

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 gilt ebenfalls DIN EN 1994-1-1. Verbundstützen erreichen Feuerwiderstandsklassen bis R180. Angaben hierzu enthält DIN EN 1994-1-2.

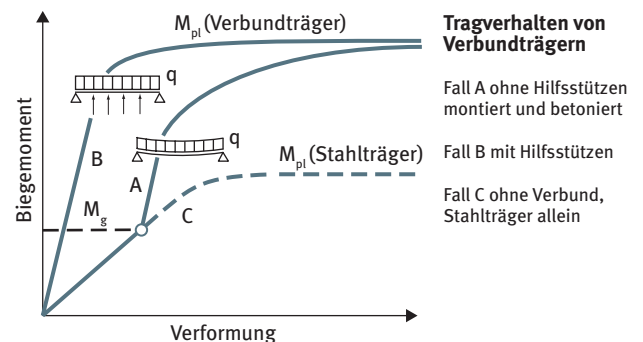


Bild 1 Tragverhalten von Verbundträgern

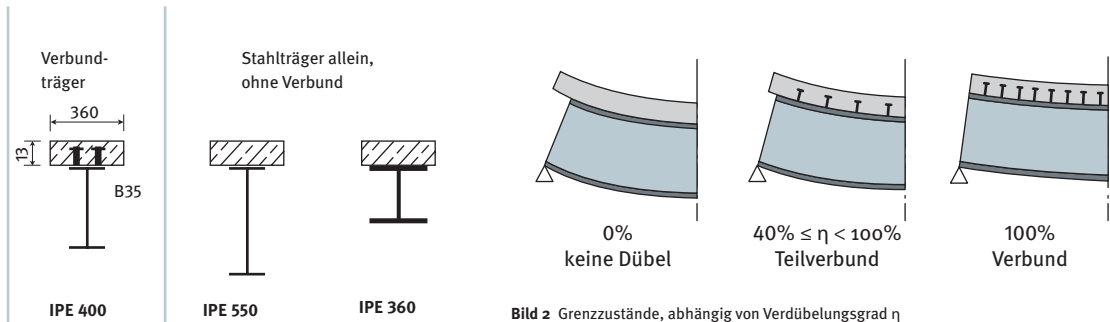


Bild 2 Grenzzustände, abhängig von Verbundgrad η

	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

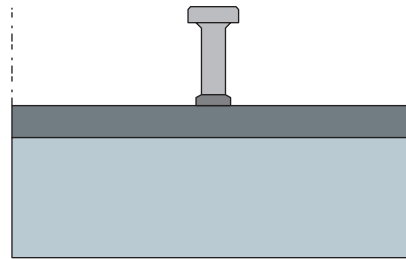
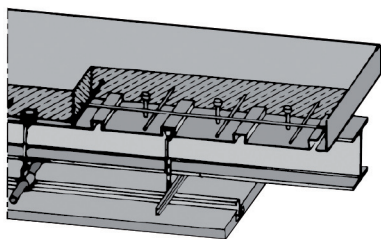
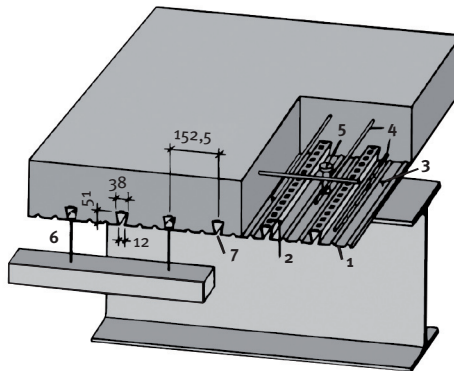


Bild 4 Verbundmittel – Kopfbolzendübel



- 1 Versteifungsrippe
- 2 Noppen zur Schubverzahnung
- 3 Popniete



- 4 Bewehrung nach Erfordernis
- 5 Kopfbolzen
- 6 Abhängung für Installationen u.a.
- 7 Schwalbenbenschwanz-Profilierung

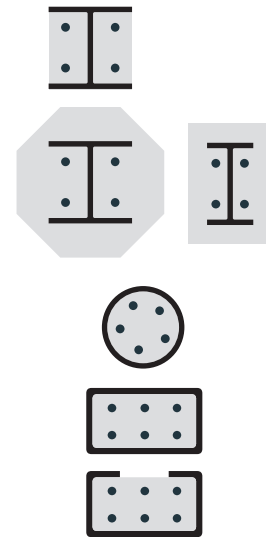


Bild 6 Verbundstützen – Querschnitte

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

