

Verbundbau Leitfaden

Kapitel 6 - Verbundmittel



Verbundkonstruktionen im Hochbau

Kapitel 6 - Verbundmittel

1. Auflage (08.2021)

Verbundkonstruktionen im Hochbau – Verbundbau Leitfaden

Inhaltsverzeichnis

Inhalt

6. Verbundmittel	3
6.1 Allgemeines.....	3
6.2 Beanspruchbarkeit von Kopfbolzendübeln in Vollbetonplatten.....	5
6.3 Beanspruchbarkeit von Verbunddübelleisten.....	6

6. Verbundmittel

6.1 Allgemeines

Die gemeinsame Tragwirkung von Stahl- und Beton wird über die schubfeste Verbindung der einzelnen Querschnittsteile mittels Verbundmittel sichergestellt. Dabei unterscheidet man folgende Verbundarten:

- a) *starrer* oder *nachgiebiger* Verbund
Die Unterscheidung zwischen starrem und nachgiebigem Verbund bezieht sich auf die Steifigkeit der Verbundfuge im Bereich der Gebrauchstauglichkeit. Bei starrem Verbund ist die Relativverschiebung zwischen Betongurt und Stahlträger so gering, dass Auswirkungen des sogenannten Schlupfs vernachlässigt werden können. Ein nachgiebiger Verbund führt beispielsweise zu größeren Trägerdurchbiegungen und zu einer Erhöhung der Teilschnittgrößen der Einzelquerschnitte. Bei kontinuierlich angeordneten Verbundmitteln und Vollbetonplatten gilt die Annahme des starren Verbundes. Eine Nachgiebigkeit ist vor allem bei Verbunddecken mit Profilblechen zu berücksichtigen.
- b) *vollständiger* oder *teilweiser* Verbund
Vollständiger Verbund liegt vor, wenn durch eine ausreichende Anzahl an Verbundmitteln die maximale Tragfähigkeit eines Verbundbauteils erzielt werden kann. Ein weiteres Hinzufügen von Dübeln führt dann zu keiner weiteren Erhöhung der Beanspruchbarkeit. Wird die Tragfähigkeit des Bauteils durch die Beanspruchbarkeit der Verbundfuge beschränkt liegt Teilverbund vor.

Zur schubfesten Verbindung werden meist die in der DIN EN 1994-1-1, Kap. 6.6 geregelten Kopfbolzendübel verwendet, siehe auch Kapitel 2.4.2. Andere Verbundmittel können verwendet werden, wenn deren Beanspruchbarkeit gemäß DIN EN 1994-1-1, Anhang B experimentell ermittelt wurde oder eine Allgemeine Bauartgenehmigung vorliegt. Bei Bauartgenehmigungen ist die zeitlich befristete Geltungsdauer zu beachten. In Deutschland zugelassen sind bspw. CoSFB-Betondübel (bis 2024, Zulassungs-Nr. Z-26.4-59) und Verbunddübelleisten (bis 2023, Z-26.4-56), siehe auch Kapitel 2.4.3.

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit wird zwischen einer elastischen und einer plastischen Bemessung unter Berücksichtigung möglicher Kraftumlagerungen unterschieden, siehe Bild XY. Bei der elastischen Bemessung werden Verbundmittel nach dem Schubkraftverlauf verteilt, welcher affin zum Querkraftverlauf ist. Bei der plastischen Bemessung ist nachzuweisen, dass zwischen kritischen Schnitten eine ausreichende Anzahl an Verbundmittel zur Übertragung der Längsschubkräfte zwischen Stahl und Beton vorhanden ist. Zu kritischen Schnitten zählen Stellen extremaler Biegemomente, Auflagerpunkte, Angriffspunkte großer Einzellasten, freie Enden, Querschnittsabstufungen sowie Einleitungspunkte von Längskräften. Vereinfacht wird die Längsschubtragfähigkeit der Verbundfuge V_L bereichsweise mit den Beanspruchbarkeiten der Einzelquerschnitte Stahl und Stahlbeton verglichen, siehe Bild YZ.

