

# Verbundbau Leitfaden

## Kapitel 5 - Verbundstützen



## Verbundkonstruktionen im Hochbau

### Kapitel 5 - Verbundstützen

1. Auflage (08.2021)

# Verbundkonstruktionen im Hochbau – Verbundbau Leitfaden

## Inhaltsverzeichnis

### Inhalt

|  |          |
|--|----------|
| <b>5. Verbundstützen</b> .....                                   | <b>3</b> |
| <b>5.1 Stützentypen</b> .....                                    | <b>3</b> |
| 5.1.1 Stützen mit vollständig einbetonierten Stahlprofilen ..... | 4        |
| 5.1.2 Stützen mit teilweise einbetonierten Stahlprofilen .....   | 5        |
| 5.1.3 Ausbetonierte Hohlprofile .....                            | 6        |
| 5.1.4 Ausbetonierte Profile mit Einstellprofil.....              | 7        |
| <b>5.2 Bemessungskonzept</b> .....                               | <b>8</b> |
| 5.2.1 Grundlagen und Anwendungsgrenzen.....                      | 8        |

## 5. Verbundstützen

### 5.1 Stützentypen

Verbundstützen sind überwiegend auf Druck beanspruchte Verbundbauteile die sich nach Art der Belastung sowie der Querschnittsgestaltung von Verbundträgern unterscheiden. Das Stahlprofil und der Stahlbetonanteil sind schubfest miteinander verbunden und wirken so als ein Bauteil.

Die Wahl der Querschnittsform und Ausführung von Verbundstützen unterliegen statischen sowie gestalterischen Aspekten. Hinsichtlich der Konstruktionsweise wird zwischen vier Arten von Verbundstützen unterschieden, die alle ihre eigenen Vorteile mit sich bringen.

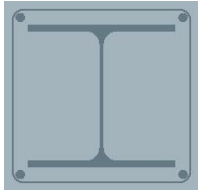
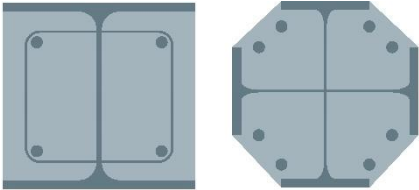
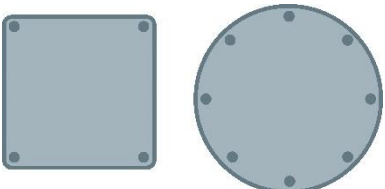
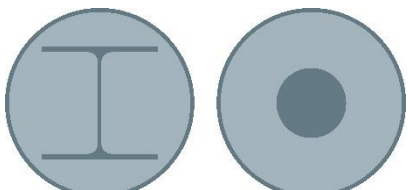
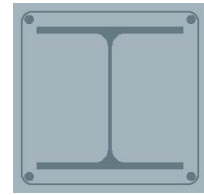
|   |   |   |
|---|---|---|
| A |    | Stützen mit vollständig einbetonierten Stahlprofilen                        |
| B |    | Stützen mit teilweise einbetonierten Stahlprofilen (kammergefüllte Stützen) |
| C |  | Ausbetonierte Hohlprofile   |
| D |  | Ausbetonierte Hohlprofile mit Einstellprofil                                |

Tabelle 5.1.1 Unterschiedliche Verbundstützenquerschnitte

Stahlverbundstützen zeichnen sich vor allem durch ihre besonders hohe Tragfähigkeit sowie Feuerwiderstand aus und bestehen aus einer schubfesten Verbindung zwischen einem Stahlteil sowie einem Betonteil (mit und ohne Bewehrungsanteil). Der preisgünstige Betonbaustoff ergänzt dabei die hervorragenden Eigenschaften der Stahlbauteile auf unterschiedliche Weise. Zum einen durch die Erhöhung der Feuerwiderstandsdauer und zum anderen durch eine zusätzliche Steigerung der Tragfähigkeit sowie der Steifigkeit, letzteres führt wiederum zu einer erhöhten Knickstabilität.

### 5.1.1 Stützen mit vollständig einbetonierten Stahlprofilen

Vollständig einbetonierte Stahlprofile (Tabelle 5.1.1A) erreichen, allein durch eine ausreichende Betondeckung, eine hohe Feuerwiderstandsdauer. Weiterhin muss kein zusätzlicher Korrosionsschutz geplant werden.



