

1 Übersicht

1.1 Einleitung

Tragwerke des Bauwesens werden in der Regel aus vielen einzelnen Bauteilen hergestellt. Häufig bestehen auch die Bauteile aus mehreren Einzelteilen, so dass hinsichtlich Konstruktion und Bemessung zahlreiche unterschiedliche Aufgaben zu lösen sind. Die Verbindungstechnik hat daher im Bauwesen große Bedeutung.

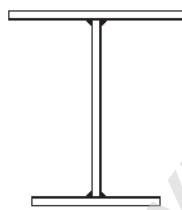
Zur Kennzeichnung der unterschiedlichen Aufgabenstellungen verwendet man die Begriffe:

Verbindung, Stoß, Anschluss, Befestigung

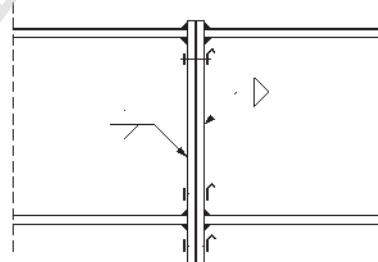
Der Begriff „Verbindung“ dient zur allgemeinen Beschreibung. Er schließt Stöße, Anschlüsse und Befestigungen als Sonderfälle mit ein. Zur Erläuterung enthält Bild 1.1 vier Beispiele:

- **Verbindung** von Blechen zur Herstellung von Querschnitten
- Stumpfstoß eines Biegeträgers
- **Anschluss** eines Trägers an eine Stütze
- **Befestigung** eines Auflagerwinkels an eine Stütze

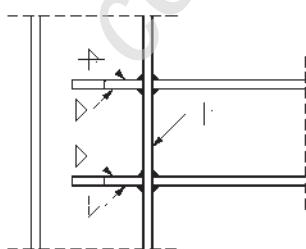
Verbindung von Blechen



Stoß eines Trägers



Anschluss Träger – Stütze



Befestigung eines Auflagerwinkels

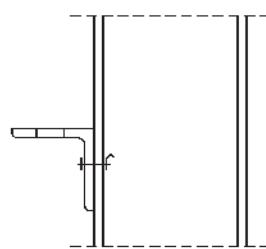


Bild 1.1 Beispiele für verschiedene Verbindungsarten

Die **Verbindung** von Blechen untereinander oder mit gewalzten Profilen dient zum Herstellen, Verstärken und Aussteifen von Bauteilen und Querschnitten. **Stöße** von Bauteilen können aus unterschiedlichen Gründen erforderlich sein:

- Bleche und Walzprofile sind nicht in den erforderlichen Abmessungen verfügbar
- Abstufung von Querschnitten
- Begrenzung der Abmessungen und Gewichte im Hinblick auf Transport und Montage

Anschlüsse sind stets erforderlich, wenn einzelne Bauteile mit anderen Bauteilen verbunden werden müssen. Der Begriff „Befestigung“ wird im Stahl- und Verbundbau selten verwendet. In der Regel soll damit gekennzeichnet werden, dass ein **kleines Einzelteil** an einem großen Bauteil befestigt wird. Teilweise wird auch der Begriff „Verankerung“ verwendet. Damit wird u. a. ausgedrückt, dass Tragwerke mit Fundamenten verbunden oder Zugglieder an Konstruktionen angeschlossen werden.

Verbindungen dienen zur Übertragung von Kräften, Schnittgrößen oder Spannungen, siehe auch Bild 1.2. Prinzipiell können folgende Verbindungstechniken unterschieden werden:

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Schweißen • Schrauben • Kontakt (nur Druck) • Reibung (nur Schub) | <ul style="list-style-type: none"> • Nieten • Dübeln • Nageln (Holzbau) • Kleben |
|--|--|

Die Zusammenstellung enthält im Sinne einer Übersicht die wichtigsten Verbindungstechniken. Darüber hinaus gibt es weitere spezielle Techniken und Verbindungsmittel für besondere Anwendungsfälle, wie z. B. Bolzen oder Anker.

