

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.

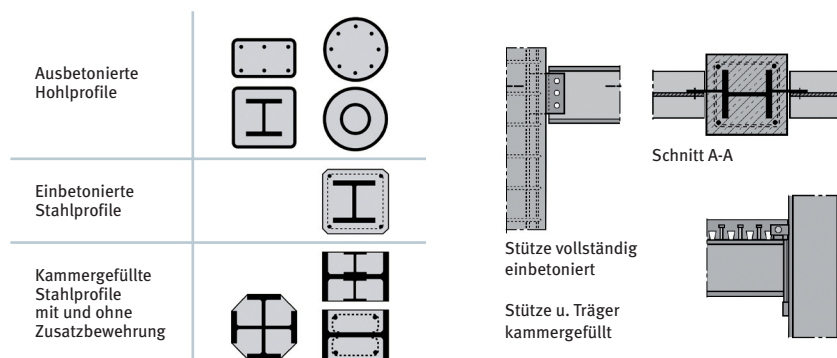


Bild 1 Stahl-Beton-Verbundstützen

Bild 3 Einbetonierte Stahlprofile

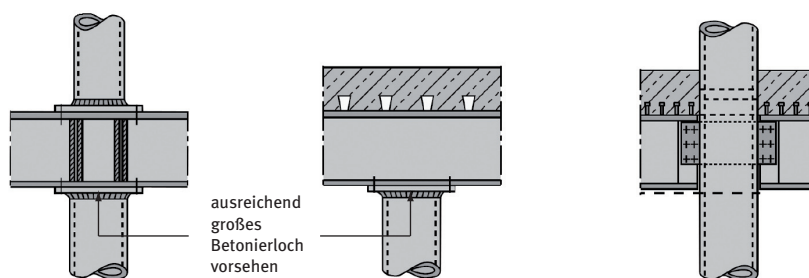


Bild 2 Ausbetonierte Hohlprofile

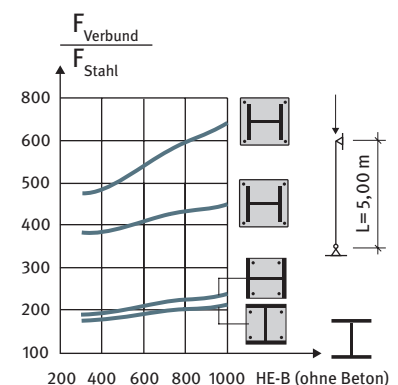
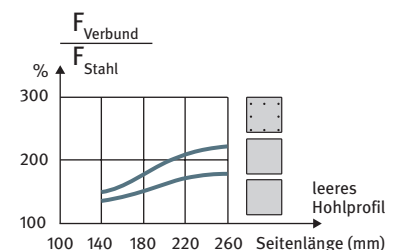


Bild 4 Traglaststeigerung in [%] von Verbundstützen gegenüber reinen Stahlstützen (für L=5,0 m, S235, C35/45, 3% BSt 500)

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=3,0m und 4,2m)

#### 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>.