Windeinwirkung

Die Stahltrapez- und Kassettenprofile der nichttragenden Wandsysteme werden im wesentlichen durch Winddruck und -sog beansprucht und sind hierfür zu bemessen.

Die anzusetzenden Windlasten sind der DIN 1055 Blatt 4 zu entnehmen, wobei die erhöhten Soglasten in den 1 m breiten Wand-Randstreifen, die in den „Ergänzenden Bestimmungen“ zu dieser Norm festgelegt sind, nur beim Nachweis der Befestigungen an der Unterkonstruktion berücksichtigt werden müssen. Im übrigen sollen die maximalen Durchbiegungen der Trapezprofile unter Wind-sogbeanspruchung  $l/150$  nicht überschreiten.

### Profilformen

Die Vielzahl der auf dem Markt befindlichen Profile kann an dieser Stelle nicht dargestellt werden. Sie können nach der jeweiligen Beanspruchung und dem Gestaltungswillen der Planer aus den Profiltabellen der Hersteller ausgewählt werden.

### Literatur

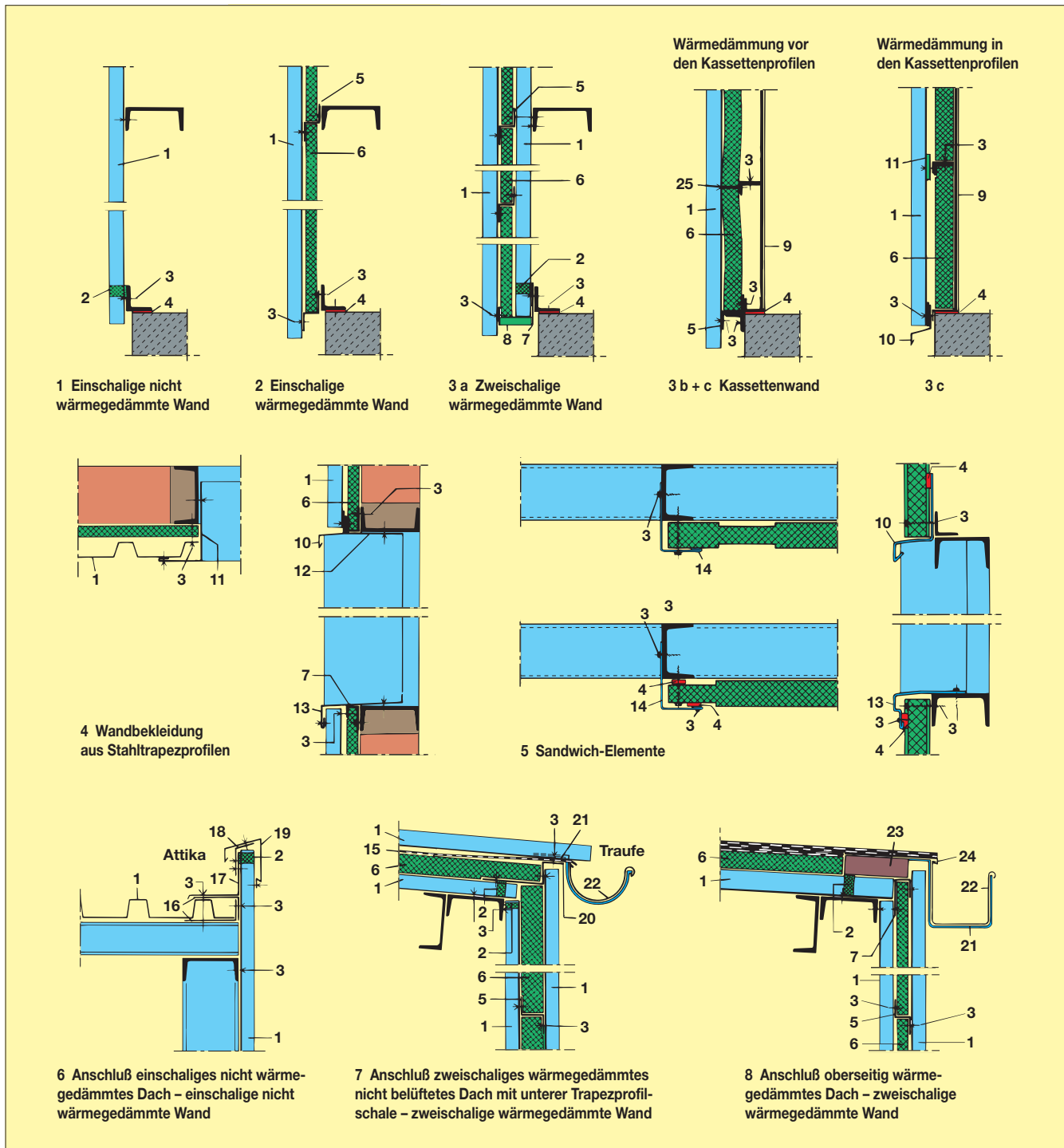
- Stahltrapezprofil im Hochbau\* sowie weitere Veröffentlichungen der IFBS, Düsseldorf, Tel. 02 11/91 42 70
- Stahlbau-Arbeitshilfen
- Stahlbau-Taschenkalender
- Merkblätter des Stahl-Informations-Zentrums, Düsseldorf

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

Industrie- und Hallenbau sind eine Domäne des Stahlbaus; die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbau-Verbandes sind dabei erfahrene Partner. Viele dieser Firmen errichten in Zusammenarbeit mit Architekten, Beratenden Ingenieuren und Bauherren komplette schlüsselfertige Hallen- und Industriebauten und arbeiten auf Wunsch auch als Generalunternehmer; sie übernehmen dann das Preis- und Terminrisiko für den gesamten Bau, für die Organisation des Bauablaufs, für die Vergabe der Nebengewerke an Subunternehmer und die Gewährleistung für die ganze Baumaßnahme. Aus ihrer Erfahrung heraus können sie Ihnen auch die im Einzelfall günstigsten Stahltrapezprofile empfehlen. Wünschen Sie im frühen Entwurfsstadium eine firmenneutrale Hilfe, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.

\* Die Zeichnungen dieser Arbeitshilfe entnehmen wir mit Genehmigung des IFBS der o. a. Veröffentlichung.

# Stahlbau Arbeitshilfe 44.2 Hallenwände aus Stahltrapezprofilen



## Legende:

- |                      |                            |  |
|----------------------|----------------------------|--|
| 1 Stahltrapezprofil  | 9 Stahlkassettenprofil     | 18 Befestigungsblech                   |
| 2 Profillfüller      | 10 Tropfprofil             | 19 Attikakappe                         |
| 3 Verbindungselement | 11 Dämmstreifen            | 20 Distanzriegel                       |
| 4 Dichtung           | 12 Oberer Zargenwinkel     | 21 Rinnenhalter                        |
| 5 Z-Profil           | 13 Sohlbankprofil          | 22 Rinne                               |
| 6 Wärmedämmung       | 14 Seitlicher-Zargenwinkel | 23 Holzbohle                           |
| 7 U-Profil           | 15 Abdeckfolie             | 24 Einlaufblech                        |
| 8 Dämmung            | 16 Randverstärkungswinkel  | 25 Verbindungselement mit Abstandhülse |
|                      | 17 Eckwinkel               |  |



BAUEN MIT STAHL

Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

## 44.3 Hallenwände mit Stahlkassetten



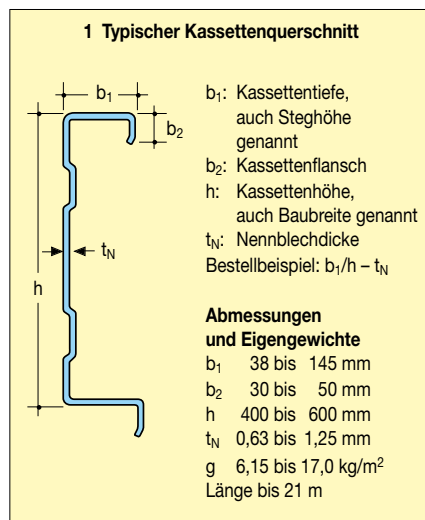
Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

### Einsatzbereich

Die Kassettenwand ist in allen Bereichen des Hochbaus einsetzbar, insbesondere im Industriebau. Als zweischalige hinterlüftete wärmegeämmte Wand dient sie dem Raumabschluß und dem Wetterschutz. Die Außenschale wird als Trapezprofil vertikal gespannt. Die Innenschale als Stahlkassettenprofil wird von Stütze zu Stütze horizontal gespannt und bildet eine fast ebene Innenfläche. Zusätzliche Horizontalriegel werden in der Fläche (außer ggf. bei Tore und Fenstern) nicht benötigt.

### Form und Abmessung

Die Kassetten werden aus einem für die Kaltverformung geeigneten Stahlband durch Rollformung hergestellt (Abb. 1).



### Bemessung

Die für die Bemessung benötigten zulässigen Schnittgrößen sind den Zulassungen der Hersteller zu entnehmen. Nach DIN 18807 Teil 3 ist eine Durchbiegungsbeschränkung in horizontaler Richtung von  $\frac{1}{150}$  vorgesehen. Bemessung der Verbindungselemente nach der Verbindungselementezulassung.\*

\* Zulassungen, Bezugsquellennachweis und Sonderdrucke erhältlich beim IFBS, Industrieverband zur Förderung des Bauens mit Stahlblech e. V., Max-Planck-Str. 4, 40237 Düsseldorf, Telefon: 02 11/9 14 27-0

### Gestaltung

Die Innenseite der Wand ist durch Wegfall der Riegel glatt, die Kassetten sind glatt oder leicht gesickt, die Fugen zwischen den einzelnen Kassetten sind kaum sichtbar. Dadurch entstehen auf den großflächigen Wänden keine nennenswerten Staubablagerungen. Die Außenansicht wird durch die Sicken der Trapezprofile ausreichend gestaltet (siehe auch Stahlbau Arbeitshilfe 44.2).

### Korrosionsschutz

Die Kassetten sind grundsätzlich beidseitig bandverzinkt. Sie können je nach Anforderung durch Kunststoffbeschichtung (Ein- oder Zweischichtsysteme) höherwertig korrosionsschutz und in vielen Farbtönen oberflächenveredelt werden.

### Wärmeschutz

Durch die Wahl des geeigneten Dämmstoffs und der Kassettentiefe (= max. Dämmstoffdicke) ist jede erforderliche Wärmedämmung zu erreichen. Durch die Trapezprofilierung der Außenschale ist eine Hinterlüftung gewährleistet. Konstruktionsbedingt ergeben sich im Bereich der Fugen und Kassettenstege Wärmebrücken, an denen

- erhöhte Wärmeverluste auftreten und
- Tauwasserbildung auf der Raumseite entstehen kann.

Wärmeverluste durch Wärmebrücken an den Kassettenstegen können weitgehend verhindert werden durch

- größere Dicke der Wärmedämmung zwischen den Kassettenstegen (Abb. 2a),
- Anordnung der Wärmedämmung vor den Kassettenflanschen (hängende Matte, Abb. 2b),
- Anordnen von Trennstreifen (z. B. aus PE, PVC, Mineralwolle, Hartfaser oder Kombinationen) an den Kassettenflanschen.

Wärmeverluste durch Luftaustausch an den Längs- und Querfugen der Kassetten können verhindert und die Winddichtheit kann gesichert werden durch

- Einlegen von Dichtungsbändern, Kitt- oder Kautschukschnüren,
- Abdichten durch spritzbare Dichtmassen.

Bei gelochten Kassetten kann die Wärmedämmung mit PVC-Folie umhüllt und gegen Verschieben gesichert werden.

### Schallschutz

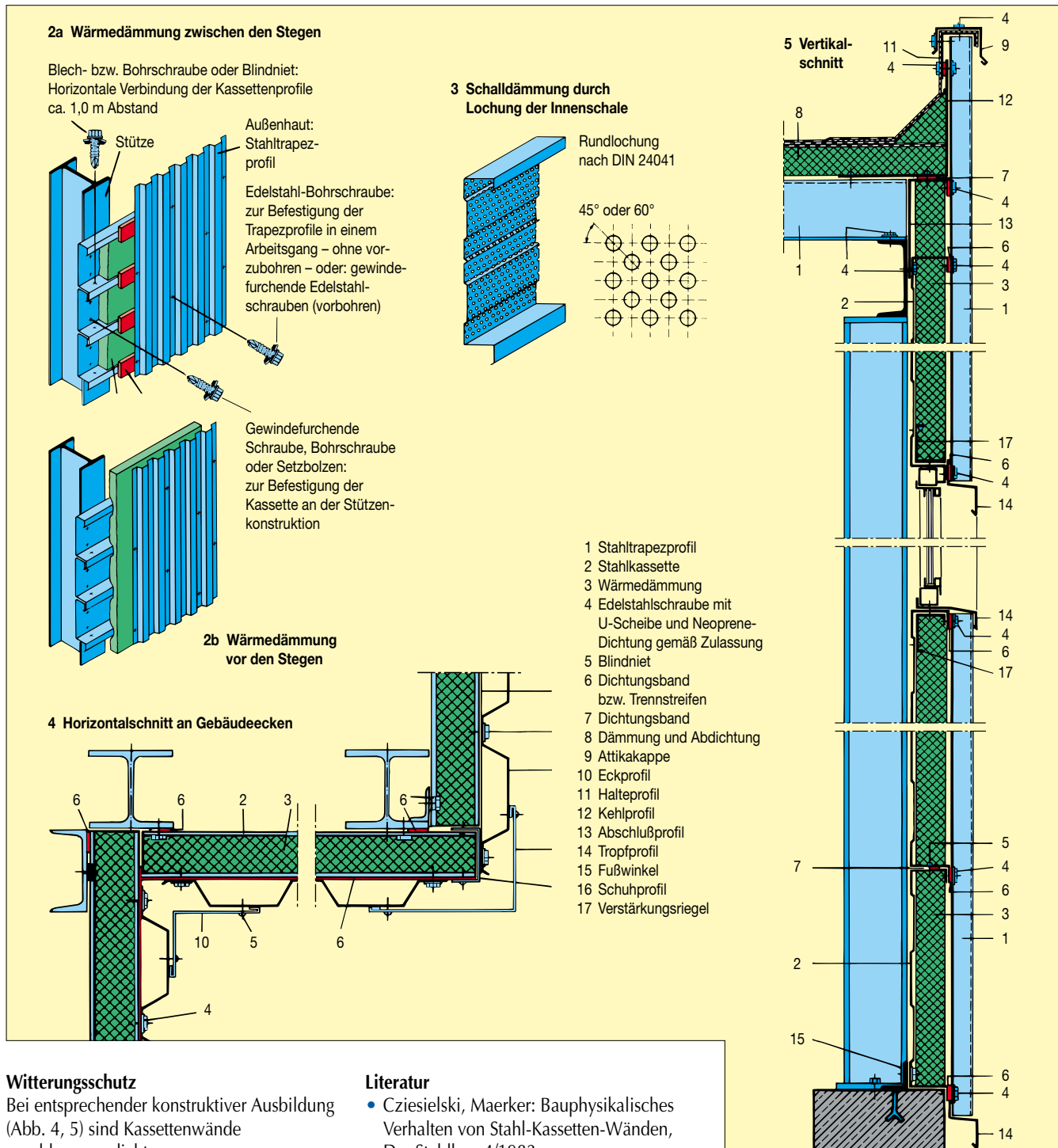
Ebenso wie mehrschalige Trapezprofilwände erfüllen Kassettenwände besonders gut die Anforderungen im Hinblick auf Schalldämmung und Schallschluckung.

- Schalldämmung  
Auf gute Schalldämmung muß z. B. bei geringem Abstand von Industriehallen zu Wohngebäuden großer Wert gelegt werden. Durch geeignete Dämmstoffe können Schalldämm-Maße von  $R_w = 45 - 50$  dB erreicht werden. Nicht große lichte Schalenabstände sind ausschlaggebend, sondern
  - die Rohdichte und
  - der spezifische Strömungswiderstand des Dämmstoffs sowie
  - die Profilierung der Schalen und
  - die konstruktive Ausbildung des gesamten Wandaufbaus.

- Schallschluckung  
Im Interesse der Beschäftigten in Industriehallen sollte die Nachhallzeit und damit der Hallen-Innenpegel möglichst niedrig gehalten werden. Eine Erhöhung der Schallabsorption ist allerdings nur dann sinnvoll und wirtschaftlich vertretbar, wenn eine Pegelminderung um mindestens 3 dB erreicht werden kann (das bedeutet eine Verdoppelung des vorhandenen Schallschluckvermögens). Ist das nicht erreichbar, müssen geeignete Maßnahmen an den einzelnen Arbeitsplätzen (Schallquellen) getroffen werden. Schallschluckung wird erreicht durch
  - Lochung der Innenschale der Kassettenwand mit runden Löchern nach DIN 24041, deren Ausstanzungen gleichzeitig den Dämmstoff halten (Abb. 3)
  - sowie durch
  - Dämmstoffe mit geringer Rohdichte und Offenporigkeit.

### Brandschutz

Die Kassettenwand ist nicht brennbar, wenn für die Wärmedämmung Baustoffe mindestens der Klasse A 2 nach DIN 4102 eingesetzt werden. Eine Wand mit Blechdicken von  $t_N = 1$  mm, 90 mm Mineralfaserdämmung und Trennstreifen aus 14 mm Silikat-Asbest wird als feuerbeständig (W 90-A) eingestuft, sofern auch die Unterkonstruktion feuerbeständig ist.



### Witterungsschutz

Bei entsprechender konstruktiver Ausbildung (Abb. 4, 5) sind Kassettenwände

- schlagregendicht,
- winddicht,
- sanddicht (wichtig für den Einsatz in Ländern des Nahen Ostens).

In allen Fällen ist auf eine einwandfreie Ausbildung der An- und Abschlüsse an den Gebäudekanten sowie an den Längs- und Querstößen zu achten.

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.

### Literatur

- Cziesielski, Maerker: Bauphysikalisches Verhalten von Stahl-Kassetten-Wänden, Der Stahlbau 4/1982
- Lubinski: Die Stahl-Kassettenwand, Bauphysikalisches Verhalten, Bauingenieur 57/1982
- Schmiedel: Schallabsorbierende Trapezprofilkonstruktion, Zentralblatt für Industriebau 11/1980
- DIN 1055 Teil 4: Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten, Windlasten nicht schwingungsanfälliger Bauwerke
- DIN 18807: Trapezprofile im Hochbau, Stahltrapezprofile



BAUEN MIT STAHL

Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: [www.bauen-mit-stahl.de](http://www.bauen-mit-stahl.de)  
E-Mail: [zentrale@bauen-mit-stahl.de](mailto:zentrale@bauen-mit-stahl.de)

## 44.5 Hallenwände mit Porenbeton

Stahlskelettkonstruktionen können mit Porenbeton-elementen geschlossen werden. Porenbeton ist ein dampfgehärteter Baustoff, der aus gemahlenem Quarzsand mit Zement und/oder Kalk gebunden und unter Zugabe von geringfügigen Mengen Aluminiumpulver oder -paste und Wasser zum Auftreiben gebracht wird. Die Rohlinge werden vor der Dampfhärtung in Platten oder Blöcke geschnitten. Die Bewehrung von Porenbetonmontagebauteilen ist mit einem dauerhaften Korrosionsschutz nach DIN 4223 bzw. Zulassungsbescheid versehen.

### Wärmedämmung

Porenbeton ist ein Baustoff mit hoher Wärmedämmung, der mit üblichen Wanddicken die Anforderungen der Wärmeschutzverordnung und der zukünftigen Energieeinsparverordnung erfüllt. Wärmespeicherung, Auskühlverhalten und Amplitudendämpfung (Außen-/Innentemperatur) wirken sich günstig auf das Raumklima aus.

### Brandschutz

Porenbeton gehört nach DIN 4102 als mineralischer Baustoff zur Baustoffklasse A1 „nicht brennbar“. Bei entsprechender Dimensionierung sind die Anforderungen aller Feuerwiderstandsklassen erfüllbar. Mit Porenbeton können sowohl Brandwände nach DIN 4102 Teil 3 als auch Komplextrennwände (F 180) ausgeführt werden.

### Schallschutz

Porenbetonwände sind für den innerbetrieblichen Schallschutz am Arbeitsplatz und den Immissionsschutz benachbarter Gebiete durch einen hohen Absorptionsgrad und eine hervorragende Luftschalldämmung besonders günstig. Nach DIN 4109 gibt es auf die Gewichtstabelle 1 nach Beiblatt 1 einen Bonus von 2 dB. Da mit der Absenkung des Innengeräuschpegels auch die Immissionswerte gemindert werden, können mit Porenbetonbauteilen Werte erreicht werden, die allgemein nur schweren Wand- und Dachbaustoffen zugeordnet werden.

### Feuchtigkeitschutz

Austrocknung bzw. Wasseraufnahme unterliegen Gesetzmäßigkeiten, die den Porenbeton von nicht porösen Baustoffen unterscheiden. Der Feuchtetransport erfolgt durch Wasserdampfdiffusion über luftgefüllte Poren, gleichzeitig aber auch durch Wasserbewegung in den Kapillaren. Porenbeton neigt deshalb nicht zur Feuchtigkeitsanhäufung an gefährdeten Stellen des Wand- oder Dachquerschnitts. Dies ist bei der Beurteilung der inneren Kondensation oder einer feuchtetechnischen Berechnung zu beachten. Trotz der Porenstruktur ist z. B. die Saugfähigkeit erheblich niedriger als bei Ziegelbaustoffen. Werden Porenbetonaußenwände nach Herstellerangaben funktionsgerecht, d. h. regenabweisend und diffusionsoffen beschichtet, so sind eine Austrocknung der Produktionsfeuchte in 1,5 bis 2 Jahren und ein dauerhafter Witterungsschutz gewährleistet.

### Konstruktive Anwendung

Je nach Funktion werden Porenbeton-Bauteile verwendet als

- **Wandplatten**, liegend oder stehend angeordnet, zwischen, vor und hinter einer tragenden Skelettkonstruktion montiert,
- **Sturzwandplatten** über Tor- und Fensteröffnungen,
- **Tragende Wandtafeln**, geschosshoch, für Keller- und Geschosswände.