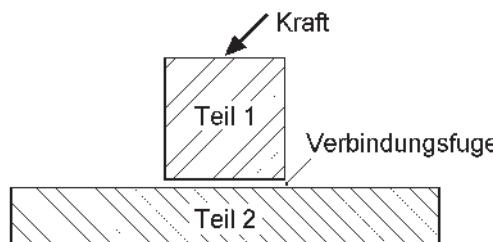


Bild 1.2 Zur Verbindung von zwei Einzelteilen

Im Stahl- und Verbundbau haben das Schweißen und Schrauben die bei weitem größte Bedeutung. Aus diesem Grunde werden diese Verbindungstechniken in dem vorliegenden Buch ausführlich behandelt. Neben Erläuterungen zur Wirkungsweise und zum Tragverhalten wird detailliert auf die entsprechenden Konstruktionsmethoden und Bemessungsverfahren eingegangen. Damit, und mit zahlreichen Beispielen, wird der Leser in die Lage versetzt, geschweißte und geschraubte Verbindungen sicher beurteilen und auslegen zu können. Da die Prinzipien, Methoden und Verfahren in wesentlichen Teilen allgemeine Gültigkeit haben, ist die Übertragbarkeit auf andere Ver-

bindungstechniken möglich, so dass breite Anwendungsbereiche abgedeckt werden. Neben der Kraftübertragung durch Schweißnähte und Schrauben werden im Stahl- und Verbundbau auch **Druckkräfte durch Kontakt** und **Schubkräfte durch Reibung** übertragen. **Dübel** werden in der Regel zur Verbindung von Stahl- und Beton-teilen eingesetzt. Sie kommen in verschiedenen Ausführungsformen, wie z. B. als Kopfbolzendübel oder Verbundanker, vor.

Ein Beispiel für die Nieten ist in Bild 1.3 dargestellt, wobei die Niete verschiedene Funktionen haben. Einerseits wird der Stabquerschnitt des Obergurtes aus vier Winkeln und dem Stegblech hergestellt, andererseits werden das Knotenblech an den Obergurt und zwei Diagonalen an das Knotenblech angeschlossen. Nietverbindungen wie in Bild 1.3 sind heutzutage nicht mehr üblich. Sie wurden in den letzten Jahrzehnten durch geschweißte und geschraubte Verbindungen ersetzt. Aktuell ist dagegen nach wie vor die Verwendung von Blindnieten, die zur Verbindung von Stahltrapezprofilen eingesetzt werden (Verbindung der Profiltafeln untereinander).

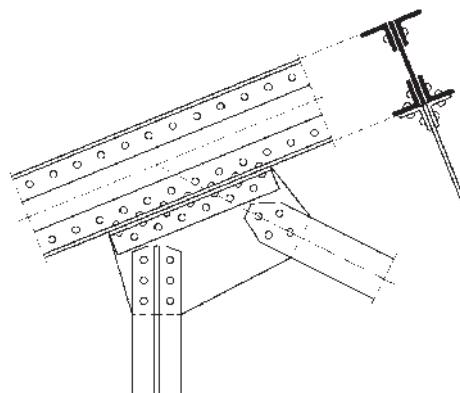


Bild 1.3 Beispiel für ein Konstruktionsdetail mit Halbrundnieten

Die Anwendung der Klebetechnik im Bauwesen befindet sich zurzeit noch in der Entwicklung. Erste Anwendungsgebiete, wie z. B. das Aufkleben von Stahllamellen auf Stahlbetonkonstruktionen (Verstärkung, Sanierung), sind bereits für die Baupraxis erschlossen worden.

Voraussetzung für die Anwendung einer Verbindungstechnik im Bauwesen ist, dass

- sie den allgemein anerkannten Regeln der Technik entspricht, d. h. in bauaufsichtlich eingeführten DIN-Normen oder Richtlinien geregelt ist,
- eine allgemeine bauaufsichtliche bzw. europäische technische Zulassung vorliegt oder
- eine Zustimmung im Einzelfall durch die Oberste Baubehörde (Landesministerium) erteilt wird.

1.2 Thematische Gliederung des Buches

Die folgende Zusammenstellung soll dem Leser eine schnelle Orientierung bei der Verwendung des Buches ermöglichen. Dazu wird jeweils kurz der Inhalt der Kapitel angesprochen und Wissenswertes hervorgehoben.

Kapitel 1 Übersicht

In der Einleitung wird eine Übersicht über die verschiedenen Verbindungstechniken (Schweißen, Schrauben, Dübeln.....) und Aufgabenstellungen (Verbindung, Stoß, Anschluss, Befestigung) gegeben. Darüber hinaus werden die Gliederung des Buches erläutert und die Bezeichnungen angegeben.