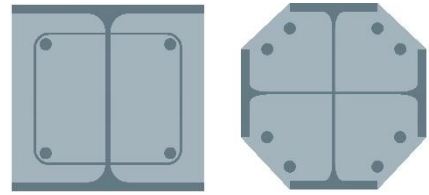
Durch die vollständige Einbetonierung der Stahlprofile ist die konstruktive Ausbildung von Anschlüssen sehr aufwendig. Weiterhin sind hohe Schalungs- und Arbeitskosten bei der Herstellung zu erwarten. Diese Punkte sind bei der Wahl des Stützentyps mit zu berücksichtigen.

| Vorteile   | Nachteile  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• hohe Tragfähigkeit</li><li>• hohe Feuerwiderstandsdauer</li><li>• kostengünstig in Hinsicht auf die Materialkosten</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• geringere Feuerwiderstandsdauer als vollständig einbetonierte Stahlprofile (Kapitel 2.3.1). Die Flansche fallen im Brandfall fast vollständig aus dadurch sind dickere Stege und ein höherer Bewehrungsgrad erforderlich</li></ul> |

Tabelle 5.1.2 Vor- und Nachteile von Stützen mit vollständig einbetonierten Stahlprofilen

### 5.1.2 Stützen mit teilweise einbetonierten Stahlprofilen

Teilweise einbetonierte Stahlprofilstützen (Tabelle 5.1.1B) zeichnen sich dadurch aus, dass die Ausbildung der Anschlüsse nicht so aufwendig wie bei volleingebetteten Stahlprofilen ist. Dies wird durch einen direkten Zugang zu den Flanschen des Stahlprofils möglich



Aufgrund der Möglichkeit eines direkten beflammen der Flansche des Stahlprofils im Brandfall erreicht dieser Typ jedoch keine so hohe Feuerwiderstandsdauer, zumindest nicht ohne weitere brandschutztechnische Maßnahmen zu ergreifen. Die Schalungskosten können bei dieser Stützenform gesenkt werden, da es sich um kammergefüllte Profile handelt und ein Teil des Profils als Schalung dient.

| Vorteile   | Nachteile   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>hohe Tragfähigkeit, besonders bei geschweißten Stahlprofilen mit hohem Bewehrungsanteil</li> <li>keine Schalung erforderlich durch den Herstellungsprozess</li> <li>einfache Ausbildung von Anschlüssen und Lasteinleitungspunkten</li> <li>nachträgliches Anbringen von Anschlüssen sowie Verstärken ist möglich</li> <li>es ist kein Kantenschutz für den Transport erforderlich</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Schalungsaufwand wie bei einer klassischen Betonstütze</li> <li>Aufwendige konstruktive Ausbildung von Anschlüssen und Lasteinleitungspunkten</li> <li>Nachträgliches Verstärken oder anschließen von Bauteilen ist nur mit sehr hohem Aufwand möglich</li> <li>Bei Vorfertigung und Montage als Fertigteil ist ein Kantenschutz für den Transport notwendig.</li> </ul> |

Tabelle 5.1.3 Vor- und Nachteile von Stützen mit vollständig einbetonierten Stahlprofilen






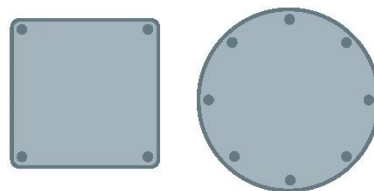
|   |   |
|---|---|
|  | Bewehrung der ersten Kammer herstellen                              |
|  | Betonieren der ersten Kammer  |
|  | Drehen des Profils nach entsprechender Anfangsfestigkeit des Betons |
|  | Bewehrung der zweiten Kammer herstellen                             |
|  | Betonieren der zweiten Kammer                                       |

Tabelle 5.1.4 Herstellungsprozess einer Verbundstütze mit Kammerbeton

### 5.1.3 Ausbetonierte Hohlprofile

Durch eine sehr günstige Materialverteilung bei ausbetonierten Hohlprofilstützen (Tabelle 5.1.1C) ist die Ausführung sehr schlanker Stützen möglich. Bei der Verwendung von runden Hohlprofilen mit gedrungenen Abmessungen kann es je nach gewählter Kombination zu einem positiven Effekt auf die Tragfähigkeit kommen.