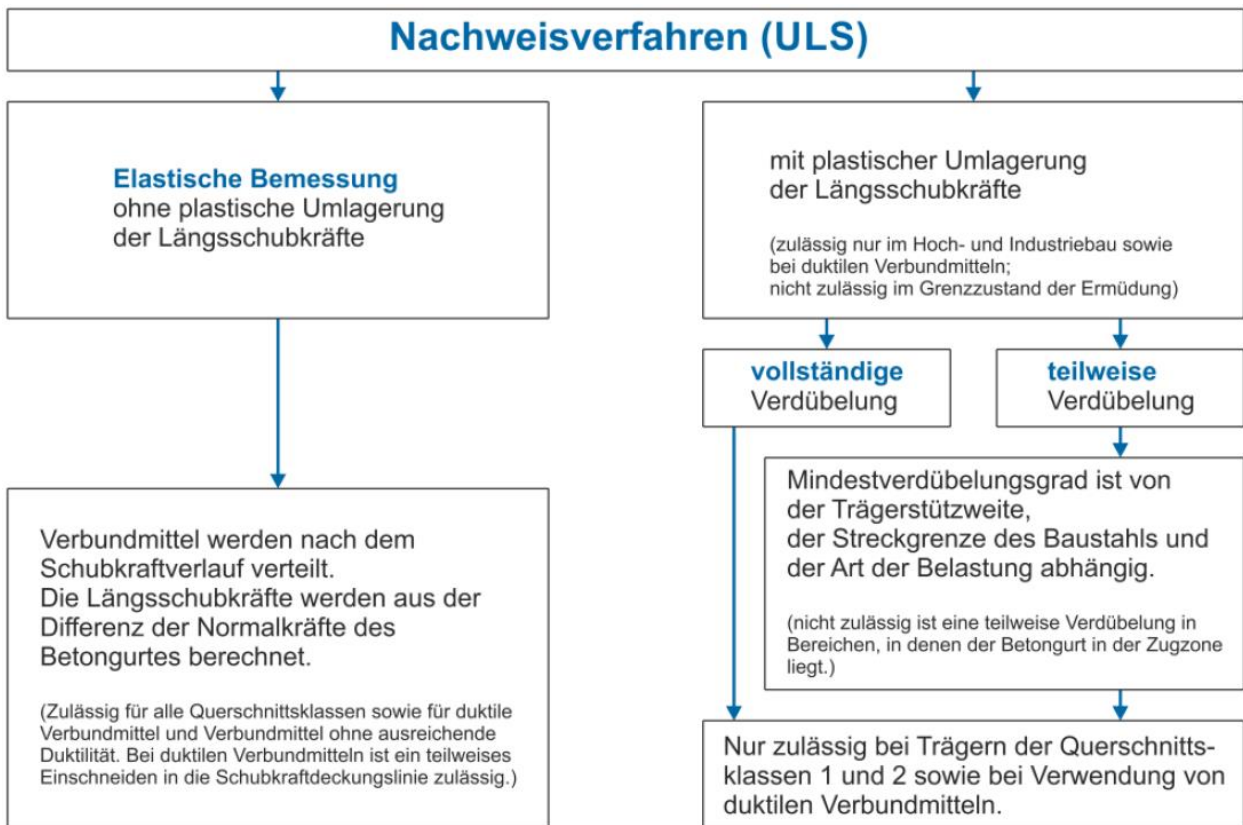


Bild 6.1 Nachweisverfahren der Verbundsicherung

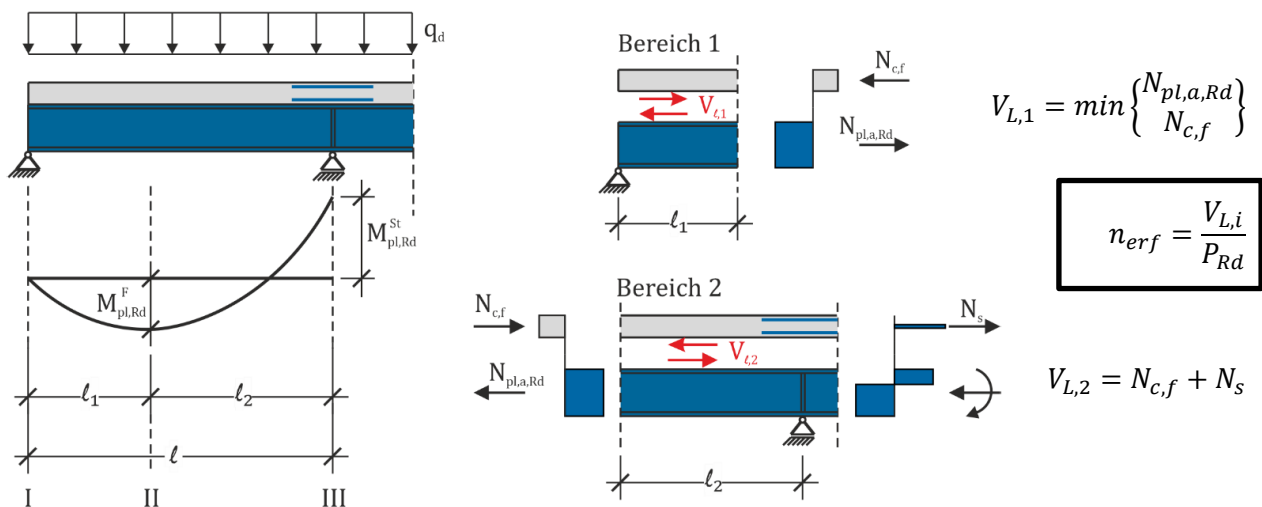


Bild 6.2 Ermittlung der erforderlichen Längsschubtragfähigkeit und Verbundmittelanzahl für vollen Verbund zwischen den kritischen Schnitten I bis III

Liegt Teilverbund vor (d.h. Verdübelungsgrad $\eta = n_{vorh}/n_{erf} \leq 1$), kann das vollplastische Moment des Verbundträgers $M_{pl,Rd}$ nicht erreicht werden und die Beanspruchbarkeit des Bauteils ist wie folgt abzumindern:

$$M_{pl,\eta,Rd} = M_{pl,a,Rd} + (M_{pl,Rd} - M_{pl,a,Rd}) \cdot \eta$$

In der Regel darf der Anteil der Momenten Tragfähigkeit des Stahlträgers an der des Verbundträgers den Faktor 0,4 nicht unterschreiten. Teilverbund ist nur für Querschnitte der Klassen 1 und 2 sowie bei Verwendung duktiler Verbundmittel zulässig. Weiterhin gelten Anforderungen an den Mindestverdübelungsgrad η_{min} , siehe **Bild ZX**.