Kapitel 2 Ermittlung der Beanspruchungen in den Verbindungsmitteln

In diesem Kapitel werden Prinzipien und allgemeine Vorgehensweisen zur Ermittlung von Beanspruchungen in Verbindungen und Verbindungsmitteln erläutert. Mit den Schnittgrößen als Ausgangspunkt wird auf die Verwendung der Gleichgewichtsbedingungen und der Spannungsverteilungen eingegangen sowie entsprechende Berechnungsformeln für ausgewählte Anwendungsfälle bereitgestellt.

Kapitel 3 Konstruktion und Bemessung von Bauteilen und Verbindungen

Kapitel 3 bildet den Schwerpunkt des Buches. Es enthält zahlreiche Berechnungsbeispiele, wobei die Nachweise nach Eurocode 3 geführt werden. Jedem Themenschwerpunkt sind Konstruktionsbeispiele und Erläuterungen zu den Konstruktionsprinzipien und Berechnungsmethoden vorangestellt.

Kapitel 4 Geschraubte Verbindungen

Kapitel 4 enthält alles, was für geschraubte Verbindungen von Bedeutung ist. Schwerpunkte sind die Wirkungsweise, die Beanspruchung und die Beanspruchbarkeit von geschraubten Verbindungen. Dabei wird auf DIN 18800 und den Eurocode 3 eingegangen und Bemessungshilfen in Form von Tabellen und Diagrammen zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus werden die Grundlagen zur Berechnung von Kräften in Schrauben vermittelt.

Kapitel 5 Geschweißte Verbindungen

Die Konzeption von Kapitel 5 entspricht sinngemäß der von Kapitel 4 „Geschraubte Verbindungen“.

Kapitel 6 Weitere Verbindungsmittel und -techniken

Während die Kapitel 4 und 5 ausführlich das Schrauben und Schweißen behandeln, werden in Kapitel 6 als Ergänzung weitere Verbindungsmittel und -techniken, wie z. B. Niete, Bolzen, Zuganker, Dübel, Verankerungsschienen usw., vorgestellt. Dabei wird insbesondere auf die Ausführungen in den Kapiteln 2 und 4 zurückgegriffen.

Kapitel 7 Konstruktionen mit nicht vorwiegend ruhenden Beanspruchungen

In den Kapiteln 4 und 5 werden die geschraubten und geschweißten Verbindungen ausschließlich unter vorwiegend ruhender Belastung behandelt. Kapitel 7 enthält entsprechende Ergänzungen, sofern nicht vorwiegend ruhende Beanspruchungen auftreten, d. h. dort wird auf die Ermüdung und Betriebsfestigkeit eingegangen.

Kapitel 8 In Fundamente und Wände eingespannte Stahlprofile

In Kapitel 8 werden Stützen und Träger behandelt, die in Stahlbetonkonstruktionen (Fundamente, Wände) eingespannt sind. Dort werden Lösungen für gewalzte und geschweißte I-Profile, runde und eckige Hohlprofile und für einzellige Kastenquerschnitte bereitgestellt. Bei den Beanspruchungen werden die einachsige Biegung um die starke und um die schwache Achse unterschieden und darüber hinaus Drucknormalkräfte berücksichtigt.

1.3 Bezeichnungen

Die folgende Zusammenstellung enthält die im vorliegenden Buch verwendeten Bezeichnungen. Da in DIN 18800 und im Eurocode 3 teilweise unterschiedliche Bezeichnungen verwendet werden, sind am rechten Rand Alternativen aufgeführt. Die genannten Normen enthalten zahlreiche weitere Bezeichnungen bzw. Formelzeichen mit entsprechenden Erläuterungen sowie Hinweise zur Bedeutung der verwendeten Begriffe.