Dieser positive Effekt der Umschnürung lässt einen mehraxialen Spannungszustand entstehen, der eine Erhöhung der Druckfestigkeit des Betons zum Vorteil hat. Gleichzeitig entstehen allerdings Ringzugspannungen im Hohlprofil, welche die aufnehmbaren Längsspannungen des Mantelprofils geringfügig abmindern. Weiterhin sind Anschlüsse durch das offenliegende Hohlprofil, nach den Regeln des konstruktiven Stahlbaus, einfach auszuführen. Ein großer Nachteil dieses Querschnitts stellt sich im Brandfall ein. Das Hohlprofil wird von allen Seiten beflammt und verliert so rasch und nahezu vollständig an Tragfähigkeit. Der Verlust an Tragfähigkeit im Brandfall muss durch einen erhöhten Längsbewehrungsanteil im innenliegenden Beton ausgeglichen werden.

| Vorteile  | Nachteile   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>hohe Tragfähigkeit und Ausbildung von besonders schlanken Stützen möglich</li> <li>vorteilhaft bei zweiachsiger Biegung</li> <li>ansprechende architektonische Gestaltung</li> <li>Bei innenliegender Bewehrung kann der Brandschutznachweis vereinfacht nach Tabellenverfahren analog zu Stahlbetonrundstützen erfolgen.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>bei kleinen Stückzahlen hohe Materialkosten für die Hohlprofile</li> <li>aufwendiger Betoniervorgang</li> <li>Bei unbewehrter Ausführung ungünstig bei Brandschutzanforderungen</li> </ul> |

Tabelle 5.1.5 Vor- und Nachteile von ausbetonierten Hohlprofilen

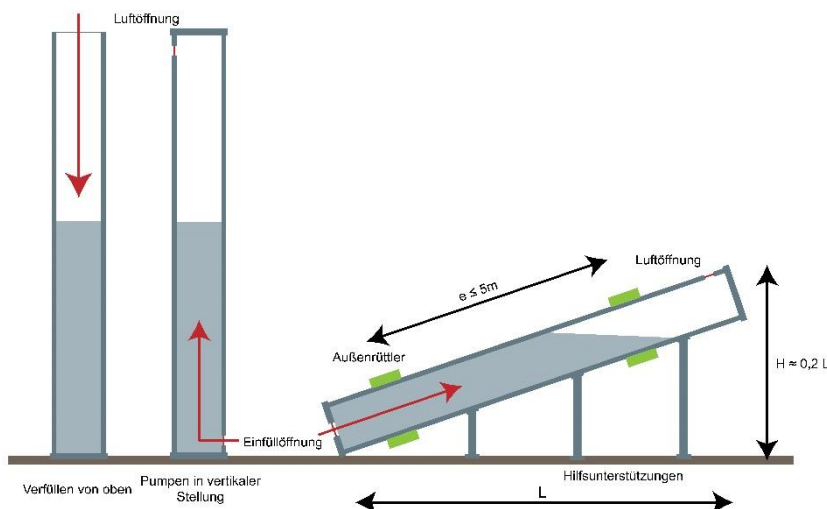


Bild 5.1.1 Herstellungsprozess eines betongefüllten Hohlprofils

### 5.1.4 Ausbetonierte Profile mit Einstellprofil

Diese Querschnittsform wird in der Praxis immer häufiger verwendet. Durch das Einstellen eines zusätzlichen Stahlprofils wird die Tragfähigkeit der Stütze enorm erhöht. Wegen der Mantelwirkung des Betons und der damit einhergehenden thermischen Isolierung des Stahlprofil im Kern des Querschnitts behält diese Stützenform auch im Brandfall eine hohe Tragfähigkeit. Das Hohlprofil hat einen positiven Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit, da es neben der Tragwirkung auch als Schalung dient. Ein Nachteil hingegen sind die durch den hohen Stahlanteil erhöhten Materialkosten und das erhöhte Konstruktionsgewicht.