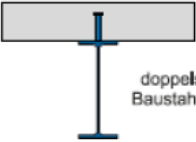
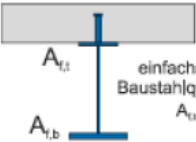
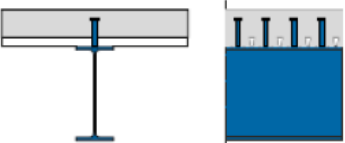
1	 doppelsymmetrische Baustahlquerschnitte	$L \leq 25 \text{ m}$	$\eta \geq 1 - \left(\frac{355}{f_y} \right) (0,75 - 0,03 L_e) \text{ und } \eta \geq 0,4$
		$L > 25 \text{ m}$	$\eta \geq 1$
2	 einfachsymmetrische Baustahlquerschnitte mit $A_{t,b} \leq 3 \cdot A_t$	$L \leq 20 \text{ m}$	$\eta \geq 1 - \left(\frac{355}{f_y} \right) (0,30 - 0,015 L_e) \text{ und } \eta \geq 0,4$
		$L > 20 \text{ m}$	$\eta \geq 1$
3		$L \leq 25 \text{ m}$	$\eta \geq 1 - \left(\frac{355}{f_y} \right) (1,00 - 0,04 L_e) \text{ und } \eta \geq 0,4$
		$L > 25 \text{ m}$	$\eta \geq 1$

Bild 6.3: Mindestverdübelungsgrad η_{min} in Abhängigkeit der Trägerlänge L , der Streckgrenze f_y , der Art des Verbundquerschnitts und des Abstands zwischen zwei Momentennullpunkten L_e