### Berechnung, Bemessung, Befestigung

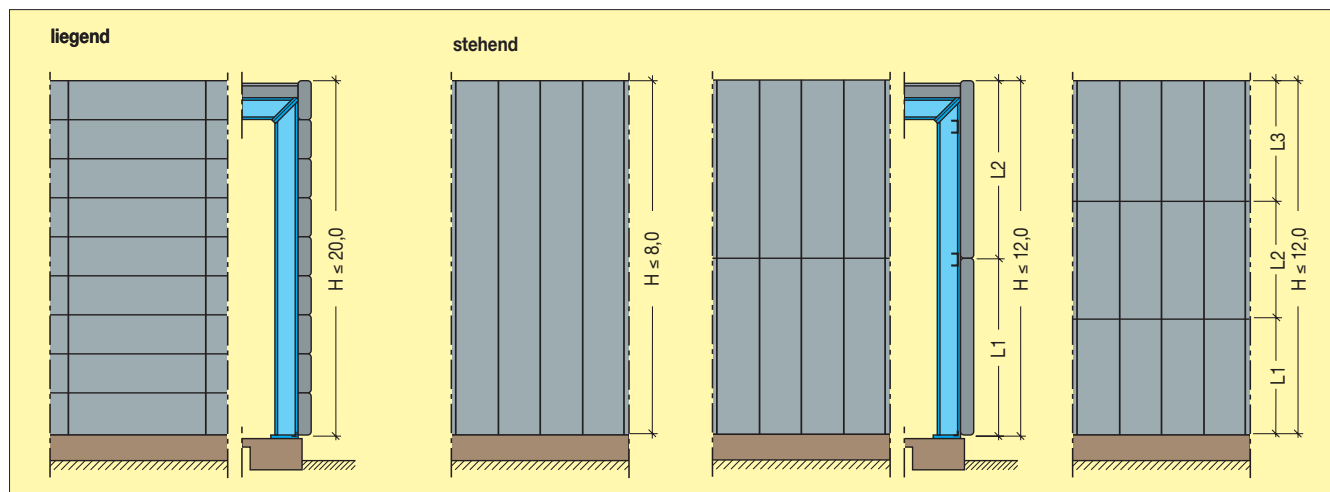
Die statische Berechnung, die Bemessung und die Montagepläne werden auf der Grundlage des Architektenentwurfs unter Berücksichtigung der Normen und Zulassungen vom Porenbetonwerk vorgenommen und geliefert.

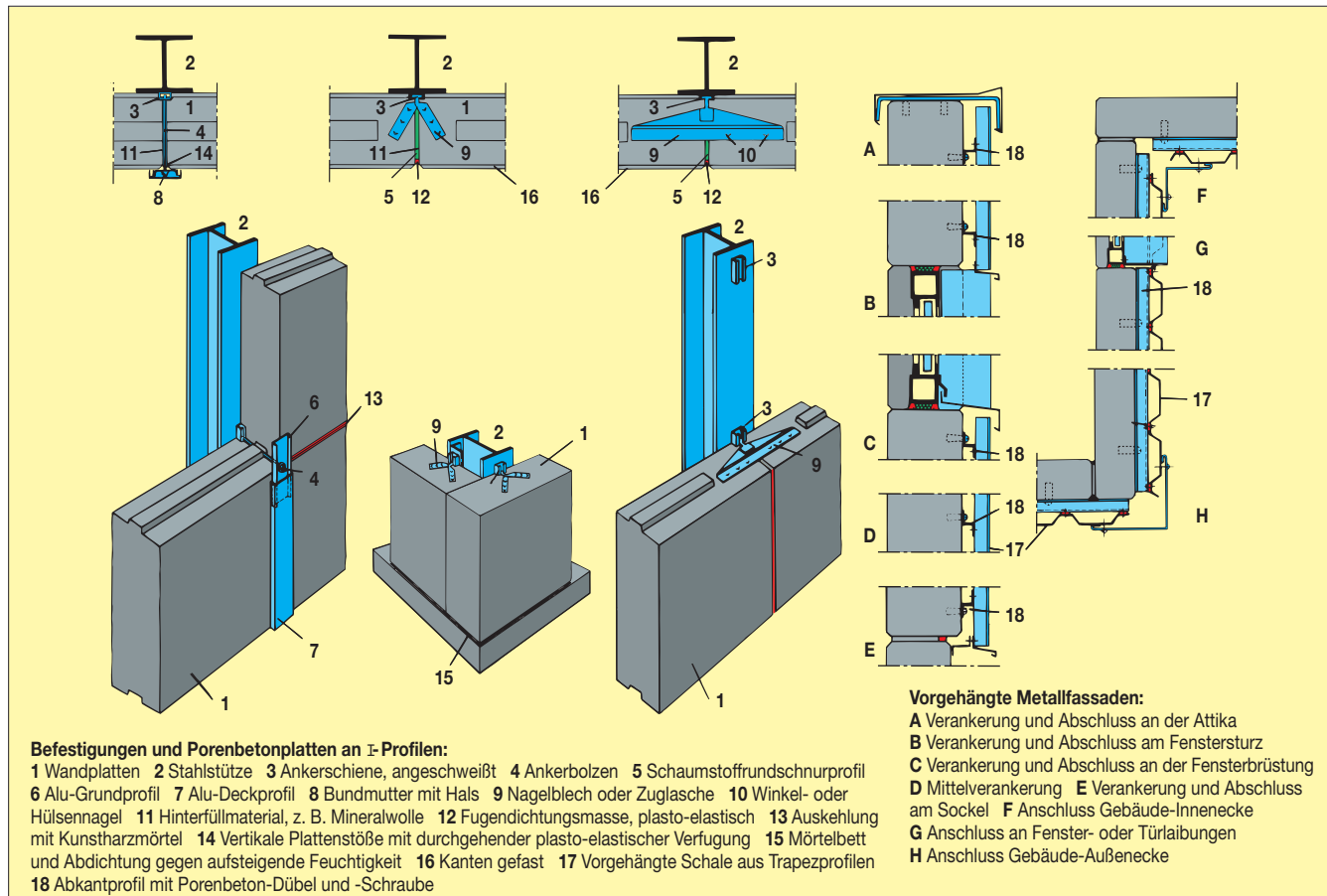
#### Abmessungen von Porenbeton

- Regelbreite 500/625/750 mm
- Regeldicke 100 bis 300 mm
- Länge in der Regel bis 6.000, auch 8.000 mm möglich
- Festigkeitsklassen: P 2,2/P 3,3/P 4,4  
Rohdichteklassen: 0,40 bis 0,70
- Rechenwerte der Eigenlasten: 0,4:5,2; 0,45:5,7; 0,5:6,2; 0,55:6,7; 0,60:7,2; 0,65:7,8; 0,70:8,4
- Sonderprofile (Passplatten)

Je nach Art der Befestigung der Wandplatten beträgt die maximal zugelassene Wandhöhe bei horizontaler Anordnung ohne Zwischenabfangung 20 Meter. Bei vertikaler An-

Bild 1: liegende und stehende Anordnung von Porenbetonplatten





nung können bis zu 3 Platten übereinander gestellt werden. Dann beträgt die maximale Wandhöhe 12 Meter (Bild 1).

Porenbetonplatten werden befestigt:

- ohne Verguss mit Nagelblechen, Laschen oder Ankerbolzen
- mit Verguss mit Flachstahllaschen, Rundstahlschlaufen, Attikaverankerungen oder Ankerschlaufen. Die Befestigungsmittel einschließlich der Ankerschienen bestehen aus rostfreiem Stahl.

Wandplatten werden ohne und mit Nut und Feder geliefert.

### Fugen und Verfugung

Entsprechend den Beanspruchungen wird zwischen Fugen mit nur dichtender Funktion (z. B. Horizontalfugen liegender Wandplatten) und solchen, die zusätzliche Verformungen aufzunehmen haben, unterschieden. Für Fugen mit nur dichtender Funktion haben sich Kunststoffmörtel bewährt (Lit.).

### Wetterschutz-Beschichtungen

Porenbeton-Wandplatten sind grundsätzlich zu beschichten. Bei längerer Rohbaustandzeit ist eine Grundierung zu empfehlen. Insgesamt sollten mindestens 1.800 g/m<sup>2</sup> Beschichtungsmittel aufgebracht werden. Starre Fugen können,

Bewegungsfugen dürfen jedoch nicht überstrichen werden. Dunkel oder sattgetönte Beschichtungen sind zu vermeiden (Wärmebelastungen). Es dürfen nur Beschichtungssysteme verwendet werden, die die Hersteller ausdrücklich für Porenbeton empfehlen (Lit.).

### Literatur

- Zulassungen der Hersteller für bewehrte Porenbeton-Wandplatten W und Zulassung des Bundesverbandes Porenbeton für Verankerungsmittel für Porenbetonmontagebauteile
- Berichtshefte des Bundesverbandes Porenbetonindustrie:
  - Heft 6 „Bewehrte Wandplatten-Fugenausbildung“
  - Heft 7 „Oberflächenbehandlung – Putze – Beschichtungen – Bekleidungen“
  - Heft 16 „Bewehrte Wandplatten – Hinterlüftete Außenwandbekleidungen“
  - Porenbeton-Handbuch, 4. durchgesehene Auflage
- Stahlbau Arbeitshilfen
  - 44 Außenwände
  - 44.1 Mauerwerk im Hallenbau
  - 44.2 Hallenwände mit Stahltrapezprofilen
  - 44.3 Hallenwände mit Stahlkassetten
- Rösler/Witte, Hallen aus Stahl, DSTV

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Beratung, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.

Diese Stahlbau Arbeitshilfe entstand in Zusammenarbeit mit:  
 Bundesverband Porenbetonindustrie e. V.  
 Dostojewskistr. 10  
 65187 Wiesbaden  
 Postfach 1826  
 65008 Wiesbaden  
 Telefon: 06 11/98 50 44-0  
 Telefax: 06 11/80 97 07



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

## 45 Tore für Hallen- und Industriebau



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

Das Industrietor, früher nur ein Verschluss der Halle, ist heute ein wichtiges Bauteil. Neben den bisherigen Entscheidungskriterien

- Wirtschaftlichkeit,
- Wartungsfreundlichkeit,
- lange Lebensdauer und
- Nutzungssicherheit

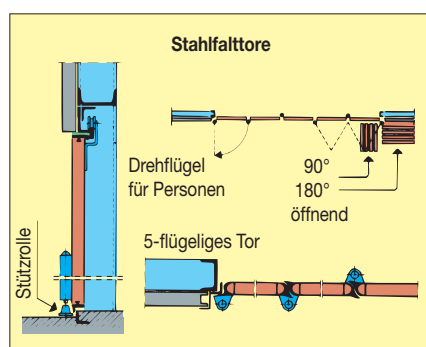
fordert der Bauherr heute verstärkt Schutzfunktionen gegen Witterung, Schall und Schmutz.

### Stahlfalttore

Stahlfalttore sind mehrflügelige Tore mit Entlastungsrollen, seitlich angeschlagen, je nach Flügelzahl nach links und rechts faltend. Ihre Vorteile:

- hervorragende Wärmedämmung durch Sandwich-Konstruktion mit Polyurethan-Hartschaum-Kern
- Schalldämmung und Betriebssicherheit durch umlaufende, großvolumige Gummidichtungen
- witterungsbeständig durch verzinkte und acrylharzeinbrennlackierte Feibleche
- leichter Einbau durch Zargenkonstruktion

Beim Öffnen legen sich die Torblätter leporello-artig zusammen; bei einem Öffnungswinkel von 90° wird die lichte Torbreite etwas eingeschränkt, bei einem Öffnungswinkel von 180° lässt sich dies vermeiden.

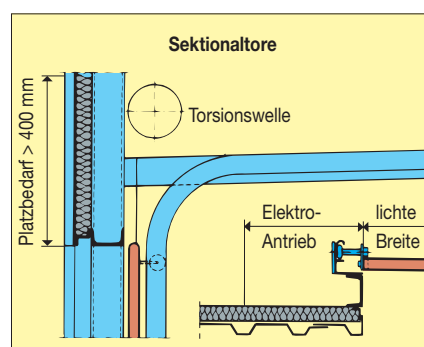


Die Sicherheitsanforderungen für kraftbetätigte Tore sind in europäischen Normen zusammengefasst. Wesentlich sind insbesondere die Normen DIN EN 12604 Tore – Mechanische Aspekte, Anforderungen, DIN EN 12453 Tore – Nutzungssicherheit, Anforderungen – mit den jeweiligen Prüfnormen DIN EN 12605 und DIN EN 12445 sowie DIN EN 12978 Türen und Tore, Anforderungen und Prüfverfahren. Keine der Normen sieht eine Nachrüstpflicht vor.

Für den Altbestand gelten daher nach wie vor die Richtlinien für kraftbetätigte Fenster, Türen und Tore (ZH 1/494) des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften sowie die §§ 9 – 11 der Verordnung über Arbeitsstätten (1975) und die §§ 28 – 29 der BG Vorschrift „Allgemeine Vorschriften (BGV A 1) (1991). Zum Altbestand zählen unter mechanischen Gesichtspunkten Tore, die vor dem 1.11.2000 eingebaut wurden. Unter dem Aspekt Nutzungssicherheit gehört ein kraftbetätigtes Tor zum Altbestand, wenn es vor dem 1.6.2001 eingebaut wurde.

### Sektionaltore

Sektionaltore bestehen aus wenigen, unterschiedlich gestaltbaren Sektionen, die in der Regel scharnierend miteinander verbunden sind. Die einzelnen Sektionen werden nicht aufgewickelt, sondern (mit E-Antrieb oder



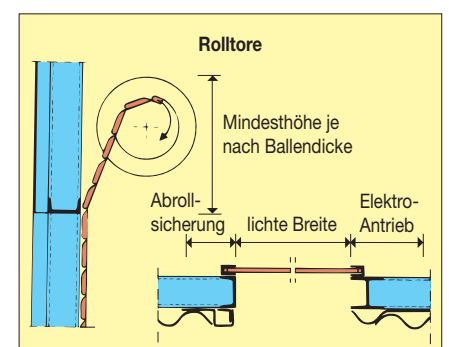
manuell) unter die Decke geschoben. Ein besonderer Vorteil gegenüber Rolltoren ist der schnellere Öffnungs- bzw. Schließvorgang. Den Gewichtsausgleich übernehmen Torsionsfederwellen im Sturzbereich; kleinere Tore besitzen auch seitlich angeordnete Zugfedern.

Der Platzbedarf (insbesondere für die gewichtsausgleichende Torsionsfederwelle, Zugfeder oder E-Antrieb) entspricht dem bei Rolltoren. Die Einschubtiefe ist etwas länger als bei Stahlfalttoren jedoch in jedem Fall größer als die Torhöhe. Sofern kein spezielles Schnellläuftor, das Öffnungsgeschwindigkeiten bis zu 4 m/s erreicht, angeboten wird, kann von folgenden Standardwerten ausgegangen werden:

- Rolltore: mittlere Laufgeschwindigkeit min. 1 m/s
- Schiebetore und Rundläuftore: Laufgeschwindigkeit 0,2 m/s
- vertikal bewegte Tore: Hubtore 0,2 m/s, Sektionaltore 0,2 – 0,3 m/s

### Rolltore

Rolltore haben von allen Torarten den geringsten Platzbedarf. Sie bestehen aus scharnierartig miteinander verbundenen Profilen oder Gitterelementen (Rollgitter). Das aufgerollte Tor liegt geschützt im Sturzbereich der Öffnung (Platzbedarf je nach Ballendicke) und gibt die gesamte lichte Höhe und Breite frei.



Die Hub- oder Senkbewegung geschieht zügig, geräuscharm und mit guter seitlicher Führung. Die Antriebs Elemente (E-Motor oder Federwelle bei Rollgittern) sind vor Beschädigungen geschützt, da sie fast ausschließlich hinter dem Sturz liegen. Die ein- oder doppelwandigen Profile sind durch so genannte Endstücke gegen seitliches Verschieben gesichert. Das untere Abschlussprofil ist verstärkt und trägt die untere Gummiabdichtung und die Schließkantensicherung.

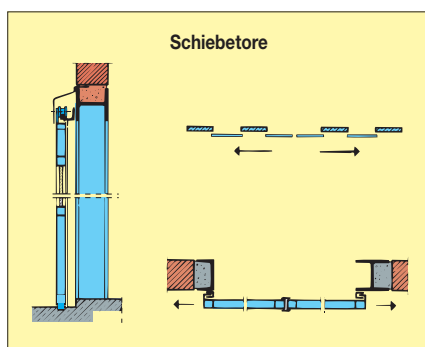
Allgemeine Maßangaben liegen nicht vor, doch sind auch 25 m und mehr Öffnungsweite keine Seltenheit. Grundsätzlich ist diese Torart jedoch insbesondere für relativ hohe und schmale Öffnungen geeignet.

### Schiebetore

Zu unterscheiden sind – je nach Auflagerung des Torgewichts – untenlaufende, freitragende und obenlaufende Schiebetore; die beiden ersten vorwiegend als Grundstückseinfahrtore verwandt, das obenliegende vorwiegend als Hallentor.

Bei größeren Hallenhöhen und -breiten empfiehlt sich meist die Variante „untenrollend mit oberer Führung“.

Bei der Öffnungsweite ist zu beachten, dass bei der Öffnung des Tores seitlich genügend Raum zum Abstellen des Flügels verbleibt; dieser Raum lässt sich durch ein „Teleskop-schiebetor“ verringern, bei dem zwei oder mehr Torblattsektionen parallel hintereinander angeordnet werden (hierbei allerdings Reduzierung des seitlichen Platzbedarfs).



Tortypen und ihre Anwendungsbereiche	Stahlfalltore	Schiebetore	Rolltore	Sektionaltore
1 Fertigungshallen	•	•	•	•
2 Lagerhallen	•	•	•	•
3 Lagerhallen mit Verladerrampe	o	o	•	•
4 Montagehallen	•	•	•	•
5 Werkstätten für Handwerk	•	•	•	•
6 Autobahnmeisterei	•	•	•	•
7 Fahrzeugpflegehallen	•	•	o	•
8 LKW-Garagen	•	o	•	o
9 PKW-Garagen		o	•	•
10 Munitionsdepos	•	o	o	o
11 Geräteschuppen	•	•	•	o
12 Flugzeughallen	•	•	•	
21 Turnhallen		•	o	
22 Ausstellungshallen	•	o	•	•

• = sinnvoll    o = möglich

### Literatur

- Richtlinien für kraftbetätigte Fenster, Türen und Tore, Ausgabe 1989 (Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaft, Bonn)
- Verordnung über Arbeitsstätten, §§ 9 – 11
- BG-Vorschrift „Allgemeine Vorschriften“ (BGV A 1) 1, §§ 28 + 29 (1991)
- Stahlbau Arbeitshilfen
  - 44 Außenwände für Hallen
  - 44.2 Hallenwände aus Stahltrapezprofilen
  - 44.3 Hallenwände mit Stahlkassetten

### Sicherheit: ausgereifte Technik und qualifizierte Beratung

Industrie- und Hallenbau sind eine Domäne des Stahlbaues; die Mitgliedsfirmen des Deutschen Stahlbau-Verbandes sind dabei erfahrene Partner.

Viele dieser Firmen errichten in Zusammenarbeit mit Architekten, beratenden Ingenieuren und Bauherren komplette schlüsselfertige Hallen- und Industriebauten und arbeiten auf Wunsch auch als Generalunternehmer; sie übernehmen dann das Preis- und Terminrisiko für den gesamten Bau, für die Organi-

sation des Bauablaufs, für die Vergabe der Nebengewerke an Subunternehmer und die Gewährleistung für die ganze Baumaßnahme. Aus ihrer Erfahrung heraus können sie Ihnen auch den im Einzelfall günstigsten Tor-Typ empfehlen.

Die Organisation BAUEN MIT STAHL steht Ihnen mit ihren Ingenieuren ebenfalls gern zur Verfügung

- wenn Sie (z. B. im frühen Entwurfsstadium) eine firmenneutrale Beratung wünschen oder
- wenn Sie (auch im Gespräch mit den Behörden) die erforderlichen und angemessenen Maßnahmen bei einem konkreten Stahlbauprojekt ermitteln wollen.
- Weitere Auskünfte erteilt:  
BVT – Verband Tore  
An der Pöt 48, 40885 Ratingen,  
Tel. (0 21 02) 2 10 21 86-200

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Hilfe, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de



## 46 Sandwichelemente



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

### Allgemeines

Sandwichelemente sind leichte, industriell vorgefertigte Dach- und Wandbauteile, die auf der Baustelle einfach und schnell montiert werden können. Sie bestehen in der Regel aus zwei dünnen Deckblechen, die durch einen Kern aus Hartschaum (z. B. Polyurethan) oder Mineralwolle schubfest miteinander verbunden sind, so dass ein tragender Verbundquerschnitt entsteht. Ihre Hauptvorteile sind

- hohe Tragfähigkeit bei geringem Gewicht,
- einfache, leichte, schnelle und kostengünstige Montage,
- Innenverkleidung, Wärmedämmung und Außenhaut in einem einzigen Arbeitsgang.

### Ausführungen

Sandwichelemente gibt es mit profilierten und quasi-ebenen Deckschichten (Abb. 1 und 2). Für den Dachbereich werden hauptsächlich

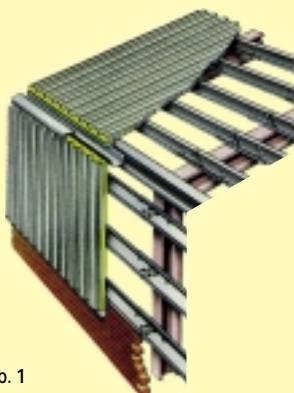
Elemente mit einer profilierten Deckschicht verwendet (Abb. 3), für Wandbauteile dagegen häufiger Elemente mit zwei quasi-ebenen Deckschichten (Abb. 4).

### Montage und Verlegung

Dachbauteile werden in der Regel in Richtung der Dachneigung angeordnet, Wandbauteile können sowohl vertikal (stoßfrei bis ca. 18 m) als auch horizontal eingesetzt werden.

### Berechnung

Geschlossene Formeln zur Ermittlung der anteiligen Schnittgrößen und Spannungen in den Teilkomponenten der Elemente nach der Theorie des nachgiebigen Verbundes liegen zwar vor, sind jedoch nur für Standardfälle handhabbar. Für verschiedene Grundfälle wurden Näherungslösungen entwickelt (siehe Literatur), für weitergehende Probleme sind mittlerweile Softwarelösungen verfügbar.