| Vorteile  | Nachteile   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Höchstmögliche Tragfähigkeit und Ausbildung von besonders schlanken Stützen</li><li>• Variable Abstufung der Stützen bei Hochhäusern im Inneren ohne Änderung der Außenabmessung</li><li>• Günstig bei Brandschutzanforderungen, da die Tragfähigkeit des Einstellprofils überwiegend erhalten bleibt</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• hohe Materialkosten</li><li>• teils aufwendiges Betonieren</li><li>• die Bemessung im Kalt- und Brandfall ist teilweise nicht in Normen geregelt.</li></ul> |

Tabelle 5.6 Vor- und Nachteile von ausbetonierten Hohlprofilen mit Einstellprofil

## 5.2 Bemessungskonzept

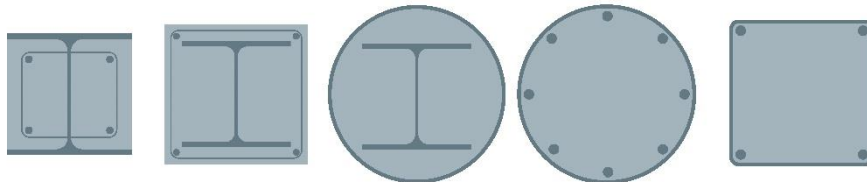
### 5.2.1 Grundlagen und Anwendungsgrenzen

Die DIN EN 1994-1-1 regelt in Verbindung mit dem Nationalen Anhang Deutschlands grundsätzlich wie Verbundbauteile zu bemessen und konstruktiv auszuführen sind. Hier werden die Verschiedenen Bauteile wie Verbundträger, -decken, und -stützen geregelt. In diesem Kapitel zeigen wir Ihnen die wesentlichen Grundlagen.

Dabei sind folgende Nachweise für Verbundstützen und Druckglieder zu führen.

- Nachweis der Tragfähigkeit nach **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** oder **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**
  - Nachweis gegen örtliches Beulen nach **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**
  - Nachweis der Lasteinleitung nach **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**
  - Nachweis der Längsschubtragfähigkeit nach **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**
- [Kapitel nach DIN EN 1994-1]

Es sind grundsätzlich zwei Arten von Verbundstützen in der Norm definiert. Zum einem werden die voll- und teilweise einbetonierten Stahlprofile und zum anderen die ausbetonierten Stahlprofile betrachtet.



**Bild 5.2.1 Verbundstützenarten**

Dabei ist die Anforderung an die Materialeigenschaften von Baustahl und Beton in feste Grenzen geregelt. Es sind nur Baustähle der Stahlgüte S235 bis S460 und Normalbetone der Festigkeitsklassen C20/25 bis C50/55 zulässig. Hochfeste Betone sind nach der Norm für die Bemessung ausgeschlossen. Außerdem dürfen Leichtbetone LC20/22 bis LC60/66 verwendet werden.

Weiterhin lassen sich Verbundstützen anhand des Querschnittsparameter nach Formel (2.1) in die Bemessungsverfahren nach Eurocode 4 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** einordnen.

$$0,2 \leq \delta \leq 0,9$$

Liegt der Querschnittsparameter  $\delta$  nicht mehr in den definierten Grenzen, so ist die Verbundstütze für den Wert  $\delta < 0,2$  als Stahl-Beton-Stütze nach DIN EN 1992-1-1 oder für  $\delta > 0,9$  als reine Stahlstütze nach DIN EN 1993-1-1 zu bemessen.

Dabei sind nach der DIN EN 1994-1-1 zwei Bemessungsverfahren zugelassen, das allgemeine Bemessungsverfahren und das vereinfachte Nachweisverfahren.

Das allgemeine Bemessungsverfahren stellt dabei ein nichtlineares Bemessungsverfahren dar und eignet sich durch die zu beachtenden Faktoren nicht zur Handrechnung. Daher ist der Einsatz eines geeigneten FE-Programm zur Nachweisführung erforderlich.

Das Vereinfachte Bemessungsverfahren basiert auf kalibrierten Versuchsergebnissen und vereinfachten Annahmen, die anhand zahlreicher Untersuchungen getroffen wurden. In dieser Arbeit liegt der Fokus auf dem Vereinfachten Verfahren, da sich dieses zur Handrechnung und für eine schnelle Vorbemessung



gut eignet. Damit wird die Wahl der möglichen Stützenquerschnitte auf die in Kapitel **Fehler!**  
**Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** beschriebenen Anwendungsgrenzen limitiert.

## 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