6.2 Beanspruchbarkeit von Kopfbolzendübeln in Vollbetonplatten

Die Beanspruchbarkeit infolge Längsschub der in Deutschland überwiegend eingesetzten Kopfbolzendübel wird nach (6.18) sowie (6.19), DIN EN 1994-1-1/+NA-D bestimmt:

$$P_{Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,8 \cdot f_u \cdot \pi \cdot d^2 / 4}{\gamma_{V,a}} \\ \frac{0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}}}{\gamma_{V,c}} \end{array} \right\}$$

mit den Variablen und Anwendungsgrenzen

$$\alpha = 0,2 \cdot \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \leq 1,0; \frac{h_{sc}}{d} \geq 3$$

h_{sc} Nennwert der Gesamthöhe des Kopfbolzendübeln

d Schaftdurchmesser des Kopfbolzendübeln mit $16 \text{ mm} \leq d \leq 25 \text{ mm}$

f_u Zugfestigkeit des Bolzenmaterials, höchstens 500 N/mm^2 in Rechnung gestellt

f_{ck} charakteristischer Wert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons

E_{cm} Mittelwert des Beton-Elastizitätsmoduls

γ_V Teilsicherheitsbeiwerte für Stahlversagen $\gamma_{V,a} = 1,25$ und Betonversagen $\gamma_{V,c} = 1,5$

Es gelten die Mindestabstände zwischen Dübeln von $5 d$ in Richtung des Längsschubs sowie bei mehrreihiger Anordnung von $2,5 d$ senkrecht dazu. Die Längsschubtragfähigkeit des Betongurts selbst ist nach Kap. 6.2.4, DIN EN 1992-1-1 zu ermitteln. Des Weiteren sind die Anforderungen an das Aufschweißen von Kopfbolzendübeln nach DIN EN ISO 13918 und die Eignungsprüfung von Betrieben nach DIN EN ISO 14555 zu beachten.

Für Kopfbolzendübel in Kombination mit Profilblechen parallel oder quer zur Trägerlängsrichtung wird auf Kap. 6.6.4, DIN EN 1994-1-1 verwiesen.

6.3 Beanspruchbarkeit von Verbunddübeln

Stellvertretend für außerhalb der DIN EN 1994-1-1 geregelte Verbundmittel wird die Ermittlung der Längsschubtragfähigkeit für Verbunddübeln nach Allgemeiner Bauartgenehmigung Z-26.4-56 gezeigt. Verbunddübeln in Klothoiden- (CL) oder Puzzleform (PZ) können mittels Brennschnitt in den Steg üblicher Walzprofile eingebracht werden, sodass zwei Stahlkomponenten für Verbundträger entstehen, siehe Bild xy. Alternativ können sie als Blechstreifen auf einen Stahlträger aufgeschweißt werden, wodurch allerdings die verfahrenstechnischen Vorteile weitestgehend aufgegeben werden. Die Vorteile von Verbunddübeln liegen bei erstgenannter Lösung neben dem Wegfall des Bolzenschweißens und der erforderlichen betrieblichen Eignungsprüfung im Verzicht auf den Oberflansch des Stahlträgers, welcher nahe der plastischen Nulllinie kaum zur plastischen Momententragfähigkeit des Verbundträgers beisteuert. Damit kann der Einsatz des Materials weiter optimiert werden. Zu beachten ist das geringe Flächenträgheitsmoment des Stahls im Bauzustand, weshalb entweder zusätzliche Unterstützungen angeordnet werden sollten oder die Bauweise im Fertigteilbau verwendet wird.