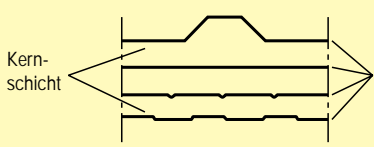


**Abb. 1**

Polyurethan (PUR) Hartschaum, Dichte  $\rho = 40 - 50 \text{ kg/m}^3$   
„FCKW“-freie Treibmittel: R141b, R22/142b, R134a, Penthan, CO<sub>2</sub> selbsthaftend

Polystyrol (PS) Hartschaum, Dichte  $\rho \geq 15 \text{ kg/m}^3$   
mit den Deckschichten verklebt

Mineralwolle Dichte  $\rho = 90 - 150 \text{ kg/m}^3$   
mit den Deckschichten verklebt



**Werkstoff**  
Stahlblech  $t_N = 0,40 - 1,00 \text{ mm}$   $\beta_S = 280 - 350 \text{ N/mm}^2$   
Korrosionsschutz nach DIN 55028


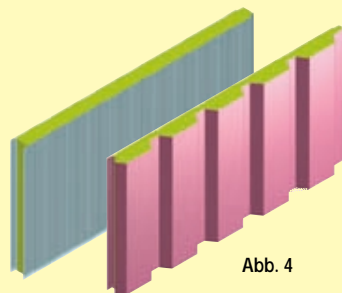
**Geometrie**

eben  
liniert oder gesickt  
0,5 - 3 mm  
0,5 - 8 mm

trapezprofiliert  
20 - 50 mm

**Abb. 2**

**Abb. 3**

**Abb. 4**

$$1,85 \cdot \sigma_L + 1,3 \cdot \sigma_T \leq \frac{\sigma_k}{\beta_s}$$

Abb. 5

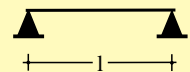


Abb. 6

$$1,1 \cdot (\sigma_L + \psi \cdot \sigma_T) \leq \frac{\sigma_k}{\beta_s}$$

Abb. 7

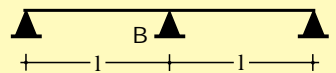


Abb. 8

### Nachweise

Sandwichelemente können nur auf der Basis von allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen eingesetzt werden. In Anlehnung an das Sicherheitskonzept der Euronormen sind für die Nachweise gammafache Spannungen und Schnittgrößen den Versagenswerten gegenüberzustellen. Nachzuweisen sind insbesondere die Grenznormalspannungen (Knitterspannung  $\sigma_k$  bzw. Fließspannung  $\beta_s$ ) in den Deckschichten und die Grenzschubspannungen im Kern sowie die Verbindungen mit der Unterkonstruktion.

Der Tragfähigkeitsnachweis für die Deckschicht-Druck- und -Zugspannungen ist unter der Annahme von Knittergelenken über den Stützen am Einfeldträger zu führen. Die 1,85-fachen Spannungen aus äußeren Lasten ( $\sigma_L$ ) plus die 1,3-fachen Spannungen aus Temperaturdifferenzen zwischen den Deckschichten ( $\sigma_T$ ) sind zu überlagern und den Grenzwerten gegenüberzustellen (Abb. 5 und 6).

Beim Gebrauchsfähigkeitsnachweis der Deckschichtspannungen ist der Nachweis am Gesamtsystem zu führen. Hier gilt sowohl für die Spannungen aus äußeren Lasten als auch für diejenigen aus Temperatur ein  $\gamma_M$  von 1,1, wobei bei Gebäuden mit normalen Innentemperaturen die Temperaturdifferenzspannungen mit dem  $\psi$ -Faktor 0,9 abgemindert werden dürfen (Abb. 7 und 8).

### Konstruktionshinweise

Durch den (gewünschten) hohen Dämmwert der Kernschicht erwärmen sich die Deckschichten sehr unterschiedlich. Während die äußere Deckschicht Temperaturschwankungen zwischen + 80 °C im Sommer unter direkter Sonneneinstrahlung und - 20 °C im Winter ausgesetzt ist, behält die innere weitestgehend die Temperatur des umschlosse-

nen Raumes. Infolgedessen dehnen sich die Deckschichten unterschiedlich aus. Werden die resultierenden Verformungen z. B. durch biegesteife Deckschichten oder mehrfeldrig gespannte Platten behindert, führt dies zu Zwängungen. Im Sommer entstehen dabei z. B. bei Durchlaufträgern Beanspruchungen im Bereich der Zwischenauflager, die doppelt so groß wie diejenigen aus äußeren Lasten

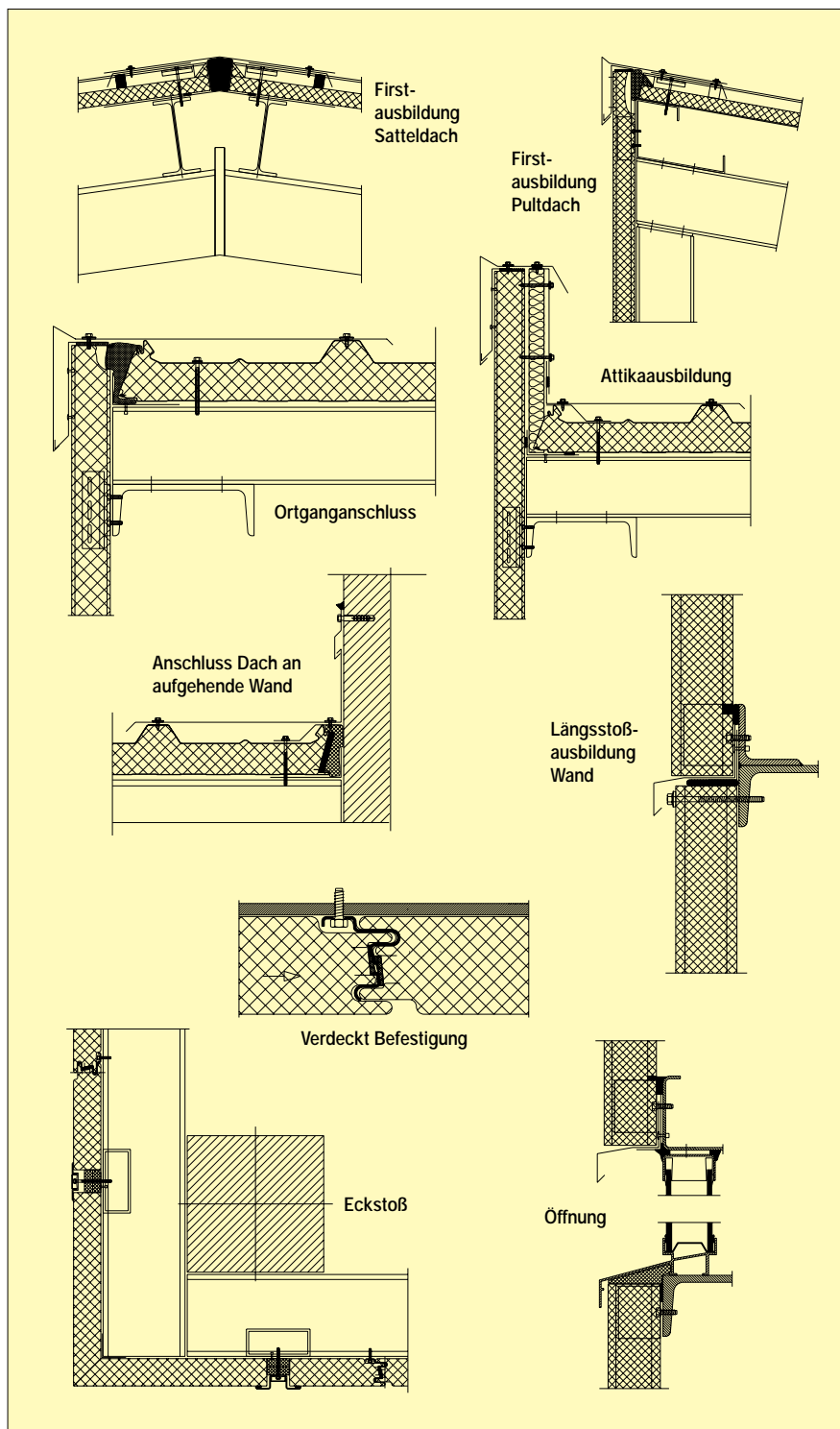
werden können. Zusätzlich ergeben sich dabei erhebliche abhebende Kräfte, die bei der Bemessung der Verbindungsmittel zu berücksichtigen sind.

Die Befestigung der Sandwichelemente erfolgt meist über direkte Verschraubung auf der Unterkonstruktion, für den Wandbereich sind auch Systeme zur verdeckten Befestigung verfügbar, so dass der Eindruck einer ungestörten Fläche entsteht.

Die quasi-ebenen Deckschichten reagieren empfindlich auf Störstellen wie Auflager und Verschraubungen. Dies führt zu einer Abnahme der aufnehmbaren Druckkräfte in diesen Bereichen. Unter anderem können dadurch nicht unbeschränkt viele Verbindungsmittel nebeneinander angeordnet werden.

### Literatur

- K. Stamm, H. Witte: Sandwichkonstruktionen. Springer Verlag, Wien/New York, 1974.
- K. Schwarze: Numerische Methoden zur Berechnung von Sandwichelementen. Stahlbau 12/1984.
- O. Jungbluth: Verbund- u. Sandwichtragwerke. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 1986.
- E. Wölfel: Nachgiebiger Verbund. Eine Näherungslösung und deren Anwendungsmöglichkeiten. Stahlbau 6/1987.
- K. Berner: Praxisgerechte Nachweise zur Trag- und Gebrauchsfähigkeit von Sandwichbauteilen. Stahlbau 12/1998.



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: [www.bauen-mit-stahl.de](http://www.bauen-mit-stahl.de)  
 E-Mail: [zentrale@bauen-mit-stahl.de](mailto:zentrale@bauen-mit-stahl.de)

## 61.0 Bauaufsichtliche Bestimmungen



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

### Einführung

Grundlage für die Bauausführung sind die in den Landesbauordnungen festgelegten Anforderungen an Standsicherheit, Wärme- und Schallschutz, an den Schutz der Gesundheit und der Umwelt und an den Brandschutz. Die Landesbauordnungen basieren weitgehend auf der Musterbauordnung MBO der ARGEBAU. Sie enthalten darüber hinaus landesspezifische Regelungen. In der Bauordnung werden die grundlegenden Schutzziele – Personen- und Sachwertschutz – definiert. In § 14 MBO heißt es: „Bauliche Anlagen müssen so beschaffen sein, dass der Entstehung und Ausbreitung von Rauch und Feuer (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.“

### Musterbauordnung

#### Gebäudeklassen

Die Brandschutzanforderungen richten sich nach der Gebäudehöhe und Zahl und Größe der Nutzungseinheiten. Nutzungseinheiten können Wohnungen, Büros, Praxen, Läden oder andere Verwaltungseinheiten sein. In der Musterbauordnung werden Gebäude nach § 2(3) in fünf Klassen unterteilt.

#### Allgemeine Anforderungen

##### § 3(1) MBO:

„Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass die öffentliche Sicherheit und Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit und die natürlichen Lebensgrundlagen, nicht gefährdet werden.“ Es dürfen nur bauaufsichtlich zugelassene Bauprodukte und Bauarten verwendet werden. Die allgemein gültigen technischen Regeln sind zu beachten.

In den Landesbauordnungen sind die erforderlichen Zugänge und Zufahrten auf dem Grundstück für Feuerwehr und Rettungsfahrzeuge geregelt. Abstandsflächen zu den Nachbargebäuden sind einzuhalten, um die Brandausbreitung auf benachbarte Häuser zu verhindern.

#### Erster und zweiter Rettungsweg

Jede Nutzungseinheit mit Aufenthaltsräumen muss in jedem Geschoss über mindestens zwei voneinander unabhängige Rettungs-

wege erreichbar sein. Der erste Rettungsweg muss über eine notwendige Treppe führen. Die Rettungsweglänge darf 35 m nicht überschreiten. Der zweite Rettungsweg kann über Rettungsgeräte der Feuerwehr hergestellt werden.

#### Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen

Baustoffe werden nach ihrem Brandverhalten unterschieden in

1. nicht brennbar – A
2. schwerentflammbar – B1
3. normalentflammbar – B2.

Brennbare Baustoffe begünstigen die Entstehung und Ausbreitung eines Brandes. Daher wird von der Bauaufsicht der Einsatz brennbarer Baustoffe eingeschränkt und die Verwendung leichtentflammbarer Baustoffe verboten.

Bauteile werden in Feuerwiderstandsklassen eingeordnet:

1. feuerbeständig – F 90
2. hochfeuerhemmend – F 60
3. feuerhemmend – F 30.

Die Feuerwiderstandsfähigkeit ist ein Maß bei tragenden und aussteifenden für die Standsicherheit im Brandfall, bei raumabschließenden Bauteilen der Widerstand gegen die Brandausbreitung. Die Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit von Wänden, Stützen, Decken und Dächern und deren Baustoffe sind in § 27 bis § 32 MBO angegeben.

Bauaufsichtliche Benennung	Kurzbezeichnung nach DIN 4102
feuerhemmend und aus nicht brennbaren Baustoffen	F 30 – A
feuerhemmend und in den wesentlichen Teilen aus nicht brennbaren Stoffen	F 30 – AB
feuerhemmend	F 30; F 30 – B

Abbildung 1: Bezeichnungen

#### Sonderbauvorschriften

Für Sonderbauten sind andere Regelungen an Feuerwiderstandsdauer und Rettungsweglängen festgelegt worden als für Wohnbauten. Zu den Sonderbauten zählen Hochhäuser, Messe- und Ausstellungsbauten, Schulen, Krankenhäuser, Verkaufsstätten, Sportstätten, Freizeit- und Vergnügungsparks, Hochregallager und Industriebauten. Bei diesen Gebäuden sind auf Grund der definierten Nutzung und Brandlasten Erleichterungen gegenüber der LBO erlaubt. In NRW ist zusätzlich zu den Bauvorlagen für Sonderbauten ein Brandschutzkonzept einzureichen (§ 69 LBO). Im Brandschutzkonzept werden die Schutzziele – Personen- und Objektschutz, Umwelt- und Naturschutz, und mit welchen Maßnahmen deren Einhaltung gewährleistet wird, festgelegt.

#### Sonderbauvorschriften

- BerherbergungsstättenVO
- GaragenVO
- KrankenhausbauVO
- VerkaufsstättenVO
- VersammlungsstättenVO
- Hochhausrichtlinie
- Industriebaurichtlinie

#### Brandwände

Ein wesentlicher Punkt im baulichen Brandschutz ist das Abschottungsprinzip, um die Ausbreitung von Bränden zu verhindern. Größere Gebäudekomplexe werden in Brandabschnitte unterteilt oder verschiedene Nutzungsbereiche durch Brandwände getrennt. Nach MBO sind Gebäudeabschlusswände als Brandwand auszubilden, wenn der Abstand zur Nachbargrenze weniger als 2,5 m beträgt. Gebäude mit einer Länge von mehr als 40 m sind durch innere Brandwände in Brandabschnitte zu unterteilen. Brandwände sind durchgehend bis zur Bedachung auszuführen. In den Gebäudeklassen 4 und 5 ist die Brandwand mindestens 30 cm über das Dach zu führen oder in Höhe der Dachhaut mit einer beidseitig 0,5 m auskragenden Platte aus nicht brennbaren Baustoffen abzuschließen. Brandwände müssen aus nicht brennbaren Baustoffen bestehen und auch unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung feuerbeständig sein.

Klasse				
1	freistehende Gebäude	$H \leq 7 \text{ m}$	max. 2 Nutzungseinheiten $\leq 400 \text{ m}^2$	Gebäude geringer Höhe
2	Gebäude	$H \leq 7 \text{ m}$	max. 2 Nutzungseinheiten $\leq 400 \text{ m}^2$	
3	sonstige Gebäude	$H \leq 7 \text{ m}$		
4	Gebäude	$H \leq 13 \text{ m}$	Nutzungseinheiten $\leq 400 \text{ m}^2$	Gebäude mittlerer Höhe
5	sonstige Gebäude einschließlich unterirdischer Gebäude			
	Hochhäuser	$H > 22 \text{ m}$		

Abbildung 2: Gebäudeklassen nach MBO

Bauteil	§ MBO	Gebäudeklasse				
	§ 2	1	2	3	4	5
	1)	$h \leq 7 \text{ m}$			$h \leq 13 \text{ m}$	$h \leq 22 \text{ m}$
Tragende Wände, Stützen	§ 27	F 0	F 30	F 30	F 60	F 90
Tragende Wände, Stützen im Kellergeschoss		F 30	F 30	F 90	F 90	F 90
Tragende Wände, Stützen im Dachgeschoss, wenn Aufenthaltsräume darüber sind		F 0	F 30	F 30	F 60	F 90
nichttragende Außenwände	§ 28	keine			A oder F 30	A oder F 30
Trennwände	§ 29	F 0	F 30 <sup>2)</sup>	F 30	F 60	F 90
Decken	§ 31	F 0	F 30	F 30	F 60	F 90
Decken im Dachgeschoss, wenn darüber Aufenthaltsräume sind		F 0	F 30	F 30	F 60	F 90
Decken im Kellergeschoss		F 30	F 30	F 90	F 90	F 90

1) Die Höhe bezieht sich auf Fußbodenoberkante des obersten Geschosses über Geländeoberfläche. 2) gilt nicht für Wohngebäude

Abbildung 3: Brandschutzanforderungen nach MBO

### Nachweis der Feuerwiderstandsklasse

Werden Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile, die in der DIN 4102-4 erfasst sind, verwendet, ist der Nachweis der Feuerwiderstandsklasse erbracht. Bei Verwendung anderer Bauprodukte (Bauteile oder Bauarten) ist ein Nachweis des Brandverhaltens durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, Prüfzeugnisse oder eine Zustimmung im Einzelfall erforderlich.

### Literatur

- Stahlbau Brandschutz Handbuch; Hass, Meyer-Ottens, Richter; Ernst & Sohn, Berlin
- Musterbauordnung MBO; ARGEBAU; November 2002

- Brandschutzatlas; Herausgeber Josef Mayer; Feuertrutz GmbH Verlag
- DIN 4102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen

### Qualifizierte Beratung

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Hilfe, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Hans-Werner Girkes  
 Tel.: (02 11) 67 07-826  
 brandschutz@bauen-mit-stahl.de  
 www.bauen-mit-stahl.de/brandschutz.htm



**BAUEN MIT STAHL**  
 Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

## 61.3 Europäisches Klassifizierungssystem



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

Das europäische Klassifizierungssystem ist durch die Veröffentlichung in der Bauregelliste 2002/1 in das deutsche Baurecht eingeführt worden.

Im Unterschied zur nationalen Klassifizierung nach DIN 4102-1 stellt das europäische Klassifizierungssystem eine größere Vielfalt von Klassen und Kombinationen zur Verfügung. Zusätzlich zum Brandverhalten werden die Brandnebeneigenschaften wie Rauchentwicklung (s1 – s3) und brennendes Abtropfen/Abfallen (d0 – d2) in Klassen eingeteilt.

Die europäische Norm ist als DIN EN 13501-1 und DIN EN 13501-2 erschienen. Das nationale und europäische Klassifizierungssystem werden für eine Übergangsfrist gleichwertig und alternativ anwendbar sein.

In der Bauregelliste erfolgt die Zuordnung der Klassen zu den bauaufsichtlichen Anforderungen an den Brandschutz. In **Tabelle 1** sind die Klassen aufgeführt, welche zur Gewährleistung des in Deutschland geltenden Sicherheitsniveaus mindestens einzuhalten sind. Bei besonderen Anforderungen an die Rauchentwicklung ist die Klasse s1 einzuhalten. Wird ein Baustoff gefordert, der nicht brennend abtropfen oder abfallen darf, ist ein Baustoff der Klasse d0 zu verwenden.

### Begriffe

Die wichtigsten Bezeichnungen einschließlich Erläuterungen zum Anwendungsbereich sind in **Tabelle 2** zusammengefasst.

### Feuerwiderstand von Bauteilen und Bauarten

Prüfungen und Leistungskriterien für die Klassifizierung wurden einheitlich für folgende Bauprodukte festgelegt:

- tragende Bauteile ohne raumabschließende Funktion (Wände, Decken, Dächer, Balken, Stützen, Balkone, Treppen, offene Gänge)
- tragende Bauteile mit raumabschließender Funktion (Wände, Decken und Dächer, Doppelböden)
- Produkte und Systeme zum Schutz von tragenden Bauteilen oder Bauwerksteilen (Unterdecken ohne eigene Feuerwiderstandsfähigkeit, Brandschutzbeschichtungen, Bekleidungen, Schutzteile)

Bauaufsichtliche Benennung	Zusatzanforderungen		Europäische Klasse nach DIN EN 13501-1	Klasse nach DIN 4102-1
	kein Rauch	kein brennb. Abfällen/Abtropfen		
Nicht brennbar	•	•	A1	A1
	•	•	A2 – s1 d0	A2
Schwer entflammbar	•	•	B, C – s1 d0	B1 <sup>1)</sup>
	•	•	B, C – s3 d0	
	•	•	B, C – s1 d2	
	•	•	B, C – s3 d2	
Normal entflammbar		•	D – s3 d0	B2 <sup>1)</sup>
		•	D – s3 d2	
		•	E – d2	
Leicht entflammbar			F	B3

<sup>1)</sup> Angaben über hohe Rauchentwicklung und brennendes Abtropfen/Abfallen im Verwendbarkeitsnachweis und in der Kennzeichnung

**Tabelle 1: Klassifizierung des Brandverhaltens (ohne Bodenbeläge) nach DIN EN 13501-1**

Herleitung des Kurzzeichens	Kriterium	Anwendungsbereich
R (Résistance)	Tragfähigkeit	zur Beschreibung der Feuerwiderstandsfähigkeit
E (Étanchéité)	Raumabschluss	
I (Isolation)	Wärmedämmung (unter Brandeinwirkung)	
W (Radiation)	Begrenzung des Strahlendurchtritts	
M (Mechanical)	Mechanische Einwirkung auf Wände (Stoßbeanspruchung)	
S (Smoke)	Begrenzung der Rauchdurchlässigkeit (Dichtheit, Leckrate)	Rauchschutztüren (als Zusatzanforderung auch bei Feuerschutzabschlüssen), Lüftungsanlagen einschl. Klappen
C... (Closing)	Selbstschließende Eigenschaft (ggf. mit Anzahl der Lastspiele)	Rauchschutztüren, Feuerschutzabschlüsse (einschl. Abschlüsse für Förderanlagen)
P	Aufrechterhaltung der Energieversorgung und/oder Signalübermittlung	Elektrische Kabelanlagen allgemein
l <sub>1</sub> , l <sub>2</sub>	unterschiedliche Wärmedämmungskriterien	Feuerschutzabschlüsse (einschl. Abschlüsse für Förderanlagen)
f (full)	Beanspruchung durch „volle“ ETK (Vollbrand)	Doppelböden
...200, 300, ... (C°)	Angabe der Temperaturbeanspruchung	Rauchschutztüren
i → o i ← o i ↔ o (in – out)	Richtung der klassifizierten Feuerwiderstandsdauer	Nichttragende Außenwände, Installationsschächte/-kanäle, Lüftungsanlagen/-klappen
a → b a ← b a ↔ b (above – below)	Richtung der klassifizierten Feuerwiderstandsdauer	Unterdecken
v <sub>o</sub> , h <sub>o</sub> (vertical, horizontal)	für vertikalen/horizontalen Einbau klassifiziert	Lüftungsleitungen/-klappen
<b>Zusätzliche Angaben zur Klassifizierung des Brandverhaltens von Baustoffen nach DIN EN 13501-1:</b>		
s (smoke)	Rauchentwicklung	Anford. an die Rauchentwicklung
d (droplets)	Brennendes Abtropfen/Abfallen	Anforderung an das brennende Abtropfen/Abfallen
...fl		Brandverhaltensklasse für Bodenbeläge

**Tabelle 2: Erläuterungen der Klassifizierungskriterien und der zusätzlichen Angaben zur Klassifizierung des Feuerwiderstands nach DIN EN 13501-1 und DIN EN 13501-3**

# Brandschutz-Arbeitshilfe 61.3 Europäisches Klassifizierungssystem

- nichttragende Bauteile oder Teile von Bauwerken, mit oder ohne Verglasung (Trennwände, Außenwände, vorgehängte Fassaden, Unterdecken, Feuerschutztüren und Abschlüsse, Rauchschutztüren, Förderanlagen und ihre Abschlüsse, Abschottungen von Durchführungen, Bauteilfugen, Installationskanäle und -schächte)
- brandschutztechnisch wirksame Bekleidungen von Decken und Wänden
- Produkte haustechnischer Anlagen.

Europäisch gelten Brandschutzverglasungen nicht als eigenständige, feuerwiderstandsfähige Bauteile, sondern werden als Teil der Wände oder Decken angesehen. Sie sind insofern nach den für diese Bauteile vorgesehenen Klassen (EI, EW, E) zu klassifizieren.

Nach DIN EN 13501 können tragende Bauteilen mit raumabschließender Funktion in folgende Feuerwiderstandsklassen klassifiziert werden:

- Wände mit Raumabschluss  
RE 20, 30, 60, 90, 120, 180, 240
- Wände mit Raumabschluss und Wärmedämmung  
REI 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240
- Brandwände  
REI-M 30, 60, 90, 120, 180, 240
- Wände  
REW 20, 30, 60, 90, 120, 180, 240

Die in Deutschland verwendeten Klassen sind **REI 30, 60, 90** und **REI-M 90**. Ein raumabschließendes tragendes Bauteil mit der Klassifizierung REI 30, muss der Brandbeanspruchung während der Prüfung mindestens 30 Minuten standhalten und die Kriterien E – Raumabschluss – und I – Wärmedämmung – erfüllen, um die Übertragung von Feuer und Rauch in andere Nutzungseinheiten zu verhindern. Das Bauteil muss so widerstandsfähig sein, dass Flammen und Gase nicht durchtreten können. Die feuerabgekehrte Seite darf sich nicht derartig erwärmen, dass sich dort befindliche Materialien entzünden können. Das Kriterium M kennzeichnet die Fähigkeit des Bauteils, einer Stoßbeanspruchung durch herabfallende andere Bauteile zu widerstehen.

Bauaufsichtliche Benennung	Tragende Bauteile		Nichttragende Innenwände	Nichttragende Außenwände
	ohne Raumab.	mit Raumab.		
feuerhemmend	R 30	REI 30	EI 30	E 30 (i → o) und EI 30 (i ← o)
	[F 30]	[F 30]	[F 30]	[W 30]
feuerbeständig <sup>1)</sup>	R 60	REI 60	EI 60	E 60 (i → o) und EI 60 (i ← o)
	[F 60]	[F 60]	[F 60]	[W 60]
Feuerwiderstandsdauer 120 Min.	R 90	REI 90	EI 90	E 90 (i → o) und EI 90 (i ← o)
	[F 90]	[F 90]	[F 90]	[W 90]
Brandwand	–	REI-M 90	EI-M 90	

<sup>1)</sup> zurzeit nach § 17 Abs. 2 MBO (in den wesentlichen Teilen aus nicht brennbaren Baustoffen)

**Tabelle 3: Feuerwiderstandsklassen von Bauteilen nach DIN EN 13501-2 und DIN EN 13501-2 und ihre Zuordnung zu den bauaufsichtlichen Benennungen [Klassifizierung nach DIN 4102]** (Auszug aus Anlage 0.1.2. zur Bauregelliste A Teil 1, Ausgabe 2002/1)

In der Anlage 0.1.2. zur Bauregelliste 2002/1 (**Tabelle 3**) wird die Zuordnung der europäischen Klassen zu den bauaufsichtlichen Begriffen „feuerhemmend, feuerbeständig“ für Deutschland verbindlich festgelegt.

Raumabschließende tragende Wände und Decken zwischen verschiedenen Nutzungseinheiten müssen nach MBO wärmedämmend sein, sie müssen daher die Anforderungen der Klasse REI mit der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer erfüllen. Brandwände müssen der Klasse REI-M entsprechen.

Die nach DIN EN 13501-1 klassifizierten Eigenschaften zum Brandverhalten von Bauteilen und Bauarten entsprechen den zugeordneten bauaufsichtlichen Anforderungen der Bauordnungen und Sonderbauvorschriften.

### Sonderbauteile

Feuerschutzabschlüsse, Rauchschutztüren, Kabelabschottungen und Lüftungsleitungen sind in das europäische Klassifizierungssystem miteinbezogen. Türen und Tore, die nach DIN 4102 der Klasse T30 bzw. T60 entsprechen, werden europäisch EI<sub>2</sub>30-C bzw. EI<sub>2</sub>60-C klassifiziert. Selbstschließende Rauchschutztüren – nach DIN 4102 RS – erhalten die Klasse -CS<sub>200</sub>.

### Normen

- DIN 4102 Teil 1 und 2: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
- DIN EN 13501-1 und 13501-2: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten
- Bauregelliste A, Ausgabe 2002/1

### Literatur

- Anlage 0.1 zur Bauregelliste 2002/1, DIBT Mitteilungen Sonderheft 26 vom 31. Juli 2002
- Einführung des europäischen Klassifizierungssystems für den Brandschutz in das deutsche Baurecht, DIBT Mitteilungen 5. August 2002; 33. Jahrgang, Nr. 4

### Qualifizierte Beratung

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Hilfe, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Hans-Werner Girkes  
Tel.: (02 11) 67 07-826  
brandschutz@bauen-mit-stahl.de  
www.bauen-mit-stahl.de/brandschutz.htm



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

## 61.4 Überblick über die DAST-Richtlinie 019

### Geltungsbereich

Die Regelungen der DAST-Richtlinie 019 gelten für Gebäude mittlerer Höhe, die als Büro- und Verwaltungsgebäude genutzt werden. Sie müssen einen eigenständigen Brandabschnitt bilden und von Kellergeschossen oder Tiefgaragen brandschutztechnisch getrennt sein. Die Richtlinie gilt **nicht** für

- Bürogebäude, in denen größere Menschenansammlungen zu erwarten sind,
- Bürogebäude, die teilweise bewohnt werden,
- Gebäudeteile, die ganz oder teilweise als oberirdische oder unterirdische Garagen genutzt werden,
- Kellergeschosse.



### Bauteile ohne Anforderungen

Für Gebäude der Gebäudeklasse 3 darf der Nachweis des Feuerwiderstandes für Bauteile entfallen, wenn folgende Bedingungen eingehalten sind:

- Die Nutzungsfläche pro Geschoss ist begrenzt auf 400 m<sup>2</sup>,
- der zweite Rettungsweg wird baulich ausgeführt,
- die Anzahl der Gebäudenutzer ist auf 60 beschränkt,
- das Gebäude verfügt über eine hausinterne Brandmeldeanlage,
- der betroffene Brandbekämpfungsabschnitt muss mit mindestens drei Seiten an den Außenwänden liegen und von dort für die Feuerwehr zugänglich sein.

### Brandbelastung

Die charakteristischen Werte der Brandbelastung für verschiedene Nutzungsbereiche sind in **Tabelle 1** aufgelistet. Die Brandbelastung kann gleichmäßig verteilt über die Fläche angenommen werden.

	Nutzung	Brandbelastung $q_{f,k}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]
1	Atrien (Empfang)	45
2	Büro	160
3	Archiv, Bibliothek	580

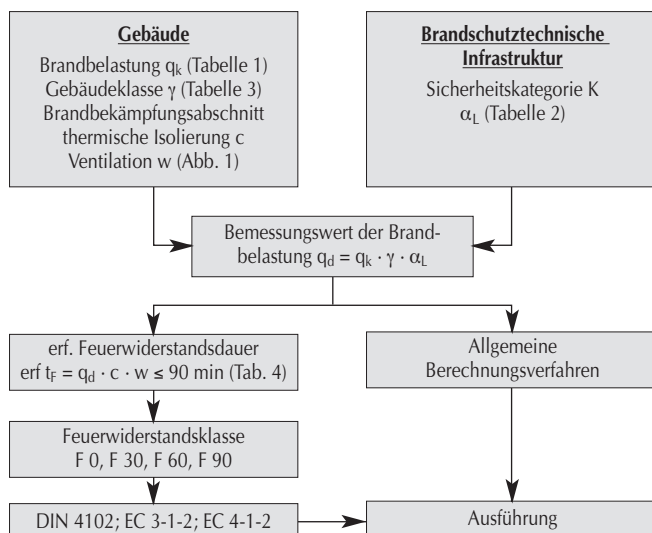
### Brandschutztechnische Infrastruktur/ Sicherheitskategorien

Sicherheitskategorien sind Klassierungsstufen für die brandschutztechnische Infrastruktur der Brandbekämpfungsabschnitte. Die Maßnahmen zur Brandmeldung und selbsttätiger Löschung werden durch den Zusatzfaktor  $\alpha_L$  nach **Tabelle 2** erfasst.

Tabelle 1: Brandbelastung

Sicherheitskategorie	Maßnahmen	Zusatzfaktor $\alpha_L$
K1	ohne besondere Maßnahmen	1,0
K2	automatische Brandmeldeanlage	0,9
K3	automatische Brandmeldeanlage und Werkfeuerwehr auf dem Gelände	0,8
K4a	selbsttätige Feuerlöschanlage	0,4
K4b	selbsttätige Feuerlöschanlage und automatische Brandmeldeanlage	0,3

Tabelle 2: Zusatzfaktor  $\alpha_L$



Nachweisformat der DAST-Ri 019

Flächen des BBA A <sub>B</sub> [m <sup>2</sup> ]	Gebäudeklasse 3 <sup>1)</sup> H ≤ 7 m	Gebäudeklasse 4 <sup>1)</sup> H ≤ 13 m	Gebäudeklasse 5 <sup>1)</sup> H ≤ 22 m	Atrien <sup>2)</sup>
	γ	γ	γ	γ
≤ 500	0,4	0,6	1,00	0,85
≤ 1000	0,46	0,69	1,15	0,978
≤ 1500	0,50	0,75	1,25	1,063
≤ 3000	0,58	0,87	1,45	1,233
≤ 5000	0,62	0,93	1,55	1,318

<sup>1)</sup> Gebäudeklassen nach MBO

<sup>2)</sup> als eigenständige Brandbekämpfungsabschnitte

Tabelle 3: Sicherheitsbeiwerte

### Umrechnungsfaktor $c = 0,25 \text{ min m}^2/\text{kWh}$

Der Faktor  $c$  berücksichtigt die thermischen Eigenschaften der Umfassungsbauteile in Abhängigkeit von den Wärmeeindringzahlen der verwendeten Baustoffe.

### Wärmeabzugsfaktor $w$

Der Wärmeabzugsfaktor hängt von den wirksamen Öffnungen in den Wänden und im Dach sowie der Höhe des Brandbekämpfungsabschnitts ab.

$$w = \left( \frac{6,0}{H} \right)^{0,3} \cdot \left[ 0,62 + \frac{90 (0,4 - a_v)^4}{(1 + b_v a_h)} \right] \geq 0,5$$

Mit der errechneten erforderlichen Feuerwiderstandsdauer wird die Feuerwiderstandsklasse nach **Tabelle 4** bestimmt. Dabei wird auf die jeweils höhere Feuerwiderstandsklasse gerundet. Es wird zwischen tragenden und trennenden Bauteilen unterschieden. Für

Trennwände von Brandbekämpfungsabschnitten wird mindestens die Feuerwiderstandsklasse F 30 gefordert. Grenzen zwei Brandabschnitte oder Brandbekämpfungsabschnitte aneinander, ist für die Bauteile der Trennwand oder Decke die größere Feuerwiderstandsdauer maßgebend.

### Beispiel: dreigeschossiges Bürogebäude

Für ein Bürogebäude in Stahlverbundkonstruktion ist die Feuerwiderstandsklasse zu bestimmen. Das Gebäude ist 15 m breit, hat eine Länge von 65 m und hat 3 Geschosse. Die lichte Höhe der einzelnen Geschosse beträgt 3,20 m. Die Fensterbänder ergeben eine Öffnungsfläche von 730 m<sup>2</sup>. Das Gebäude ist in die Gebäudeklasse 3 einzustufen. Das Bürogebäude wird als ein Brandabschnitt ausgeführt. Es werden keine vorbeugenden Maßnahmen vorgesehen. Das Gebäude fällt daher in die Sicherheitskategorie K1.

Brandbelastung für Büroräume:

$$q_{f,k} = 160 \text{ kWh/m}^2$$

Sicherheitsbeiwert für K1:

$$\gamma = 0,58; \alpha_L = 1,0$$

Umrechnungsfaktor  $c = 0,25 \text{ min m}^2/\text{kWh}$ ;

$$a_v = 730 / (3 \cdot 15 \cdot 65) = 0,25; a_h = 0$$

Wärmeabzugsfaktor  $w = 0,80$

Bemessungswert der Brandbelastung

$$q_{f,d} = 160 \cdot 0,58 \cdot 1,0 = 92,8 \text{ kWh/m}^2$$

erf. Feuerwiderstandsdauer

$$\text{erf } t_f = 92,8 \cdot 0,25 \cdot 0,80 = 18,56 \text{ min}$$

Nach **Tabelle 4** ergibt sich für ein Gebäude dieser Größenordnung für die tragende und aussteifende Konstruktion eine Feuerwiderstandsdauer von 30 Min. Wenn die Tragkonstruktion biegesteif ausgeführt wird, darf dieses Gebäude ohne Anforderungen (F 0) errichtet werden.

### Literatur

- DAST-Richtlinie 019, Brandsicherheit von Stahl- und Verbundbauteilen in Büro- und Verwaltungsgebäuden; November 2001; Deutscher Ausschuss für Stahlbau DAST, Düsseldorf
- Erläuterungen zur DAST-Richtlinie 019: Brandsicherheit von Stahl- und Verbundbauteilen in Büro- und Verwaltungsgebäuden; Peter Schaumann, Alexander Heise; Stahlbau 71 (2002), Heft 5

### Qualifizierte Beratung

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Hilfe, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.

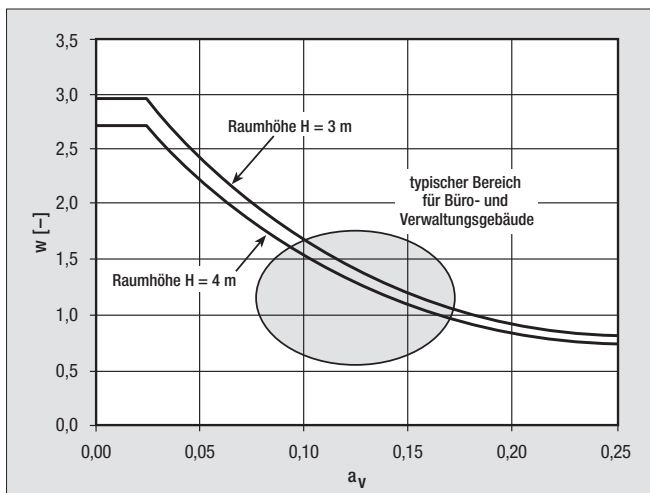
Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Hans-Werner Girkes

Tel.: (02 11) 67 07-826

brandschutz@bauen-mit-stahl.de

www.bauen-mit-stahl.de/brandschutz.htm



**Abb. 1:**  
Wärmeabzug  $w$   
für unterschiedliche  
Raumhöhen

Feuerwiderstandsdauer erf $t_f$ [min]	Feuerwiderstandsklasse nach DIN 4102 von Bauteilen, die Brandbekämpfungsabschnitte trennen oder überbrücken	
	2	3
1	2	3
$0 \leq \text{erf } t_f \leq 15^{1)}$	F 30	keine Anforderungen
$15^{1)} \leq \text{erf } t_f \leq 30$		F 30
$30 \leq \text{erf } t_f \leq 60$		F 60
$60 \leq \text{erf } t_f \leq 90$		F 90

<sup>1)</sup> Bei Konstruktion mit durchlaufenden Stützen und Verbundträgern darf dieser Wert um 5 min erhöht werden.

**Tabelle 4: Erforderliche Feuerwiderstandsklassen von tragenden Stahl- und Verbundbauteilen**



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de



## 62.1 Verhältniswert U/A

### Verhältniswert U/A [min<sup>-1</sup>]

Um zu erreichen, dass sich die Stahlbauteile bei Brandbeanspruchung nur auf eine Stahltemperatur < crit T erwärmen, ist im allgemeinen eine Bekleidung erforderlich. Die kritische Temperatur des Stahls ist die Temperatur, bei der die Streckgrenze des Stahls auf die im Bauteil vorhandene Stahlspannung absinkt. Ihre Bemessung richtet sich nach dem Verhältniswert U/A. Dabei ist für die Erwärmung einer Stahlkonstruktion, die dem Feuer ausgesetzt ist, der Profilfaktor von großer Bedeutung. Der Profilfaktor  $A_m/V$  ist nach EC3-1-2 als Verhältnis von brandbeanspruchter Oberfläche zu Volumen des Stahlbauteiles definiert. Für Bauteile mit über die Länge gleichbleibendem Querschnitt ist der Profilfaktor identisch mit dem Wert U/A nach DIN 4102 Teil 4. Je größer dieser Faktor ist, um so schneller erwärmt sich das Profil. Ein feingliedriges IPE-Profil erwärmt sich demnach schneller als ein massiveres Profil mit geringem Profilfaktor.

Die erforderliche Mindestdicke für das jeweils gewählte Brandschutzmaterial ist dabei von der gewünschten Feuerwiderstandsklasse abhängig. Die Materialdicken sind entweder in der DIN 4102 Teil 4 oder in den Herstellerprospekten angegeben. Basis dieser Werte ist der Normbrandversuch. Generell gilt: Je schwächer das Profil, desto dicker muss die Verkleidung sein um den geforderten Feuerwiderstand zu erreichen.

Nach dem Eurocode 3 Teil 10 bzw. Teil 1.2 wird unterschieden zwischen:

- Querschnittsfaktor  $A_m/V$  für ungeschützte Stahlbauteile und einem
- Querschnittsfaktor  $A_p/V$  für geschützte Stahlbauteile.

Neben der Definition „beflammter Umfang, geteilt durch zu erwärmende Querschnittsfläche“ spielt die Formel

$$100 / t \text{ mit } t = \text{Blechdicke in cm}$$

eine wichtige Rolle bei der Berechnung von U/A. Sie gilt nach DIN 4102 Teil 4 und den Eurocodefassungen z. B. für vierseitig beflammte Hohlprofile mit Profilfolgender Ummantelung bzw. für entsprechende Profile ohne Ummantelung. Auch bei einseitiger Beflammung, dieser Fall liegt bei eingemau-

erten oder einbetonierten I-Profilen sowie bei Kappendecken vor, ist die Formel für den freiliegenden Flansch anzuwenden.