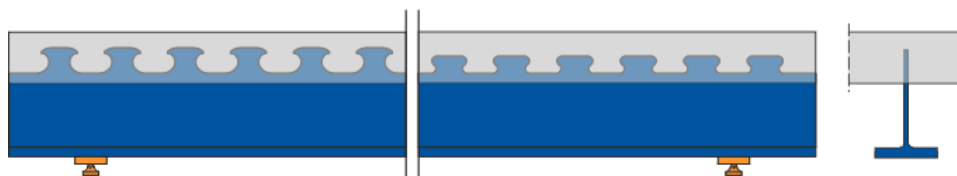


Bild 6.4: Verbundträger mit halbiertem Walzprofil und Verbunddübeln in Klothoidenform (links) bzw. Puzzleform (rechts)

Die Allgemeine Bauartgenehmigung unterscheidet zwischen drei statischen Versagensfällen, wobei im Hochbau lediglich das Ausstanzen der Betonüberdeckung (P_{po}) und das plastische Versagen des Stahlzahns (P_{pl}) maßgebend werden:

$$P_{Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} P_{pl} = \frac{0,25 \cdot e_x \cdot t_w \cdot f_{yk}}{\gamma_V} \\ P_{po} = \frac{\chi_x \cdot \chi_y \cdot 90 \cdot h_{po}^{1,5} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot (1 + \rho_d)}{\gamma_V} \end{array} \right\}$$

Einheiten in [N] und [mm]. Mit den Variablen und Anwendungsgrenzen

- e_x Dübelabstand; $150 \text{ mm} \leq d \leq 500 \text{ mm}$
- t_w Blechdicke; $6 \text{ mm} \leq t_w \leq 60 \text{ mm}$ (davon max. 40 mm anzusetzen); $0,08 \leq t_w / h_D \leq 0,5$
- h_D Dübelhöhe; $h_{D,CL} = 0,4 \cdot e_x$; $h_{D,PZ} = 0,27 \cdot e_x$
- f_{yk} Nennwert der Streckgrenze des Baustahls
- γ_V Teilsicherheitsbeiwert, einheitlich 1,25
- χ_x Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung überschneidender Betonausbrüche in Bauteillängsrichtung, $\chi_x = \frac{e_x}{4,5 \cdot h_{po}} \leq 1,0$
- χ_y Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung überschneidender Betonausbrüche in Querrichtung bei Verwendung von zwei Verbunddübeln, $\chi_y = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{e_y}{9 \cdot h_{po}} - 1 \right) \leq 1,0$
- f_{ck} charakteristischer Wert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons
- h_{po} Höhe des Ausbruchkegels $h_{po} = \min \left\{ \begin{array}{l} c_{D,o} + 0,07 \cdot e_x \\ c_{D,u} + 0,13 \cdot e_x \end{array} \right\}$
- $c_{D,o/u}$ Betonüberdeckung des Stahlzahns nach oben bzw. unten
- ρ_d ideeller Bewehrungsgrad $\rho_d = \frac{E_s \cdot A_{sf}}{E_{cm} \cdot h_c \cdot e_x}$
- $E_{s/cm}$ Mittelwert der Elastizitätsmoduli für Bewehrungsstahl bzw. Beton
- h_c Höhe (Dicke) des Betongurtes
- A_{sf} Querschnittsfläche der Querbewehrung im Bereich $h_c \cdot e_x$

Weitere konstruktive Details sind der Allgemeinen Bauartgenehmigung zu entnehmen.

Copyright-Klausel mit Haftungsausschluss

© Copyright - Klausel

Bei der Zusammenstellung von Texten und Abbildungen wurde mit größter Sorgfalt vorgegangen. Trotzdem können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden. Die Autoren, der Verlag und der Hersteller können für fehlerhafte Angaben und deren Folgen keine Haftung übernehmen. Rechtsansprüche aus der Benutzung der vermittelten Daten sind daher ausgeschlossen. Für alle Hinweise und Verbesserungsvorschläge sind Herausgeber und Verlag stets dankbar. Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung von elektronischen Medien.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, besonders die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Bildentnahme, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Weg und der Nachspeicherung und Auswertung von Datenverarbeitungsunterlagen, bleiben auch bei Verwendung von Teilen des Werkes, der Verlag vorbehalten. Rechtsansprüche aus der Benutzung der vermittelten Daten sind ausgeschlossen. Bei gewerblichen Zwecken dienender Vervielfältigung ist an den Verlag gemäß § 54 UrhG eine Vergütung zu zahlen, deren Höhe mit dem Verlag zu vereinbaren ist.

Herausgeber:

bauforumstahl e. V., Düsseldorf

Vertrieb:

Stahlbau Verlags- und Service GmbH, Düsseldorf