### Formeln zur Bestimmung des U/A Verhältnisses

#### 4-seitige kastenförmige Verkleidung:

$$U/A = \frac{2h + 2b}{A} \cdot 100 = (\text{m}^{-1})$$

Legende: U = Umfang Stahlprofil in cm  
A = Querschnittsfläche Stahlprofil in cm<sup>2</sup>

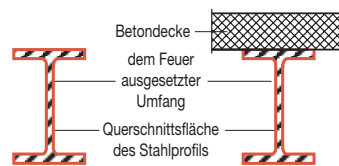
#### 3-seitige kastenförmige Verkleidung:

$$U/A = \frac{2h + b}{A} \cdot 100 = (\text{m}^{-1})$$

h = Höhe Profil  
b = Breite Profil

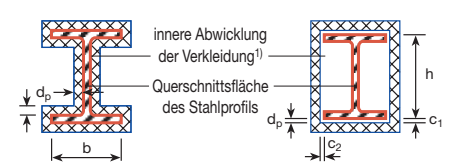
### Profilfaktoren für unverkleidete Stahlelemente

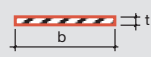



Profilfaktor:  $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{dem Feuer ausgesetzter Umfang}}{\text{Querschnittsfläche des Stahlprofils}}$



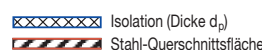
### Profilfaktoren für verkleidete Stahlelemente

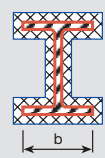
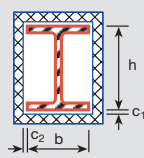
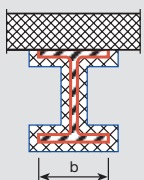
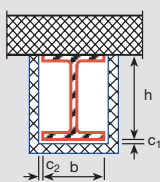
Profilfaktor:  $\frac{A_p}{V} = \frac{\text{innere Abwicklung der Verkleidung}}{\text{Querschnittsfläche des Stahlprofils}}$







Querschnittsform (Beispiele)	$A_m / V$
Flachstahl 	Feuereinwirkung: allseits = $2/t$ einseitig = $1/t$
Offene Querschnitte konstanter Wanddicke 	Feuereinwirkung: allseits = $2/t$
Hohlprofile (rund/eckig) 	Feuereinwirkung: allseits (außen) = $1/t$
Vollstahl (rund oder quadratisch) 	Feuereinwirkung: allseits = $4/d$





<sup>1)</sup> Die Luftspalten  $c_1$  und  $c_2$  sollen  $h/4$  nicht überschreiten











Querschnittsform (Beispiele)	$A_p / V$
Profilfolgende Verkleidung mit konstanter Dicke 	Profilfolgende Verkleidung: Umfang Stahlprofil Stahlquerschnittsfläche
Kastenförmige Verkleidung mit konstanter Dicke 	Kastenförmige Verkleidung: $2(b+h)$ <sup>1)</sup> Stahlquerschnittsfläche
Profilfolgende Verkleidung mit konstanter Dicke, drei-seitige Feuerbeanspruchung 	Profilfolgende Verkleidung: Umfang Stahlprofil - b Stahlquerschnittsfläche
Kastenförmige Verkleidung mit konstanter Dicke, drei-seitige Feuerbeanspruchung 	Kastenförmige Verkleidung: $(2h+b)$ <sup>1)</sup> Stahlquerschnittsfläche





## Profilfaktoren $A_m/V$

HEA				
100	217	264	138	185
120	220	267	137	185
140	208	253	129	174
160	192	234	120	161
180	187	226	115	155
200	174	211	108	145
220	161	195	99	134
240	147	178	91	122
260	141	171	88	117
280	136	165	84	113
300	126	153	78	105
320	117	141	74	98
340	112	134	72	94
360	107	128	70	91
400	101	120	68	87
450	96	113	66	83
500	92	107	65	80
550	90	104	65	79
600	89	102	65	79
650	87	100	65	78
700	85	96	64	76
800	84	94	66	76
900	81	90	65	74
1000	81	89	66	74

HEB				
100	180	218	115	154
120	167	202	106	141
140	155	187	98	130
160	140	169	88	118
180	131	159	83	110
200	122	147	77	102
220	115	140	72	97
240	108	131	68	91
260	105	127	66	88
280	102	123	64	85
300	96	116	60	80
320	91	110	58	77
340	88	106	57	75
360	86	102	56	73
400	82	97	56	71
450	79	93	55	69
500	76	89	54	67
550	76	88	55	67
600	75	86	56	67
650	74	85	56	66
700	72	82	55	65
800	72	81	57	66
900	70	78	57	65
1000	70	78	57	65

HEM				
100	96	116	65	85
120	92	111	61	80
140	88	106	58	76
160	83	100	54	71
180	80	96	52	68
200	76	92	49	65
220	73	88	47	62
240	61	73	39	52
260	59	72	39	51
280	59	71	38	50
300	50	60	33	43
320	50	60	33	43
340	50	60	34	43
360	51	61	34	44
400	52	62	36	45
450	53	62	38	47
500	55	63	39	48
550	56	64	41	50
600	57	65	42	51
650	58	66	44	52
700	59	67	45	53
800	60	68	48	55
900	70	78	57	65
1000	64	70	52	59

UPN				
100	239	276	185	222
120	223	255	174	206
140	210	240	167	196
160	200	228	160	188
180	193	218	154	179
200	182	205	148	171
220	171	192	139	160
240	163	183	134	154
260	154	173	126	145
280	149	167	123	141
300	145	162	119	136
320	116	130	98	111
350	123	135	103	116
380	125	138	107	120
400	117	129	99	111

IPE				
100	334	387	247	300
120	311	360	230	279
140	291	335	215	259
160	269	310	200	241
180	253	291	188	226
200	235	270	176	211
220	221	254	165	198
240	205	236	153	184
270	197	227	147	176
300	188	216	139	167
330	176	200	131	157
360	163	186	122	146
400	152	174	116	137
450	143	162	110	130
500	134	151	104	121
550	124	140	97	113
600	115	129	91	105

### Qualifizierte Beratung

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Hilfe, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Hans-Werner Girkes

Tel.: (02 11) 67 07-826

brandschutz@bauen-mit-stahl.de

www.bauen-mit-stahl.de/brandschutz.htm



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

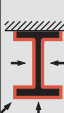



### Literatur

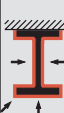



- DIN 4102  
 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Teil 4  
 Ausgabe 03.94, Beuth Verlag, Berlin





- DIN V ENV 1993-1-2 Eurocode 3 –  
 Bemessung und Konstruktion von  
 Stahlbauten, Teil 1-2: Allgemeine Regeln –  
 Tragwerksbemessung für den Brandfall,  
 Deutsche Fassung ENV 1993-1-2: 1995,  
 Mai 1997, Beuth Verlag, Berlin





## 62.2 Profilkfaktoren $A_m/V$

### Profilkfaktoren $A_m/V$





IPN ...				
120	268	309	210	251
140	238	274	189	225
160	220	252	173	205
180	200	229	158	188
200	185	212	147	174
220	171	196	136	161
240	160	183	127	150
260	149	170	119	140
280	139	158	111	131
300	131	149	105	123
320	123	140	99	116
340	117	133	94	110
360	110	125	89	104
380	105	119	85	99
400	100	113	81	94
450	89	101	73	84
500	81	91	66	77
550	75	85	61	71





HL ...				
920 x 342	69	78	51	61
920 x 365	65	74	48	57
920 x 387	61	70	46	54
920 x 417	57	65	43	51
920 x 446	53	61	40	48
920 x 488	49	56	37	44
920 x 534	45	51	34	40
920 x 585	42	47	31	37
920 x 653	38	43	29	34
920 x 784	32	36	24	29
920 x 967	26	30	20	24
1000 x 296	82	92	63	73
1000 A	76	85	58	68
1000 B	66	74	51	59
1000 M	60	67	46	54
1000 x 477	52	58	40	47
1000 x 554	45	51	35	41
1000 x 642	39	44	31	36
1000 x 748	34	39	27	31
1000 x 883	29	33	23	27
1100 A	76	85	59	68
1100 B	67	75	52	60
1100 M	61	68	47	55
1100 R	53	59	42	48




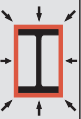
HD ...				
260 x 54,1	176	214	108	146
260 x 68,2	141	171	88	117
260 x 93	105	127	66	88
260 x 114	86	104	55	73
260 x 142	71	86	46	60
260 x 172	59	72	39	51
320 x 74,2	152	184	95	127
320 x 97,6	117	141	74	98
320 x 127	91	110	58	77
320 x 158	74	89	48	63
320 x 198	60	72	39	51
320 x 245	50	60	33	43
320 x 300	42	50	28	36
360 x 134	104	125	63	85
360 x 147	95	114	58	78
360 x 162	87	105	53	71
360 x 179	79	95	49	65
360 x 196	72	87	45	60
400 x 187	78	94	47	64
400 x 216	68	82	42	56
400 x 237	63	76	38	52
400 x 262	57	69	35	47
400 x 287	52	63	32	43
400 x 314	48	58	30	40
400 x 347	44	53	28	37
400 x 382	40	49	25	34
400 x 421	37	45	23	31
400 x 463	34	41	22	29
400 x 509	31	38	20	27
400 x 551	29	35	19	25
400 x 592	28	33	18	23
400 x 634	26	31	17	22
400 x 677	25	30	16	21
400 x 744	23	27	15	20
400 x 818	21	25	14	18
400 x 900	19	23	13	17
400 x 990	18	22	12	16
400 x 1086	17	20	11	15





HP ...				
200 x 43	181	219	112	150
200 x 53	145	176	90	121
200 x 57,2	143	174	88	119
260 x 75	129	156	80	108
260 x 87,3	111	135	70	94
305 x 79	147	178	91	121
305 x 88	132	159	81	109
305 x 95	122	148	76	101
305 x 110	106	129	66	88
305 x 126	94	113	58	78
305 x 149	80	97	50	67
305 x 180	67	81	42	56
305 x 186	65	79	41	55
305 x 223	55	67	35	47
320 x 88,5	128	155	81	108
320 x 103	111	135	70	94
320 x 117	98	119	62	83
320 x 147	80	96	51	68
320 x 184	65	78	42	55
360 x 84,3	162	196	98	132
360 x 109	126	153	77	103
360 x 133	104	126	64	86
360 x 152	92	111	56	76
360 x 174	81	98	50	67
360 x 180	78	95	48	65
400 x 122	116	141	70	95
400 x 140	102	124	61	83
400 x 158	91	111	55	74
400 x 176	82	100	50	67
400 x 194	75	91	46	62
400 x 213	69	84	42	57
400 x 231	64	77	39	53





## Profilfaktoren $A_m/V$

HEA ...				
100	217	264	138	185
120	220	267	137	185
140	208	253	129	174
160	192	234	120	161
180	187	226	115	155
200	174	211	108	145
220	161	195	99	134
240	147	178	91	122
260	141	171	88	117
280	136	165	84	113
300	126	153	78	105
320	117	141	74	98
340	112	134	72	94
360	107	128	70	91
400	101	120	68	87
450	96	113	66	83
500	92	107	65	80
550	90	104	65	79
600	89	102	65	79
650	87	100	65	78
700	85	96	64	76
800	84	94	66	76
900	81	90	65	74
1000	81	89	66	74

HEB ...				
100	180	218	115	154
120	167	202	106	141
140	155	187	98	130
160	140	169	88	118
180	131	159	83	110
200	122	147	77	102
220	115	140	72	97
240	108	131	68	91
260	105	127	66	88
280	102	123	64	85
300	96	116	60	80
320	91	110	58	77
340	88	106	57	75
360	86	102	56	73
400	82	97	56	71
450	79	93	55	69
500	76	89	54	67
550	76	88	55	67
600	75	86	56	67
650	74	85	56	66
700	72	82	55	65
800	72	81	57	66
900	70	78	57	65
1000	70	78	57	65

HEM ...				
100	96	116	65	85
120	92	111	61	80
140	88	106	58	76
160	83	100	54	71
180	80	96	52	68
200	76	92	49	65
220	73	88	47	62
240	61	73	39	52
260	59	72	39	51
280	59	71	38	50
300	50	60	33	43
320	50	60	33	43
340	50	60	34	43
360	51	61	34	44
400	52	62	36	45
450	53	62	38	47
500	55	63	39	48
550	56	64	41	50
600	57	65	42	51
650	58	66	44	52
700	59	67	45	53
800	60	68	48	55
900	70	78	57	65
1000	64	70	52	59

UPN ...				
100	239	276	185	222
120	223	255	174	206
140	210	240	167	196
160	200	228	160	188
180	193	218	154	179
200	182	205	148	171
220	171	192	139	160
240	163	183	134	154
260	154	173	126	145
280	149	167	123	141
300	145	162	119	136
320	116	130	98	111
350	123	135	103	116
380	125	138	107	120
400	117	129	99	111

IPE ...				
100	334	387	247	300
120	311	360	230	279
140	291	335	215	259
160	269	310	200	241
180	253	291	188	226
200	235	270	176	211
220	221	254	165	198
240	205	236	153	184
270	197	227	147	176
300	188	216	139	167
330	176	200	131	157
360	163	186	122	146
400	152	174	116	137
450	143	162	110	130
500	134	151	104	121
550	124	140	97	113
600	115	129	91	105

### Qualifizierte Beratung

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Hilfe, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Hans-Werner Girkes

Tel.: (02 11) 67 07-826

Tel.: (02 11) 67 07-829

brandschutz@bauen-mit-stahl.de

www.bauen-mit-stahl.de/brandschutz.htm



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 www.bauen-mit-stahl.de  
 zentrale@bauen-mit-stahl.de

### Literatur

- DIN 4102  
 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Teil 4  
 Ausgabe 03.94, Beuth Verlag, Berlin

- DIN V ENV 1993-1-2 Eurocode 3 –  
 Bemessung und Konstruktion von  
 Stahlbauten, Teil 1-2: Allgemeine Regeln –  
 Tragwerksbemessung für den Brandfall,  
 Deutsche Fassung ENV 1993-1-2: 1995,  
 Mai 1997, Beuth Verlag, Berlin

## 62.3 Brandwände



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

### Allgemeines

Brandwände dienen dem Nachbarschutz und zur Unterteilung von Gebäuden oder Gebäudeteilen in Brandabschnitte. Die Errichtung von Brandwänden hat sich als besonders wirksame Maßnahme erwiesen, um das Übergreifen von Feuer und Rauch in angrenzende Gebäudeteile oder Nachbargebäude zu verhindern. Leider sind die vom Gesetzgeber geforderten Anforderungen in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich. Sie sind vom jeweiligen Erkenntnisstand der Bundesländer anhängig und es bestehen unterschiedliche Schwerpunkte und Auffassungen über das Maß der bauaufsichtlichen Schutzziele. Deshalb werden nachfolgend die grundsätzlichen Bestimmungen der Musterbauordnung (MBO) und der DIN 4102 angegeben und kommentiert.

In der Musterbauordnung werden folgende Anforderungen an Brandwände gestellt

- feuerbeständig und nicht brennbar (F90-A)
- standsicher
- wirksam die Ausbreitung von Feuer und Rauch für die Feuerwiderstandsdauer zu verhindern

Folgende Kriterien sind einzuhalten:

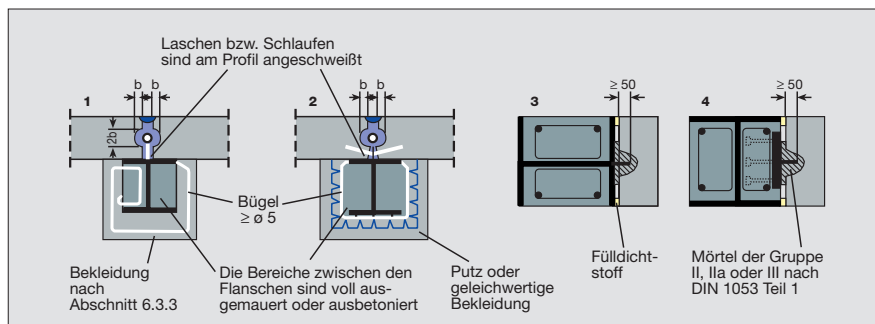
- brennbare Bauteile dürfen nicht durch Brandwände geführt werden oder sie überbrücken
- Brandwände sind durchgängig über alle Geschosse zu führen (Ausnahmen möglich, wenn bestimmte Voraussetzungen vorliegen)
- in Außenwänden sind keine Öffnungen zulässig
- in Innenwänden sind Öffnungen erlaubt, wenn sie durch entsprechende Feuerabschlüsse T90 geschlossen werden können.

Brandwände sind nach MBO erforderlich

- als Gebäudeabschlusswand, wenn der Abstand zur Nachbargrenze weniger als 2,50 m beträgt
- als innere Brandwand zur Unterteilung von Gebäuden im Abstand von 40 m.

### Ausführung

Brandwände müssen unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung (Stoßbeanspruchung durch herabfallende Teile) feuerbeständig sein und aus nicht brennbaren Baustoffen bestehen. Brandwände werden nach DIN 4102-3 klassifiziert.



**Bild 1: Ausführungsmöglichkeiten 1 bis 4 von Anschlüssen von nichttragenden, liegend angeordneten Wandplatten an Stahl- und Verbundstützen**

In DIN 4102-4, Abschnitt 4.8, sind Bauarten von Brandwänden angegeben, die die Anforderungen erfüllen. Andere Bauarten in Leicht- oder Trockenbauweise müssen ein bauaufsichtliches Prüfzeugnis haben. Aussteifende Bauteile (Querwände, Decken, Riegel, Stützen oder Rahmen) müssen ebenfalls die Feuerwiderstandsklasse F90-A aufweisen. Stützen und Riegel aus Stahl sind, wenn sie unmittelbar vor einer Brandwand stehen oder angeordnet sind, feuerbeständig zu ummanteln (**Bild 1**).

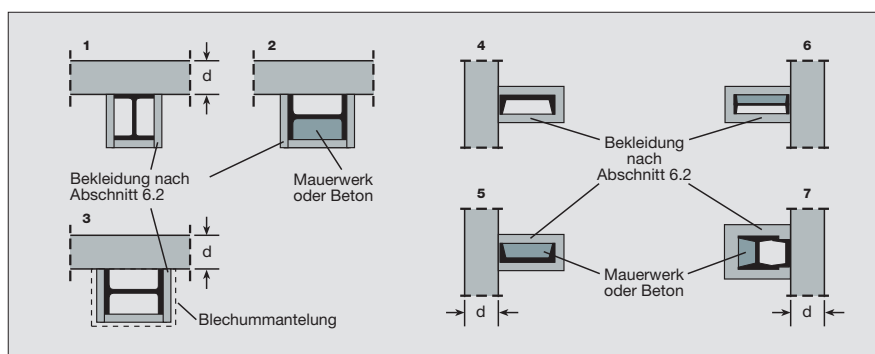
Bei der Konstruktion sind die im Brandfall auftretenden Verformungen (Längenänderung, Verdrehungen) zu berücksichtigen und einzuplanen, so dass die Standsicherheit der Brandwand durch eine mögliche Behinderung der Verformungen nicht gefährdet wird. Brandwände sind 30 cm über die Bedachung zu führen oder mit einer beidseitig 50 cm auskragenden feuerbeständigen Platte abzuschließen. Bei Gebäuden der Gebäudeklassen 1 bis 3 ist es ausreichend, die Brandwände bis unter das Dach zu führen. Verbleibende

Hohlräume wie z.B. bei Trapezblechdächern sind vollständig mit nicht brennbaren Materialien auszufüllen.

Anschlüsse von Wandplatten aus Stahl- oder Porenbeton an Verbundstützen können nach **Bild 2** ausgeführt werden. Die Stützen sind für  $\geq F90$  zu ummanteln und die Flächen zwischen den Flanschen auszumauern oder zu betonieren.

### Komplextrennwände

Komplextrennwände sind bauliche Trennungen innerhalb von Gebäudegruppen oder -anlagen, die brandschutztechnisch unabhängige Gefahrenbereiche abgrenzen. An Komplexwände werden nach den Prämissenrichtlinien der Versicherer höhere Anforderungen als an Brandwände gestellt. Sie müssen aus nicht brennbaren Baustoffen bestehen und über 180 Minuten die Tragfähigkeit und raumabschließende Funktion erhalten. Komplextrennwände müssen 50 cm über das Dach geführt werden.



**Bild 2: Bekleidung (Schema) von Stahlstützen (1 bis 3) und Stahlriegel (4 bis 7)**

## Brand- und Komplextrennwände in Verbindung mit Stahl- oder Stahlverbundstützen

Anschlüsse von Stahlverbundstützen und -trägern an Brandwände sind entsprechend den Angaben in DIN 4102-4 auszuführen.

Werden Stahlverbundträger und -stützen als Bauteile von Brand- oder Komplextrennwänden verwendet, ist zusätzlich nachzuweisen, dass der Temperaturanstieg auf der Feuer ab-

Brandwände		Komplextrennwände	
d [mm]	t [mm]	d [mm]	t [mm]
≥ 120	≤ 5	≥ 200	≤ 5
≥ 140	≤ 8	≥ 240	≤ 8
≥ 175	≤ 11	≥ 300	≤ 16
≥ 200	≤ 17	≥ 365	≤ 28
≥ 240	≤ 28	≥ 400	≤ 36
≥ 300	≤ 45		

Tabelle 2

Gebäudeklasse	1	2	3	4	5	Angebaute landwirtschaftliche Betriebsgebäude
Gebäudehöhe	h ≤ 7 m		7 m < h ≤ 13 m	13 m < h ≤ 22 m		
Wohnungen	≤ 2 Whg.		> 2 Whg.			
<b>Brandwände sind erforderlich*</b>	Als Gebäude Schlusswand, wenn diese Abschlusswände an oder mit einem Abstand bis zu 2,50 m gegenüber der Grundstücksgrenze errichtet werden, es sei denn, dass ein Abstand von mindestens 5 m zu bestehenden oder nach den baurechtlichen Vorschriften zulässigen künftigen Gebäuden gesichert ist. Als innere Brandwand zur Unterteilung ausgedehnter Gebäude in Abständen von nicht mehr als 40 m.				Als Gebäudeabschlusswand zwischen Wohngebäuden und angebauten landwirtschaftlich genutzten Gebäuden, sowie als innere Brandwand zwischen dem Wohnteil und dem landwirtschaftlich genutzten Teil eines Gebäudes.	
<b>Wandbauart</b>	Hochfeuerhemmende Wände. Gebäudeabschlusswände, die jeweils von innen nach außen die Feuerwiderstandsfähigkeit der tragenden und aussteifenden Teile des Gebäudes, mindestens jedoch feuerhemmende Bauteile, und von außen nach innen die Feuerwiderstandsfähigkeit feuerbeständiger Bauteile haben.		Wände, die auch unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung hochfeuerhemmend sind.		Brandwand	
<b>Ausbildung im Dachbereich</b>	Brandwände, sowie Wände die anstelle von Brandwänden zulässig sind, sind bis unmittelbar unter die Dachkante zu führen.		Brandwände sind 0,30 m über die Bedachung zu führen oder in Höhe der Dachhaut mit einer beiderseits 0,50 m ausragenden feuerbeständigen Platte aus nichtbrennbaren Baustoffen abzuschließen; darüber dürfen brennbare Teile des Daches nicht hinweggeführt werden.			
<b>Bauart und Ausführung von Brandwänden (BW)</b>	Brandwände müssen unter zusätzlicher mechanischer Beanspruchung feuerbeständig sein und aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und die Verbreitung von Feuer auf andere Gebäude oder Gebäudeabschnitte verhindern. Sie dürfen nicht von Bauteilen mit brennbaren Stoffen überbrückt werden. Bauteile dürfen in Brandwände nur soweit eingreifen, dass deren Feuerwiderstandsfähigkeit nicht beeinträchtigt wird; für Leitungen, Leitungsschlitze und Schornsteine gilt dies entsprechend.					
<b>Durchgängigkeit</b>	Brandwände müssen bis zur Bedachung durchgehen und in allen Geschossen übereinander angeordnet sein. Abweichend davon dürfen anstelle innerer Brandwände Wände geschossweise versetzt angeordnet werden, wenn <ul style="list-style-type: none"> <li>– die Wände die Bauart von Brandwänden haben,</li> <li>– Decken, soweit sie in Verbindung mit diesen Wänden stehen, feuerbeständig sind, aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen und keine Öffnungen haben,</li> <li>– Bauteile, die diese Wände und Decken unterstützen, feuerbeständig sind und aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen,</li> <li>– die Außenwände in der Breite des Versatzes in dem Geschoss oberhalb oder unterhalb des Versatzes feuerbeständig sind und</li> <li>– Öffnungen in den Außenwänden im Bereich des Versatzes so angeordnet oder andere Vorkehrungen so getroffen sind, dass eine Brandausbreitung in andere Brandabschnitte nicht zu befürchten ist.</li> </ul>					
<b>Innendeckenbereich</b>	Abstand der Brandwand von der inneren Ecke mindesten 5 m. Dies gilt nicht, wenn der Winkel der inneren Ecke mehr als 120 Grad beträgt oder mindestens eine Außenwand auf 5 m Länge als öffnungslose feuerbeständige Wand aus nichtbrennbaren Baustoffen ausgebildet ist.					
<b>Öffnungen im inneren BW</b>	Öffnungen in Brandwänden sind unzulässig. Sie sind in inneren Brandwänden nur zulässig, wenn Sie auf die für die Nutzung erforderliche Zahl und Größe beschränkt sind; die Öffnungen müssen feuerbeständige, dicht- und selbstschließende Abschlüsse haben.					
<b>Sichtöffnungen</b>	In inneren Brandwänden sind fb-Verglasungen nur zulässig, wenn sie auf die für die Nutzung erforderliche Zahl und Größe beschränkt sind.					
<p><sup>1)</sup> Gilt nicht für seitliche Wände von Vorbauten wie Erker, die nicht mehr als 1,5 m vor der Flucht der vorderen oder hinteren Außenwand des Nachbargebäudes vortreten, wenn sie von dem Nachbargebäude oder der Nachbargrenze einen Abstand einhalten, der ihrer eigenen Ausladung entspricht, mindestens jedoch 1 m beträgt.</p>						

Tabelle 1: Erfordernis und Ausführung von Brandwänden nach § 30 MBO

gewandten Seite  $\Delta T \leq 180$  K ist. Ein genauer Nachweis ist nicht erforderlich, wenn die in **Tabelle 2** angegebenen Abmessungen nicht überschritten werden.

## Brandwände als Systemwand in Leicht- und Trockenbauweise

In Stahlskelettbauwerken oder Stahlverbundkonstruktionen können verschiedene Wand-Systeme mit bauaufsichtlicher Zulassung als Brandwand angeboten. Sie bestehen aus einer Unterkonstruktion, z. B. Trapezblechprofile oder Ständerwerk aus I-, U- oder L-Profilen mit beidseitiger Beplankung aus Brandschutzplatten. Je nach Ausführung sind Feuerwiderstandsdauern bis zu 240 Minuten möglich. Vorteile der Systembauweise sind das geringe Gewicht und Anpassung an die baulichen Erfordernisse durch Konstruktionsvarianten.

## Literatur

- Stahlbau Brandschutz Handbuch; Hass, Meyer-Ottens, Richter; Ernst & Sohn, Berlin
- Verbundbau Brandschutz Handbuch; Hass, Meyer-Ottens, Richter, Ernst & Sohn, Berlin
- DIN 4102-4 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
- Brandschutzatlas; Feuertrutz GmbH Verlag
- Musterbauordnung, Nov. 2002

## Qualifizierte Beratung

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Hilfe, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Hans-Werner Girkes

Tel.: (02 11) 67 07-826

Tel.: (02 11) 67 07-829

brandschutz@bauen-mit-stahl.de

www.bauen-mit-stahl.de/brandschutz.htm



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 www.bauen-mit-stahl.de  
 zentrale@bauen-mit-stahl.de

## 64.1 Klassifizierte Stahlverbundbauteile



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

### Grundlagen

Verbundträger und Verbundstützen werden brandschutztechnisch durch Klassifizierung nach DIN 4102 – Abschnitt 7 nachgewiesen. Die Norm enthält Tabellen für

- Verbundträger mit ausbetonierten Kammern
- Verbundstützen aus
  - betongefüllten Hohlprofilen,
  - einbetonierten Stahlträgern,
  - aus Stahlprofilen mit ausbetonierten Seitenteilen

unter Verwendung handelsüblicher Walzprofile nach DIN EN 10025 oder Schweißprofile, Betongüten > B25, Betonstahl BSt 500 S.

### Verbundträger mit ausbetonierten Kammern

nach den „Richtlinien für die Bemessung und Ausführung von Stahlverbundträgern“ können nach DIN 4102 in die Feuerwiderstandsklassen F 30 bis F 180-A in Abhängigkeit des Ausnutzungsgrads unter Einhaltung von Mindestquerschnittsabmessungen, Bewehrungsgrad eingestuft werden. Der Träger ist vor Brandangriff von oben zu schützen, speziell beim Einsatz von Verbunddecken (Trapezprofile). Decken aus Stahlbeton oder bauaufsichtlich zugelassene Verbunddecken in der geforderten Feuerwiderstandsklasse schützen den Obergurt des Stahlträgers ausreichend. Die Bemessungstabellen gelten für statisch bestimmt gelagerte Träger und für die Bereiche positiver Momente statisch unbestimmter Verbundträger. Für den Nachweis nach Tabelle 1 sind für die Bemessung der Schubbewehrung zusätzliche Anforderungen zu beachten.

Die Tabellenwerte wurden für Stahlträger der Stahlgüte St 52-3 (S355) ermittelt. Für S235 (St 37) darf die erforderliche Bewehrung auf 70 % reduziert werden. Die Zulagebewehrung ist reine Brandschutzbewehrung. Der Kammerbeton ist mit Bügeln, Steckhaken oder Kopfbolzen zugestiftet an den Träger anzuschließen.

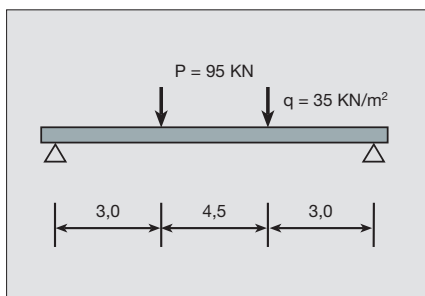


Bild 1: System und Belastung

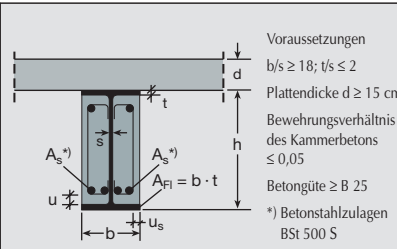
Zeile	 <p>Voraussetzungen  <math>b/s \geq 18</math>; <math>t/s \leq 2</math>                      Plattendicke <math>d \geq 15</math> cm                      Bewehrungsverhältnis des Kammerbetons <math>\leq 0,05</math>                      Betongüte <math>\geq B 25</math>                      *) Betonstahlzulagen BSt 500 S</p>	Feuerwiderstandsklasse-Benennung				
		F 30-A	F 60-A	F 90-A	F 120-A	F 180-A
1	Ausnutzungsfaktor $\alpha_5 = 0,4$ Mindestbreite min b in mm/min ( $A_s/A_{FI}$ ) bei zugehöriger Profilhöhe $h \geq 0,9 \cdot \min b$	70/0,0	120/0,0	180/0,0	220/0,0	300/0,3
1.1	bei zugehöriger Profilhöhe $h \geq 1,5 \cdot \min b$	60/0,0	100/0,0	150/0,0	200/0,0	280/0,2
1.2	bei zugehöriger Profilhöhe $h \geq 2,0 \cdot \min b$	60/0,0	100/0,0	150/0,0	180/0,0	260/0,0
2	Ausnutzungsfaktor $\alpha_5 = 0,7$ Mindestbreite min b in mm/min ( $A_s/A_{FI}$ ) bei zugehöriger Profilhöhe $h \geq 0,9 \cdot \min b$	80/0,0	200/0,2	250/0,7	300/0,7	–
2.1	bei zugehöriger Profilhöhe $h \geq 1,5 \cdot \min b$	80/0,0	200/0,0	200/0,6	300/0,4	300/1,0
2.2	bei zugehöriger Profilhöhe $h \geq 2,0 \cdot \min b$	70/0,0	150/0,0	200/0,4	300/0,3	300/0,8
2.3	bei zugehöriger Profilhöhe $h \geq 3,0 \cdot \min b$	60/0,0	120/0,0	190/0,2	270/0,3	300/0,6

Tabelle 1: Mindestquerschnittsabmessungen min b und erforderliche Verhältnisse min ( $A_s/A_{FI}$ ) von Zulagebewehrung zur Untergurffläche für Verbundträger mit ausbetonierten Kammern

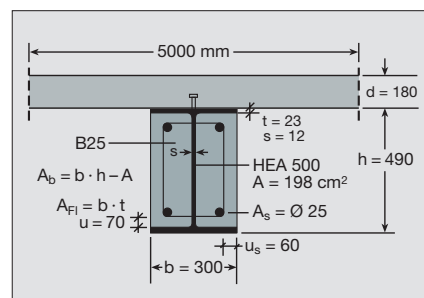


Bild 2: Verbundträger aus Stahlprofil HEA 500, S235; Stahlbetondecke d = 18 cm, B35; Bewehrung 4 Ø 25 BSt 500 S

### Beispiel für eine brandschutztechnische Bemessung eines Verbundträgers nach Tabellen

Die Feuerwiderstandsklasse des Verbundträgers aus HEA 500, S235 mit Kammerbeton ist nach **Tabelle 1** zu bestimmen. Die Stahlbetondecke aus B35 hat eine Dicke  $d = 18$  cm und eine Breite von 5 m. Das vorhandene Moment beträgt  $\text{vorh } M = 767,3$  kNm.

Um **Tabelle 1** anwenden zu können, sind verschiedene Randbedingungen einzuhalten.  
 HEA 500:  $\text{vorh } b/s = 300/12 = 25 > 18$   
 $\text{vorh } t/s = 23/12 = 1,92 < 2$   
 Betonplatte:  $d = 18$  cm  $> 15$   
 $B 35 > B 25$

Zur Bestimmung des Ausnutzungsfaktor  $\alpha_5$  wird die plastische Grenztragfähigkeit nach den „Richtlinien für Stahlverbundträger (3.81)“ ermittelt:  $M_{pl} = 1856,9$  kNm

$$\alpha_5 = \frac{\text{vorh } M}{M_{pl}} = \frac{767,3}{1856,9/1,7} = 0,70$$

Die Klassifizierung erfolgt nach Zeile 2.2 für die Feuerwiderstandsklasse F 120-A: Mit der Profilhöhe  $h = 490 > 1,5 \cdot 300 = 450$  und Flanschbreite  $b = 300$  mm ergibt sich  $\text{erf } A_s/A_{FI} = 0,4$ .

Die erforderliche Bewehrung  $A_s$  darf wegen Verwendung von der Stahlgüte S235 auf 70 % abgemindert werden.

$$\text{erf } A_s = 0,7 \cdot 0,4 \cdot A_{FI} = 19,32 \text{ cm}^2$$

Gewählt werden: 2 Stäbe pro Kammer 4 Ø 25,  $A_s = 4 \cdot 4,91 = 19,6 \text{ cm}^2 > 19,32 \text{ cm}^2$   
 Mindestabstände für die Zugbewehrung  $u = 70$  mm,  $u_s = 60$  mm

Das Bewehrungsverhältnis des Kammerbetons darf 0,05 nicht überschreiten: Überprüfung des Bewehrungsgrades des Kammerbetons:  
 $A_s/A_b = 19,6 / (49 \cdot 30 - 198) = 0,015 < 0,05$

Die Brandschutzanforderungen F 120 ist für diesen Träger nachgewiesen. Die Anschlüsse an Träger und Stützen sind in geeigneter Weise auszuführen. In DIN 4102-4, Abs. 7, sind Anschlüsse, die die Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit erfüllen, dargestellt.

## Verbundstützen

Verbundstützen nach DIN 18806 Teil 1 mit 4-seitiger Beflammung können nach DIN 4102-4 klassifiziert werden. Sie müssen die angegebenen Mindestquerschnittsabmessungen in Abhängigkeit des Ausnutzungsfaktors  $\alpha_6$  besitzen. Voraussetzung für die Anwendung ist, dass die Rotation der Stützenenden im Brandfall wirksam behindert ist. Werden die Stützen mit Knaggen- oder Laschenanschluss (Beispiele DIN 4102-4 Bild 72 bis 74) angeschlossen oder durchlaufend über mehrere Geschosse durchgeführt, kann in ausgesteiften Tragsystemen eine wirksame Einspannung der Endquerschnitte angenommen werden. Der Ausnutzungsfaktor  $\alpha_6$  ist das Verhältnis der 1,0-fachen Bemessungslast zur  $1/\gamma$ -fachen rechnerischen Traglast.

## Verbundstützen aus betongefüllten Hohlprofilen

Die Tabellen gelten für rechteckige und runde Hohlprofile mit  $D/s$  bzw.  $d/s \geq 25$ , St 37 (S235) und Verwendung der Materialgüten von Beton  $\geq B 25$  und Bewehrung BSt 500 S. Es sind mindestens vier Längsbewehrungsstäbe vorzusehen, die durch entsprechende Verbügelung während des Betonierens in ihrer Lage zu fixieren sind. Die Hohlprofile müssen im Abstand von höchstens 5 m sowie an den Stützenenden mindestens zwei Löcher ( $A \geq 6 \text{ cm}^2$ ) als Dampfaustrittsöffnung besitzen.

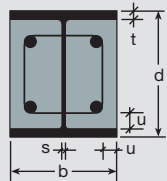
## Verbundstützen aus vollständig einbetonierten Stahlprofilen

Verbundstützen dieses Typs erfüllen bei Einhaltung der Mindestquerschnittsabmessungen die Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer bei voller Lastausnutzung.

## Verbundstützen mit ausbetonierten Seitenteilen

Verbundstützen mit ausbetonierten Kammern erreichen ohne Lastabminderung Feuerwiderstandsdauern bis zu F 60. In **Tabelle 2** sind die Mindestdicken  $d$  und  $b$ , der zugehörige Mindestabstand  $u$  der Längsbewehrung und erforderliche Verhältnis der Steg-/Flanschdicke in Abhängigkeit des Ausnutzungsgrades angegeben. Für Verbundstützen mit einer Stützenlänge  $\leq 7,50 \text{ m}$  und einem Mindestbewehrungsverhältnis von 3 % gelten geringere Anforderungen.

Der Kammerbeton ist gegen Herausfallen zu sichern und durch angeschweißte Bügel, Steckhaken oder Kopfbolzen mit dem Stützensteg zu verbinden. Der Abstand der Verbindungsmittel darf nicht größer als 500 mm sein, im Knotenbereich circa 100 mm. Die nach DIN 18806 Teil 1 erforderliche Bügelbefestigung, darf für die im Brandfall notwendige Verankerung berücksichtigt werden.

Zeile		(Zwischenwerte dürfen interpoliert werden.)				
		Feuerwiderstandsklasse-Benennung				
		F 30-A	F 60-A	F 90-A	F 120-A	F 180-A
1	Ausnutzungsfaktor $\alpha_6 = 0,4$ Mindestdicken $b$ und $d$ in mm Mindestabstand $u$ Mindestverhältnis $s/t$	160 40 0,6	260 40 0,5	300 50 0,5	300 60 0,7	400 60 0,7
2	Ausnutzungsfaktor $\alpha_6 = 0,7$ Mindestdicken $b$ und $d$ in mm Mindestabstand $u$ Mindestverhältnis $s/t$	200 35 0,6	300 40 0,6	300 50 0,7	– – –	– – –

**Tabelle 2: Mindestquerschnittsabmessungen für Verbundstützen aus Stahlprofilen mit ausbetonierten Seitenteilen**

## Beispiel für eine brandschutztechnische Bemessung einer Verbundstütze mit ausbetonierten Seitenteilen mit Hilfe von Tabellen

Eine Pendelstütze mit einer Länge  $l = 8,0 \text{ m}$  wird durch eine zentrische Normalkraft  $N = 1400 \text{ kN}$  belastet. Das Tragsystem ist in Wandebene (z-Achse) unverschieblich gehalten. Die Stütze wird um die starke y-Achse auf Knicken beansprucht.

Verbundstütze aus HEB 340, S 235  
Kammerbeton B 25

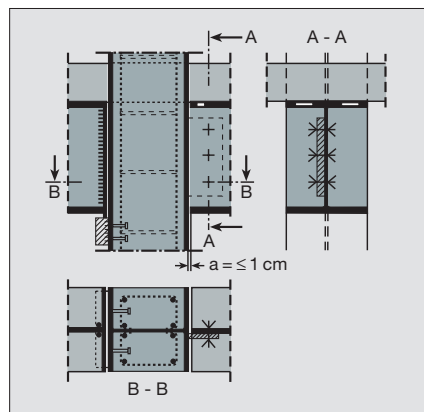
Betonstahl BSt 500 S, 4  $\varnothing 20 \text{ mm}$ ,  $u = 50 \text{ mm}$   
Brandschutztechnische Anforderung F 90

Die rechnerische Traglast der Verbundstütze mit der Knicklänge  $s_{ky} = 8,0 \text{ m}$  (Knickbeanspruchung um y-Achse) wird nach DIN 18806 berechnet.

$$N_{pl} = 5822 \text{ kN};$$

$$N_{ki} = 13533 \text{ kN}; \quad \bar{\lambda} = 0,655; \quad \kappa = 0,817$$

$$\text{Ausnutzungsfaktor } \alpha = \frac{\text{vor}N}{\kappa \cdot N_{pl}/\gamma} = 0,4$$



**Bild 3: Stützenanschluss**

Die Klassifizierung erfolgt nach **Tabelle 2**, Zeile 1: Mindestquerschnittsabmessungen  $b = 300 = \min b = 300 \text{ mm}$   
 $d = 340 > \min d = 300 \text{ mm}$   
Mindestabstand der Längsbewehrung  $u = 50 \text{ mm}$   
Mindestverhältnis Steg-/Flansch-Dicke vorh  $s/t = 0,56 > \text{erf } s/t = 0,5$   
Die Stütze erfüllt die Anforderungen der Feuerwiderstandsklasse F 90-A.

Die Träger/Stützenanschlüsse müssen im Brandfall die gleiche Feuerwiderstandsfähigkeit aufweisen wie die Bauteile.

## Literatur

- Stahlbau Brandschutz Handbuch; Hass, Meyer-Ottens, Richter; Ernst & Sohn, Berlin
- Verbundbau Brandschutz Handbuch; Hass, Meyer-Ottens, Richter, Ernst & Sohn, Berlin
- DIN 4102-4 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Beuth Verlag, Berlin

## Qualifizierte Beratung

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Hilfe, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Hans-Werner Girkes

Tel.: (02 11) 67 07-826

brandschutz@bauen-mit-stahl.de

www.bauen-mit-stahl.de/brandschutz.htm



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de



## 64.2 Stahlverbundbauteile Brandschutzbemessung nach EC



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

### Allgemeines

Der brandschutztechnische Nachweis von Verbundbauteilen kann alternativ auch nach den europäischen Regelungen geführt werden. Im Eurocode 4-1-2 (DIN V EN V 1994-1-2) sind Regeln für die Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken im Brandfall angegeben. Es stehen drei Ebenen für den Nachweis des Feuerwiderstandes tragender Bauteile zur Verfügung

- Klassifizierung der Bauteile nach Tabellen
- Nachweis mit vereinfachtem Berechnungsverfahren
- Allgemeine Berechnungsverfahren.

Die Klassifizierung nach Tabellen und vereinfachte Berechnung sind auf Einzelbauteile mit direkter Brandbeanspruchung über die volle Bauteillänge beschränkt. Die Klassifizierung erfolgt analog zur DIN 4102-4, deren Tabellen im Wesentlichen übernommen wurden. Die Bemessung basiert auf Normbrandbedingungen und einer konstanten Temperaturverteilung über den Querschnitt.

Bei allgemeinen Berechnungsverfahren wird das Brandverhalten von Gesamt-, Teiltragwerken oder Bauteilen simuliert und die Tragfähigkeit unter Brandbeanspruchung nachgewiesen.

Die thermischen Einwirkungen und mechanischen Lasten im Brandfall werden nach EC 1-2-2 berechnet. Für hochbauübliche Lastzusammensetzungen darf pauschal  $\eta_{fi} = 0,65$  eingesetzt werden, wenn die Beanspruchungen nicht genauer ermittelt werden. Die temperaturabhängigen Werkstoffeigenschaften für erhöhte Temperaturen werden für die Baustoffe Stahl, Beton und Baustahl nach EC 4-1-2 bestimmt.

### Klassifizierung der Bauteile nach Tabellen

Der Eurocode enthält Tabellen für

- Verbundträger mit ausbetonierten Kammern
- Verbundstützen mit vollständig einbetonierten Stahlquerschnitten
- Verbundstützen mit Kammerbeton
- Verbundstützen aus betongefüllten Hohlprofilen.

Der Ausnutzungsfaktor  $\eta_{fi,t}$  ist das Verhältnis des Bemessungswerts der Beanspruchung im Brandfall zum Zeitpunkt  $t$   $E_{fi,d,t}$  zum Bemessungswert der Beanspruchbarkeit bei Normaltemperatur  $R_d$ . Zur Bestimmung des Ausnutzungsfaktors werden  $E_{fi,d,t}$  bzw.  $R_{fi,d}$  und  $R_d$  auf der Grundlage von Eurocode 4 berechnet.

### Verbundträger mit ausbetonierten Kammern

Tabelliert sind die Mindestquerschnittsabmessungen  $\min b$  und das Verhältnis Mindestzulagebewehrung zur Untergurtfläche  $\min (A_s/A_f)$ . Die Tabellen gelten für Einfeldträger, wenn folgende Bedingungen einhalten sind:

- Stegdicke  $e_w < b/15$
- Untere Flanschdicke  $e_f \leq 2e_w$
- Dicke der Betonplatte  $h_c \geq 12 \text{ cm}$
- $A_s/(A_c+A_s) \leq 5 \%$

Die Tabellenwerte sind für Baustahl S335 (= Fe510) ermittelt. Für andere Stahlgüten sind die Mindestwerte für die Zulagebewehrung (Betonstahlgüte BSt 500) mit dem Streckgrenzenverhältnis zu multiplizieren. Die Achsabstände der Zulagebewehrung sind nach EC 4-1-2 ausführen.

Die Träger sind schubfest mit den Decken aus Stahlbeton oder Stahlprofilblech-Verbunddecken zu verbinden. Die Stahlprofilbleche müssen 90 % der Trägeroberseite abdecken. Betonummantelte Träger erreichen eine Feuerwiderstandsdauer von R 30 bis R 180 bei ausreichender Betonüberdeckung.

### Verbundstützen

Die Tabellenwerte gelten unter der Voraussetzung, dass die Stütze biegesteif an die darüber bzw. darunter liegende Stütze oder das Fundament angeschlossen ist und der Brand auf das betrachtete Geschoß begrenzt ist.

### Verbundstützen mit vollständig einbetonierten Stahlquerschnitten

dürfen nach Tabelle 4.4 des Eurocodes bemessen werden. Die Längsbewehrung sollte den Regeln der ENV 1994-1-1 entsprechen, mindestens aus vier Stäben  $\varnothing 12 \text{ mm}$  bestehen.

### Verbundstützen mit Kammerbeton

Bei der Ermittlung des Ausnutzungsfaktors sind nur Bewehrungsverhältnisse zwischen 1 % und 6 % zu berücksichtigen.

### Verbundstützen aus betongefüllten Hohlprofilen

Mindestquerschnittsabmessungen und Bewehrungsgrade sind tabelliert. Beim Nachweis ist eine nominelle Streckgrenze von  $235 \text{ N/mm}^2$  anzusetzen, die Wanddicke wird bis zu  $b/25$  bzw.  $d/25$  berücksichtigt, Bewehrungsgrade bis zu 3 % angerechnet und die Betonfestigkeit unter Normaltemperatur eingesetzt.

### Beispiel für eine brandschutztechnische Bemessung einer Verbundstütze mit ausbetonierten Seitenteilen mit Hilfe von Tabellen

Gegeben ist eine Pendelstütze mit einer Länge  $l = 4,0 \text{ m}$  (Knickbeanspruchung um z-Achse). Die Stütze wird durch eine Normalkraft  $N = 1400 \text{ KN}$  belastet.

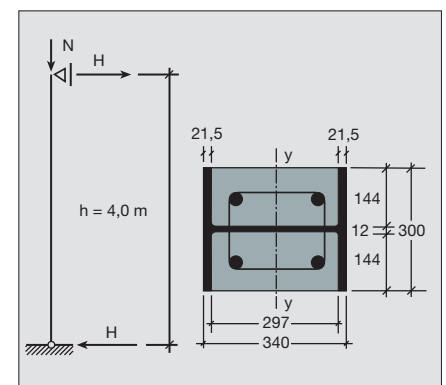


Bild 1: System, Belastung, Querschnitt

Verbundstütze aus HEB 340, S235  
Kammerbeton B 25  
Betonstahl BSt 500 S, 4  $\varnothing 20 \text{ mm}$ ,  $u = 50 \text{ mm}$

Brandschutztechnische Anforderung R 90

Normalkrafttragfähigkeit nach EC 4

$$N_{pl} = 5780 \text{ KN};$$

$$N_{ki} = 11161 \text{ KN}; \bar{\lambda} = 0,77; \chi = 0,81$$

$$N_{Rd} = \chi \cdot N_{pl,Rd} = 4681 \text{ KN}$$

Ausnutzungsfaktor

$$\eta_{fi,t} = \frac{N_{fi,t}}{N_{Rd}} = \frac{1400}{4681} = 0,3$$

Die Tragfähigkeit im Brandfall ist nachgewiesen, wenn die Mindestabmessungen nach **Tabelle 1** eingehalten werden.

$$\text{Bewehrungsgrad} \frac{A_s}{A_s + A_c} = 2,3 \%$$

$$\left. \begin{array}{l} \geq 1 \% \\ \leq 6 \% \end{array} \right\}$$

Mindestquerschnittsabmessungen

$$b = 300 = \min b = 300 \text{ mm}$$

$$h = 340 > \min h = 300 \text{ mm}$$

Mindestabstand der

Längsbewehrung  $u_s = 50 \text{ mm}$

Mindestverhältnis Steg-/Flansch-Dicke  
vorh  $e_w/e_f = 0,55 > \min (e_w/e_f) = 0,5$

Die Stütze erfüllt die Anforderungen der Feuerwiderstandsklasse **R 90**.

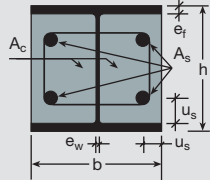
Zeile		Feuerwiderstandsklasse-Benennung				
		R 30	R 60	R 90	R 120	
1	Ausnutzungsfaktor $\eta_{fi,t} = 0,3$	min h und min b [mm] min $U_s$ [mm] min ( $e_w/e_t$ )	160 40 0,6	260 40 0,5	300 50 0,5	300 60 0,7
2	Ausnutzungsfaktor $\eta_{fi,t} = 0,5$	min h und min b [mm] min $U_s$ [mm] min ( $e_w/e_t$ )	200 35 0,6	300 40 0,6	300 50 0,7	– – –
3	Ausnutzungsfaktor $\eta_{fi,t} = 0,7$	min h und min b [mm] min $U_s$ [mm] min ( $e_w/e_t$ )	250 30 0,6	300 40 0,7	– – –	– – –

Tabelle 1: Mindestquerschnittsabmessungen von Verbundstützen mit Kammerbeton

**Nachweis mit vereinfachtem Berechnungsverfahren**

In EC4-1-2 stehen vereinfachte Berechnungsverfahren für Verbundträger und -stützen sowie Verbunddecken zur Verfügung.

**Verbundträger**

Beim Nachweis für den Feuerwiderstand von Verbundträgern wird die Momenten Tragfähigkeit nach der Plastizitätstheorie unter Berücksichtigung temperaturabhängiger Werkstoffeigenschaften berechnet. Bei kammerbetonierten Stahlträgern wird die verminderte Festigkeit berücksichtigt, indem die Momenten Tragfähigkeit des reduzierten Querschnitts ermittelt wird. Das im Brandfall wirkende Biegemoment muss kleiner als die Biegemomenten Tragfähigkeit zum Zeitpunkt  $t$   $M_{fi,d} \leq M_{fi,Rd,t}$ . Für Verbundträger ohne Überdeckung des Stahlquerschnitts kann der Nachweis alternativ auf Temperaturebene geführt werden, die Temperaturerhöhung im Stahlquerschnitt darf die kritische Temperatur nicht überschreiten  $\Theta_{a,max} \leq \Theta_{a,cr}$ .

**Verbundstützen**

Verbundstützen in ausgesteiften Tragwerken dürfen nach den im Eurocode angegebenen vereinfachten Rechenverfahren nachgewiesen werden. Der Bemessungswert der Grenznormalkraft unter zentrischem Druck wird unter Berücksichtigung der Stabilität im Brandfall ermittelt.

Verbundstützen mit Kammerbeton und aus betongefüllten Hohlprofilen können nach den im Eurocode angegebenen Verfahren für den Brandfall nachgewiesen werden.

**Allgemeine Berechnungsverfahren**

bestehen aus einer thermischen und mechanischen Analyse des Gesamttragwerks oder Einzelbauteilen und liefern eine wirklichkeitstreue Beschreibung des Tragverhaltens im Brandfall.

**Konstruktionsdetails**

Der Verbund zwischen Stahl und Verbund muss sichergestellt sein und eine ausreichende Überdeckung der Bewehrung vorgesehen werden.

Bei **Verbundträgern und Verbundstützen mit ausbetonierten Kammern** sind eine Mindestbewehrung anzuordnen und der Verbund zwischen Beton und Stahl durch Bügel, Stekhaken oder Kopfbolzendübel entsprechend **Bild 2** sicherzustellen.

Die Zusatzbewehrung von Verbundstützen aus betongefüllten Rohren ist mit Bügel und Abstandhaltern zu befestigen. Am Kopf und Fuß der Stahlhohlquerschnitte ist je ein Loch  $\varnothing 20$  mm vorzusehen, maximal im Abstand von 5 Metern.

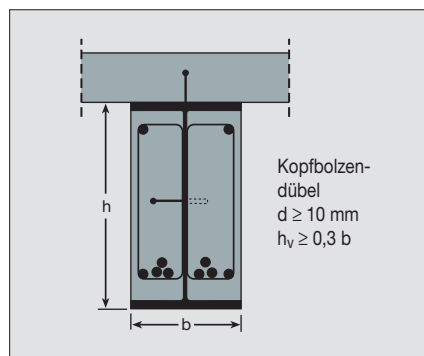


Bild 2: Sicherung des Verbundes zwischen Stahlprofil und Kammerbeton durch angeschweißte Kopfbolzendübel an den Profilsteg

**Anschlüsse**

Die Anschlüsse der Verbundträger an Verbundstützen müssen den gleichen Feuerwiderstand aufweisen wie die Bauteile selbst. Im Eurocode sind Beispiele für Stützenanschlüsse dargestellt, die diese Bedingung an die Feuerwiderstandsfähigkeit erfüllen (Bild 3).

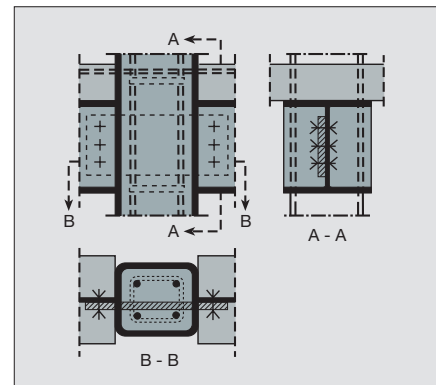


Bild 3: Anschluss an betongefüllte Hohlprofile mit durchgesteckten Laschen

**Literatur**

- DIN V ENV 1994-1-2 Eurocode 4 – Verbundtragwerke – Tragwerksbemessung im Brandfall; 1997-06
- DIN V ENV 1991-2-2 EC 1 – Einwirkungen im Brandfall; 1997-05
- DIN V ENV 1994-1-1 EC 4 – Verbundtragwerke – Bemessung für den Hochbau; 1997-06
- DASt-Richtlinie 104: Nationales Anwendungsdokument (NAD) – Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 1994-1-2: 1997-06
- Schaumann, P: Nationale brandschutztechnische Bemessung; Stahlbaukalender 2001
- Stahlbau Brandschutz Handbuch; Hass, Meyer-Ottens, Richter; Ernst & Sohn, Berlin
- Verbundbau Brandschutz Handbuch; Hass, Meyer-Ottens, Richter, Ernst & Sohn, Berlin
- Kretz, J.: Brandschutz von Verbundbauteilen

**Qualifizierte Beratung**

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Hilfe, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Hans-Werner Girkes

Tel.: (02 11) 67 07-826

brandschutz@bauen-mit-stahl.de

www.bauen-mit-stahl.de/brandschutz.htm



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 Internet: www.bauen-mit-stahl.de  
 E-Mail: zentrale@bauen-mit-stahl.de

## 64.3 Nachweis eines Verbundträgers mit Kammerbeton im Brandfall



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

Verbundträger mit Kammerbeton können nach dem vereinfachten Verfahren des Eurocodes 4 (DIN EN 1994-1-2) brandschutztechnisch nachgewiesen und so wirtschaftlich bemessen werden. Das Nachweisverfahren gilt für Einfeld- und Durchlaufträger sowie Kragarmbereiche. Mit dem Berechnungsverfahren können kammerbetonierte Verbundträger mit Verbunddecken aus Trapezprofilblechen und Wärmedämmmaterial in den Hohlräumen über dem Obergurt, oder mit hinterschnittenen Stahlprofilblechen oder mit Profilblechen, die 90 % des Oberflansches abdeckend bemessen werden, wenn von einer dreiseitigen Beflammung ausgegangen werden kann. Als Beispiel wird ein Einfeldträger bemessen. Die Stützweite beträgt 10,5 m, der Trägerabstand 5 m.

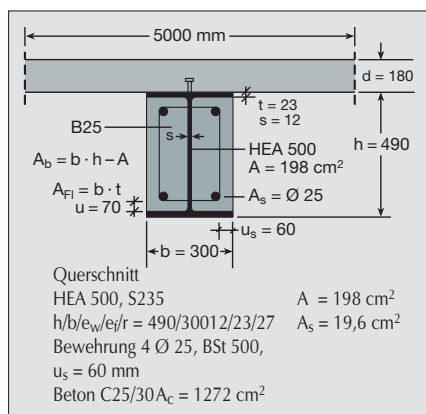


Bild 1: Querschnitt Verbundträger HEA 500 mit Kammerbeton

### Grundschnittgrößen am statisch bestimmten Einfeldträger

$q = 57 \text{ KN/m}$   
 $Q_0 = 57 \cdot 10,5/2 = 300 \text{ KN}$   
 $M_0 = 57 \cdot 10,5^2/8 = 785,5 \text{ KNm}$   
Die Brandschutzanforderung ist für die Feuerwiderstandsdauer R 90 nachzuweisen.

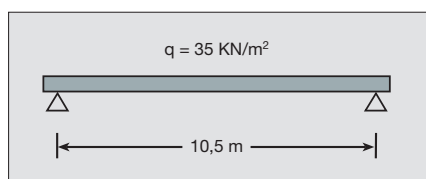


Bild 2: System und Belastung

Bei Anwendung des vereinfachten Rechenverfahrens sind die Grenzwerte für Querschnittsabmessungen nach Tab. 1 einzuhalten:

Feuerwiderstandsklasse	Mindestlattenstärke $h_c$ [mm]	Profilhöhe $h$ [mm]	Mindestfläche $h \cdot b_c$ [mm²]	Stegdicke $e_w$ [mm]	Flanschenstärke $e_f$ [mm]
R 30	> 60	> 120	> 17.500	< $b_c/10$	< $h/8$
R 60	> 80	> 150	> 24.000		
R 90	> 100	> 170	> 35.000		
R 120	> 120	> 200	> 50.000		

Tabelle 1

### Überprüfung der Anwendungsgrenzen für den Verbundträger

Plattendicke  $h_c = 180 \text{ mm} > 100 \text{ mm}$   
Profilhöhe  $h = 490 \text{ mm} > 170 \text{ mm}$   
Profilbreite  $b_c = 300 \text{ mm} > 170 \text{ mm}$   
Fläche  $h \cdot b_c = 147.000 \text{ mm}^2 > 35.000 \text{ mm}^2$   
Stegdicke  $e_w = 12 \text{ mm} < 300/10 = 30 \text{ mm}$   
Flanschenstärke  $e_f = 23 \text{ mm} < 490/8 = 61,25 \text{ mm}$

Die verminderte Tragfähigkeit durch die Temperaturbeanspruchung ist entweder durch Reduzierung der Beton- und Stahlquerschnitte oder durch Reduzierung charakteristischen mechanischen Werkstoffkennwerte nach Anhang E zu berücksichtigen.

### Ermittlung der reduzierten Querschnittswerte

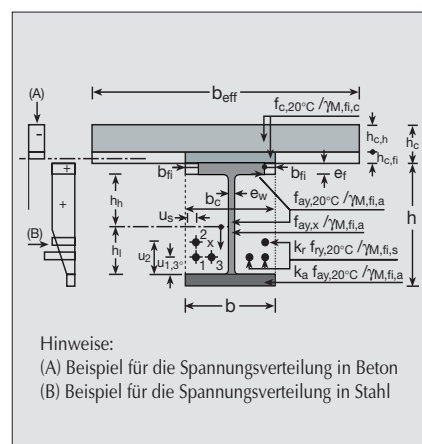
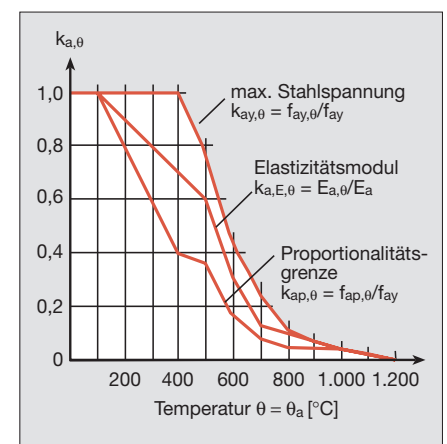


Bild 3: reduzierter Querschnitt

### Werkstoffeigenschaften

Stahl  $f_{ay,20^\circ} = 235 \text{ N/mm}^2$   
Betonstahl  $f_{ry,20^\circ} = 500 \text{ N/mm}^2$   
Beton  $f_{c,20^\circ} = 25 \text{ N/mm}^2$



Werkstoffkennwerte für Baustahl im Brandfall

### Betondecke

$h_{c,fi} = 30 \text{ mm}$  nach Tabelle  
 $h_{c,fi} = h_2 = 51 \text{ mm} > 30 \text{ mm}$   
Bei Verbunddecken mit trapezförmigen oder hinterschnittenen Stahlprofilblechen sollte die Reduktion mindestens gleich der Rippenhöhe sein.

### Oberer Flansch

$$b_{fi} = (e_f/2) + 30 + (b-b_c)/2 = 23/2 + 30 + (300-300)/2 = 41,5 \text{ mm}$$

$$b_{red} = 300 - 2 \cdot 41,5 = 217 \text{ mm}$$

### Steg

Für  $1 < h/b_c = 490/300 = 1,63 < 2$  und R90:  
 $h_l = 14.000/b_c + 75.000 (e_w/b_c \cdot h) + 85.000 (e_w/b_c \cdot h) (2-h/b_c) = 14.000/300 + 75.000 (12/147.000) + 85.000 (12/147.000) (2-1,63) = 133,6 > h_{l,min} = 40 \text{ mm}$   
 $h_h = 490 - 133,6 - 2 \cdot 23 = 310,4 \text{ mm}$

### Unterer Flansch

Reduktionsfaktor für die untere Streckgrenze  
 $k_a = [0,12 - 17/b_c + h/38 \cdot b_c] (0,018 e_f + 0,7) = [0,12 - 17/300 + 490/38 \cdot 300] (0,018 \cdot 12 + 0,7) = 0,10$   
 $k_{a,min} = 0,6 < k_a = 0,10 < k_{a,max} = 0,12$

### Bewehrung

Reduktionsfaktor  $k_r$  der Streckgrenze eines Bewehrungsstabes

$$A_m = 2 h + b_c = 2 \cdot 490 + 300 = 1.280 \text{ mm}$$

$$V = h \cdot b_c = 490 \cdot 300 = 147.000 \text{ mm}^2$$

$$u = 1 / [1/60 + 1/70 + 1/(300-12-70)] = 28,1 \text{ mm}$$

$$k_{r1} = (u \cdot a_3 + a_4) a_5 / \sqrt{(A_m/V)} = (28,1 \cdot 0,026 - 0,154) 0,09 \sqrt{(1.280/147.000)} = 0,015$$

### Plastisches Biegemoment des Feldquerschnitts nach 90 Minuten Branddauer

oberer Flansch  
 $F_f = b_{red} \cdot e_f \cdot f_{ay, 20^\circ} = 21,7 \cdot 2,3 \cdot 23,5 = 1172,9 \text{ KN}$   
 $z_f = h_c + e_f/2 = 0,192 \text{ m}$   
 $M_{f,o} = F_f \cdot z_f = 1.172,9 \cdot 0,192 = 224,6 \text{ KNm}$

oberer Stegteil  
 $F_{st,o} = e_w \cdot h_h \cdot f_{ay, 20^\circ} = 1,2 \cdot 31,04 \cdot 23,5 = 875,3 \text{ KN}$   
 $z_{st,o} = h_c + e_f + h_h/2 = 0,18 + 0,023 + 0,3104/2 = 0,36 \text{ m}$   
 $M_{f,o} = F_{st,o} \cdot z_{st,o} = 875,3 \cdot 0,36 = 313,5 \text{ KNm}$

unterer Stegteil  
 $F_{st,u} = e_w \cdot h_l \cdot f_{ay, 20^\circ} (1 + k_a) / 2 = 1,2 \cdot 13,36 \cdot 23,5 (1 + 0,10) / 2 = 207,2 \text{ KN}$   
 $z_{st,u} = 0,18 + 0,49 - 0,023 - 0,1336 \cdot (2/3) \cdot 0,95 = 0,56 \text{ m}$   
 $M_{st,u} = F_{st,u} \cdot z_{st,u} = 207,2 \cdot 0,5 = 116,5 \text{ KNm}$

unterer Flansch  
 $F_f = b \cdot e_f \cdot f_{ay, 20^\circ} \cdot k_a = 30 \cdot 2,3 \cdot 23,5 \cdot 0,1 = 162,2 \text{ KN}$   
 $z_f = 0,18 + 0,49 - 0,023/2 = 0,66 \text{ m}$   
 $M_f = F_f \cdot z_f = 162,2 \cdot 0,66 = 107,1 \text{ KNm}$

Die Walzausrundung wird in diesem Beispiel vernachlässigt.

Bewehrung 2 Ø 25  
 $F_s = A_s \cdot k_{r1} \cdot f_{ry, 20^\circ} \cdot 2 \cdot 4,91 \cdot 0,015 \cdot 50 = 7,4 \text{ KN}$   
 $z_s = 0,18 + 0,49 - 0,023/2 - 0,05 = 0,60 \text{ m}$   
 $M_s = 7,4 \cdot 0,6 = 4,5 \text{ KNm}$

Mitwirkende Plattenbreite  
 $b_m = 0,25 \cdot 5 = 1,25 \text{ m}$   
 $\Sigma Z = 1172,9 + 875,3 + 207,2 + 162,2 + 7,4 = 2.425 \text{ KN}$

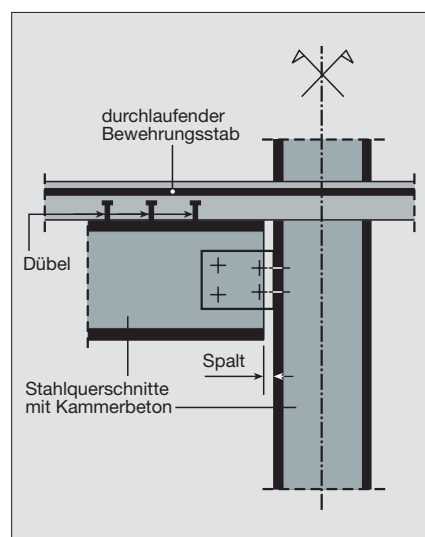
plastische Nulllinie  
 $z_{pl} = 2.425 / (125 \cdot 2,5) = 7,76 \text{ cm}$

Betonplatte  
 $F_c = -2.425 \text{ KN}$   
 $z_c = 0,0776/2 = 0,039 \text{ m}$   
 $M_c = F_c \cdot z_c = -2425 \cdot 0,039 = 94,1 \text{ KNm}$

Plastisches Feldmoment  
 $M_{fi,90,Rd} = 224,6 + 313,5 + 116,5 + 106,8 + 4,5 - 94,1 = 671,9 \text{ KNm}$

### Stützmoment am Auflager

Bei gelenkig gelagerten Einfeldträger können sich im Brandfall Stützmomente einstellen, wenn die Deckenbewehrung eine Durchlaufwirkung gewährleistet und die Druckkraft im Anschluss wirksam übertragen werden kann. Das gilt bei Spaltbreiten zwischen Träger und Stütze  $< 10 \text{ mm}$  bzw.  $< 15 \text{ mm}$  bei Stützzweiten  $> 5 \text{ m}$ .



**Bild 4**

**Bewehrung in der durchlaufenden Decke**  
**8 Ø 16** (BSt 500,  $A_s = 16 \text{ cm}^2$ ,  $u = 140 \text{ mm}$ )  
 Reduktionsfaktor  $k_s = 0,0275 u - 0,1 = 3,75 > k_{s,max} = 1 \Rightarrow k_s = 1$

### Kammerbeton

$$h_{fi} = 220 - 0,5 b_c - 8 h/b_c = 220 - 0,5 \cdot 300 - 8 \cdot 490/300 = 56,9 \text{ mm} > h_{fi,min} = 45 \text{ mm}$$

$$b_{fi} = 70 - 0,1 b_c = 70 - 0,1 \cdot 300 = 40 \text{ mm} > b_{fi,min} = 35$$

$$b_{c,fi,res} = 300 - 2 \cdot 40 - 12 = 208 \text{ mm}$$

$$\max D_{kb} = (49-2,3 \cdot 2 - 5,69) 20,8 \cdot 2,5 = 2.012,9 \text{ KN}$$

$$\max Z = 16 \cdot 50 = 800 \text{ KN}$$

$$x_{pl} = 800 / (20,85 \cdot 2,5) = 15,34 \text{ cm}$$

### Plastisches Stützmoment

$$M_{pl,s} = -800 \cdot (0,14 + 0,49 - 0,023 - 0,0569 - 0,1534/2) = -378,7 \text{ KN}$$

### Systemnachweis

Endfeld  $\text{grenz } M_{90} = 0,4 \cdot 378,7 + 671,9 = 823,4 \text{ KNm} > M_0 = 785,5 \text{ KNm}$

Innenfeld  $\text{grenz } M_{90} = 378,7 + 671,9 = 1.050,6 \text{ KNm} > M_0 = 785,5 \text{ KNm}$

Die Tragfähigkeit im Brandfall ist für die Feuerwiderstandsdauer von 90 Minuten ausreichend. Der Verbundträger kann in die Feuerwiderstandsklasse R 90 klassifiziert werden.

### Literatur

- DIN V ENV 1994-1-2 EC 4 –Verbundtragwerke – Tragwerksbemessung im Brandfall; 1997-06
- DIN V ENV 1991-2-2 – EC 1 – Einwirkungen im Brandfall; 1997-05
- DIN V ENV 1994-1-1 – EC 4 – Verbundtragwerke – Bemessung für den Hochbau; 1997-06 [2]
- DASt – Ri 104: NAD – Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 1994-1-1: 1997-06
- Brandschutz in Europa – Bemessung nach Eurocode; DIN, Hoeser; 1. Auflage 2000 [1]

### Qualifizierte Beratung

Wünschen Sie, z. B. im frühen Entwurfsstadium, eine firmenneutrale Hilfe, steht Ihnen BAUEN MIT STAHL gern mit Rat und Information zur Verfügung.

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Hans-Werner Girkes  
 Tel.: (02 11) 67 07-826, Tel.: (02 11) 67 07-829  
 brandschutz@bauen-mit-stahl.de  
 www.bauen-mit-stahl.de/brandschutz.htm



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
 Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
 Telefon (02 11) 67 07-828  
 Telefax (02 11) 67 07-829  
 www.bauen-mit-stahl.de  
 zentrale@bauen-mit-stahl.de

## 64.4 Nachweis einer Verbundstütze mit Kammerbeton im Brandfall



Eine Gemeinschaftsorganisation von stahlerzeugenden Unternehmen und dem Deutschen Stahlbau-Verband DSTV

Verbundstützen mit Kammerbeton können nach dem vereinfachten Verfahren des Eurocodes 4 (DIN EN 1994-1-2) brandschutztechnisch nachgewiesen und so wirtschaftlich optimiert bemessen werden. Der Nachweis nach Anhang F kann geführt werden, wenn es sich um ein ausgesteiftes Tragwerk handelt und die Stütze durch eine zentrische Normalkraft belastet wird. Der Nachweis gilt für Biegung um die z-Achse. Die Festigkeits- und Verformungseigenschaften müssen den Anforderungen und Regeln entsprechen. Das Verfahren nach EC 4 gilt für Feuerwiderstandsdauern  $\leq 120$  min.

Im Brandfall ist in ausgesteiften Rahmentragwerken die Knicklänge der brandbeanspruchten Stütze  $l_{\theta} = 0,5 L$ , wenn jedes Stockwerk als ein Brandabschnitt mit ausreichender Feuerwiderstandsdauer betrachtet werden kann.

### Einwirkungen

Der Brandfall kann als außergewöhnliche Einwirkung betrachtet werden. Die Teilsicherheitsbeiwerte für ständige Lasten  $\gamma_G$  und  $\gamma_{Q,i}$  für veränderliche Lasten können zu 1 angenommen werden. Für die direkten Einwirkungen (Eigengewicht, Schnee, Wind etc.) werden die Kombinationsbeiwerte nach EC 1 Teil 1 bestimmt und die Einwirkungskombinationen festgelegt. Indirekte Einwirkungen durch z. B. thermische Zwängungen müssen bei der brandschutztechnischen Bemessung von Einzelbauteilen nicht berücksichtigt werden. Es gilt daher die Vereinfachung im üblichen Hochbau:  $E_{fi,d,t} = \eta_{fi} \cdot E_d$  mit  $\eta_{fi} = 0,7$ .

Beispiel für Einwirkungskombinationen aus Eigengewicht  $G$ , Verkehrslast  $p$ , Schnee  $s$  und Wind  $w$

K1: Verkehrslast führend

$$S_1 = G + 0,9 \cdot p + 0 \cdot s + 0 \cdot w$$

K2: Wind führend

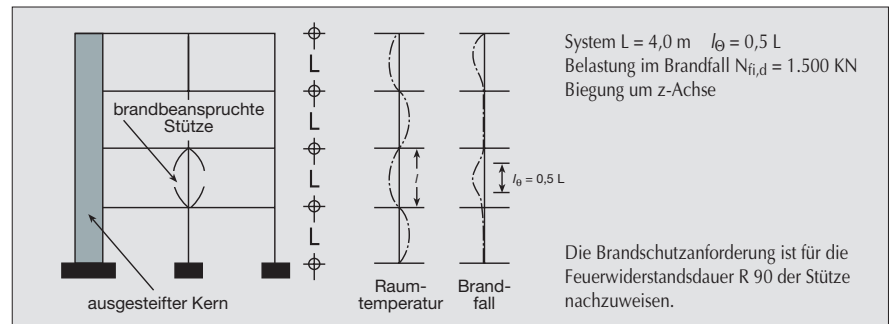
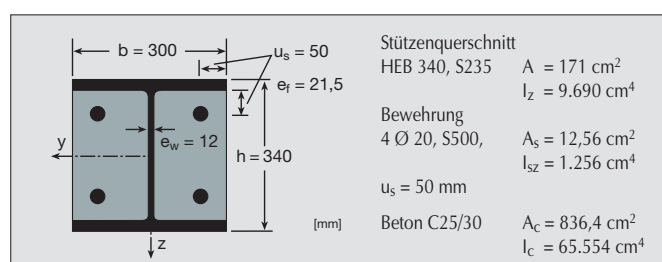
$$S_2 = G + 0,8 \cdot p + 0 \cdot s + 0,5 \cdot w$$

K3: Schnee führend

$$S_3 = G + 0,8 \cdot p + 0,2 \cdot s + 0 \cdot w$$

### Beispiel

**Bild 1: Querschnitt Verbundstütze HEB 340 mit Kammerbeton**



**Bild 2: System ausgesteifte Rahmenkonstruktion**

Feuerwiderstand	Querschnittsabmessungen		Knicklänge
R 30	$b \geq 230 \text{ mm}$ und $h \geq 230 \text{ mm}$	max. $b = 500 \text{ mm}$	$l_{\theta} \leq 13,5 b$
R 60	$230 \text{ mm} \leq b < 300 \text{ mm}$ oder $h/b > 3$		max. $h = 1.100 \text{ mm}$
	$b \geq 300 \text{ mm}$ und $h/b \leq 3$	$l_{\theta} \leq 13,5 b$	
R 90 und R 120	$b \geq 300 \text{ mm}$ und $h \geq 300 \text{ mm}$		
	für $h/b > 3$ für $h/b \leq 3$		$l_{\theta} \leq 10 b$ $l_{\theta} \leq 3,5 b$

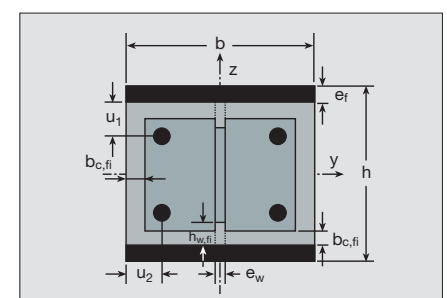
**Tabelle 1: Grenzwerte für Querschnittsabmessungen müssen eingehalten werden.**

### Überprüfung der Anwendungsgrenzen für die Verbundstütze

Knicklänge	$l_{\theta} \leq 13,5 b = 13,5 \cdot 0,3 = 4,05 > l = 0,5 \cdot 4,0 = 2,0$	erfüllt
Querschnittsabmessungen	$300 \text{ mm} \leq h = 340 \text{ mm} \leq 1.100 \text{ mm}$	erfüllt
R 90	$300 \text{ mm} \leq b = 300 \text{ mm} \leq 500 \text{ mm}$	
Bewehrungsgrad	$1 \% \leq \mu_s = 1,5 \% \leq 6 \%$	erfüllt

Der vereinfachte Nachweis der Grenznormalkraft  $N_{fi,RD,z,90}$  wird an einem reduzierten Querschnitt geführt. Die Tragfähigkeit des Bauteils muss für die geforderte Feuerwiderstandsdauer gewährleistet sein. Die Stütze wird in die vier Teilquerschnitte Flansche, Steg, Kammerbeton und Bewehrung eingeteilt. Die plastische Grenznormalkraft und die Biegesteifigkeit werden einzeln für die Teilquerschnitte berechnet. Der Bemessungswert im

Brandfall ergibt sich aus der Addition der Tragfähigkeiten der Teilquerschnittswerte. Die Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_M$  werden für alle Werkstoffe mit 1,0 eingesetzt. Die Reduktionsfaktoren sind abhängig von der geforderten Feuerwiderstandsklasse.



**Bild 3: Reduzierter Querschnitt**

### Werkstoffeigenschaften

Stahl	$f_{ay, 20^\circ} = 235 \text{ N/mm}^2$
	$E_{a,f, 20^\circ\text{C}} = 21.000 \text{ KNcm}^2$
Betonstahl	$f_{ry, 20^\circ} = 500 \text{ N/mm}^2$
	$E_s = 21.000 \text{ KNcm}^2$
Beton	$f_c, 20^\circ = 25 \text{ N/mm}^2$
	$E_{cd} = 3050/1,35 = 2.260 \text{ KNcm}^2$

### Flansche des Stahlquerschnitts

Die durchschnittliche Flanschttemperatur berechnet sich zu  $\Theta_{f,t} = \Theta_{o,t} + k_t (A_m/V)$

$$A_m/V = 2(h+b)/hb = 2(0,34+0,3)/0,3 \cdot 0,34 = 12,55 \text{ m}^{-1}$$

$$\Theta_{c,t} = 805 + 6,15 \cdot 12,55 = 882 \text{ }^\circ\text{C}$$

	$\Theta_{o,t} [^\circ\text{C}]$	$k_t [\text{m } ^\circ\text{C}]$
R 30	550	9,65
R 60	680	9,55
R 90	805	6,15

Tabelle 2

Im EC4 sind die Reduktionsfaktoren  $k_\theta$  für die Spannungsdehnungsbeziehungen von Baustahl in Abhängigkeit der Stahltemperatur  $\Theta_{c,t}$  angegeben (EC 4-1-2 Tab. 3.2):

Für  $\Theta_{c,t} = 882 \text{ }^\circ\text{C}$  werden die Faktoren interpoliert:  $k_{\max, \theta} = 0,069$ ;  $k_{E,\theta} = 0,072$   
Für den Teilquerschnitt Flansch wird der Bemessungswert der plastischen Grenznormalkraft und die Biegesteifigkeit berechnet

$$N_{fi,pl,Rd,90} = 2(b \cdot e_f \cdot f_{amax}) / \gamma_{M,fi,a} = 2(30 \cdot 2,15 \cdot 1,62) / 1,0 = 209 \text{ N/mm}^2$$

mit  $f_{amax,\theta} = k_{\max, \theta} \cdot f_{ay, 20^\circ} = 0,069 \cdot 23,5 = 1,62 \text{ N/mm}^2$

$$(E)_{fi,f,z} = E_{a,f,t} (e_f b^3/6) \text{ mit } E_{a,f,t} = k_{E,\theta} E_{a,f,20^\circ\text{C}}$$

$$(E)_{fi,f,z} = 21.000 \cdot 0,072 (2,15 \cdot 30^3/6) = 1,46 \cdot 10^7 \text{ KNcm}^2$$

### Steg

Der Bemessungswert der plastischen Grenznormalkraft wird mit einer reduzierten Steghöhe und reduzierten Tragfähigkeit in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse ermittelt.

Feuerwiderstandsklasse	$H_t [\text{mm}]$
R 30	350
R 60	770
R 90	1100

Tabelle 3

$$h_{w,fi} = 0,5(h-2e_f) (1 - \sqrt{1-0,16(H_t/h)})$$

$$h_{w,fi} = 0,5(34-2 \cdot 2,15) (1 - \sqrt{1-0,16(110/34)}) = 4,54 \text{ cm}$$

$$f_{amax,w,t} = f_{ay,w, 20^\circ\text{C}} \sqrt{1-0,16(H_t/h)}$$

$$f_{amax,w,t} = 23,5 \cdot \sqrt{1-0,16(110/34)} = 16,32 \text{ KN/cm}^2$$

$$N_{fi,pl,Rd,w} = e_w (h-2 e_f - 2 h_{w,fi}) f_{amax,w,t} / \gamma_{M,fi,a} = 1,2 (34 - 2 \cdot 2,15 - 2 \cdot 4,54) \cdot 16,32 / 1,0 = 404 \text{ KN}$$

$$(E)_{fi,w,z} = E_{a,w,20^\circ\text{C}} (h - 2 e_f - 2 h_{w,fi}) e_w^3 / 12 = 21.000 \cdot 20,62 \cdot 1,2^3 / 12 = 0,00623 \cdot 10^7 \text{ KNcm}^2$$

### Kammerbeton

Die Kammerbetonfläche wird um die Dicke  $b_{c,fi}$  reduziert. Die Dicke ist in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse in Tabelle 4 angegeben.

$$b_{c,fi} = 0,5(12,55) + 22,5 = 28,8 \text{ mm}$$

Die Durchschnittstemperatur im Beton wird in Abhängigkeit des  $A_m/V$ -Faktors ermittelt.

Feuerwiderstandsklasse	
R 30	$b_{c,fi} = 4,0 \text{ mm}$
R 60	$b_{c,fi} = 15,0 \text{ mm}$
R 90	$b_{c,fi} = 0,5(A_m/V) + 22,5 [\text{mm}]$

Tabelle 4

$$\Theta = 393 \text{ }^\circ\text{C} \text{ für } A_m/V = 12,55 \text{ (EC4-1-2 Anhang F Tab F.4)}$$

plast. Grenznormalkraft

$$N_{fi,pl,Rd,c} = 0,86 [(h - 2e_f - 2b_{c,fi}) (b - e_w - 2b_{c,fi}) - A_s] f_{c,\theta} / \gamma_{M,fi,c}$$

$$f_{c,\theta} = f_{c,20^\circ\text{C}} \cdot k_{c,\theta} \text{ mit } k_{c,\theta} = 0,75 \text{ nach Tab 3.3 für } \Theta = 393 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$N_{fi,pl,Rd,c} = 0,86 [(34 - 2 \cdot 2,15 - 2 \cdot 2,88) (30 - 1,2 - 2 \cdot 2,88) - 12,56] \cdot 2,5 \cdot 0,75 / 1,0 = 869 \text{ KN}$$

Sekantenmodul Biegesteifigkeit

$$E_{c,sec,\theta} = f_{c,20^\circ\text{C}} \cdot k_{c,\theta} / \epsilon_{cu,\theta} = 2,5 \cdot 0,75 / 7,5 \cdot 10^{-3} = 250 \text{ KNcm}^2$$

mit  $\epsilon_{cu,\theta} = 7,5 \cdot 10^{-3}$  für  $\Theta = 393 \text{ }^\circ\text{C}$  (nach EC4-1-2 Tab. 3.3)

$$(E)_{fi,c,z} = E_{c,sec,\theta} [(h - 2 e_f - 2 b_{c,fi}) [(b - 2 b_{c,fi})^3 - e_w^3] / 12 - I_{sz}]$$

$$= 250 [((34 - 2 \cdot 2,15 - 2 \cdot 2,88) [(30 - 2 \cdot 2,88)^3 - 1,2^3] / 12) - 1,256]$$

$$= 0,679 \cdot 10^7 \text{ KNcm}^2$$

mit Trägheitsmoment des Bewehrungsstahls  $I_{sz} = 2 \cdot 2 \cdot 3,14 (30 \cdot 0,5 - 5,0)^2 = 1.256 \text{ cm}^4$

### Bewehrungsstäbe

Streckgrenze und Elastizitätsmodul werden in Abhängigkeit der Feuerwiderstandsklasse und der Achsabstände der Bewehrung reduziert (Tab. 5).

$$N_{fi,pl,Rd,s} = A_s \cdot k_{y,t} \cdot f_{sy,20^\circ\text{C}} / \gamma_{M,fi,s} = 12,56 \cdot 0,572 \cdot 50 / 1,0 = 359 \text{ KN}$$

$$(E)_{fi,s,z} = k_{E,t} \cdot E_{s,20^\circ\text{C}} \cdot I_{sz} = 0,406 \cdot 21.000 \cdot 1.256 = 1,07 \cdot 10^7 \text{ KNcm}^2$$

	u [mm]	45	50
R 30	$k_{y,t}$	1	1
	$k_{E,t}$	0,865	0,888
R 60	$k_{y,t}$	0,883	0,976
	$k_{E,t}$	0,647	0,689
R 90	$k_{y,t}$	0,434	0,572
	$k_{E,t}$	0,283	0,406

Tabelle 5

### Bemessungswert der Grenznormalkraft

$$N_{fi,pl,Rd} = N_{fi,pl,Rd,f} + N_{fi,pl,Rd,w} + N_{fi,pl,Rd,c} + N_{fi,pl,Rd,s} = 209 + 404 + 869 + 359 = 1.841 \text{ KN}$$

Gesamtbiegesteifigkeit

$$(E)_{fi,eff,z} = \varphi_{f,\theta} (E)_{fi,f,z} + \varphi_{w,\theta} (E)_{fi,w,z} + \varphi_{c,\theta} (E)_{fi,c,z} + \varphi_{s,\theta} (E)_{fi,s,z}$$

mit den Reduktionsfaktoren  $\varphi_{i,\theta}$  zur Berücksichtigung thermischer Zwängungsspannungen

$$\varphi_{f,\theta} = \varphi_{c,\theta} = \varphi_{s,\theta} = 0,8 \quad \varphi_{w,\theta} = 1,0$$

$$(E)_{fi,eff,z} = 0,8 \cdot 1,46 \cdot 10^7 + 1,0 \cdot 0,00623 \cdot 10^7 + 0,8 \cdot 0,679 \cdot 10^7 + 0,8 \cdot 1,07 \cdot 10^7 = 2,57 \cdot 10^7 \text{ KNcm}^2$$

Mit diesen Werten wird die Eulerknicklast für eine Knicklänge im Brandfall  $l_\theta = 0,5 \cdot L = 2 \text{ m}$  errechnet:

$$N_{fi,cr,z} = \pi^2 (E)_{fi,eff,z} / l_\theta^2 = \pi^2 \cdot 2,57 \cdot 10^7 / 200^2 = 6.350 \text{ KN}$$

$$\bar{\lambda}_\theta = \sqrt{(N_{fi,pl,Rd} / N_{fi,cr,z})} = \sqrt{(1.841 / 6.350)} = 0,54$$

Aus der Knickspannungskurve c (ENV 1993-1-1) ergibt sich der Reduktionsfaktor  $\chi_z = 0,82$

Die Tragfähigkeit im Brandfall ist für die Verbundstütze für die Feuerwiderstandsklasse R 90 ausreichend:

$$N_{fi,rd,z} = \chi_z \cdot N_{fi,pl,Rd} = 0,82 \cdot 1.841 = 1.509 \text{ KN} > N_{fi,d} = 1.500 \text{ KN}$$

### Literatur

- DIN V ENV 1994-1-2 EC 4, 1997-06
- DIN V ENV 1991-2-2 – EC 1, 1997-05
- DIN V ENV 1994-1-1 – EC 4, 1997-06
- NAD-Richtlinie zur DIN V ENV 1994-1-1; 1997-06
- Brandschutz in Europa – Bemessung nach Eurocode; DIN, Hosser; 1. Auflage 2000



Sohnstraße 65 · 40237 Düsseldorf  
Postfach 10 48 42 · 40039 Düsseldorf  
Telefon (02 11) 67 07-828  
Telefax (02 11) 67 07-829  
www.bauen-mit-stahl.de  
zentrale@bauen-mit-stahl.de