Koordinaten, Ordinaten und Bezugspunkte

x	Stablängsrichtung
y, z	Hauptachsen in der Querschnittsebene
ω	normierte Wölbordinate
s	Profilordinate
S	Schwerpunkt
M	Schubmittelpunkt

Verschiebungsgrößen

u	Verschiebung in x-Richtung
v	Verschiebung in y-Richtung
w	Verschiebung in z-Richtung
v'	Verdrehung um die z-Achse
w'	Verdrehung um die y-Achse
ϑ	Verdrehung um die x-Achse
ϑ'	Verdrillung

Einwirkungen, Lastgrößen

q_x, q_y, q_z	Streckenlasten
F_x, F_y, F_z	Einzellasten

m_x	Streckentorsionsmoment
M_{xL}	Lasttorsionsmoment
M_{yL}, M_{zL}	Lastbiegemomente
$M_{\omega L}$	Lastwölbimoment

Schnittgrößen

N	Längskraft, Normalkraft	
V_y, V_z	Querkräfte	
M_y, M_z	Biegemomente	
M_x	Torsionsmoment	T
M_{xp}, M_{xs}	primäres und sekundäres Torsionsmoment	T_t, T_w
M_ω	Wölbimoment	B
Index el:	Grenzschnittgrößen nach der Elastizitätstheorie	
Index pl:	Grenzschnittgrößen nach der Plastizitätstheorie	
Index Rd:	Bemessungswert der Beanspruchbarkeit	
Index Ed:	Bemessungswert der Beanspruchung	

Spannungen

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$	Normalspannungen
$\tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$	Schubspannungen
σ_v	Vergleichsspannung

Werkstoffkennwerte

E	Elastizitätsmodul
G	Schubmodul
ν	Querkontraktion, Poisson'sche Zahl
f_y	Streckgrenze
f_u	Zugfestigkeit
ε_u	Bruchdehnung

Teilsicherheitsbeiwerte

γ_M	Beiwert für die Widerstandsgrößen (material)
γ_F	Beiwert für die Einwirkungen (force)

Querschnittskennwerte

A	Fläche
I_y, I_z	Hauptträgheitsmomente
I_ω	Wölbwiderstand
I_T	Torsionsträgheitsmoment
W_y, W_z	Widerstandsmomente
S_y, S_z	statische Momente
$I_p = I_y + I_z$	polares Trägheitsmoment

Geschraubte Verbindungen

		DIN 18800:
d_0	Lochdurchmesser	d_L
d	Schaftdurchmesser	d_{Sch}
Δd	Nennlochspiel	
$f_{u,b,k}$	Zugfestigkeit des Schraubenwerkstoffs	
$f_{v,b,k}$	Streckgrenze des Schraubenwerkstoffs	
$F_{v,Ed}$	Abscherkraft in einer Schraube	V_a
$F_{v,Rd}$	Grenzabscherkraft einer Schraube	$V_{a,Rd}$
α_a	Beiwert zur Ermittlung von $F_{v,Rd}$	
$\tau_{a,Rd}$	Grenzschubspannung	
$F_{b,Ed}$	Lochleibungskraft	V_l
$F_{b,Rd}$	Grenzlochleibungskraft	$V_{l,Rd}$
k_1 und α_b	Beiwerte zur Ermittlung von $F_{b,Rd}$	α_l
$\sigma_{l,Rd}$	Grenzlochleibungsspannung	
$F_{t,Ed}$	Zugkraft in einer Schraube	N
$F_{t,Rd}$	Grenzzugkraft einer Schraube	$N_{R,d}$
A	Schaftquerschnitt	A_{Sch}
A_s	Spannungsquerschnitt	A_{Sp}
Q	Abstützkraft	K
p_1, p_2	Lochabstände	e, e_3
e_1, e_2	Randabstände	
$F_{v,Ed,ser}$	Abscherkraft beim Gebrauchtauglichkeitsnachweis	V_g
$F_{s,Rd,ser}$	Grenzgleitkraft	$V_{g,R,d}$
μ	Reibungszahl	
$F_{p,cd}$	Vorspannkraft	F_v
Index b:	Schrauben, Niete, Bolzen (bolt)	

Geschweißte Verbindungen

σ_{\parallel}	Normalspannung in Richtung der Schweißnaht
τ_{\parallel}	Schubspannung in Richtung der Schweißnaht
σ_{\perp}	Normalspannung senkrecht zur Schweißnahtlänge
τ_{\perp}	Schubspannung senkrecht zur Schweißnahtlänge
$\sigma_{w,v}$	Vergleichswert
$\sigma_{w,Rd}$	Grenzschweißnahtspannung
α_w	Beiwert zur Ermittlung von $\sigma_{w,Rd}$
a	rechnerische Schweißnahtdicke
A_w	rechnerische Schweißnahtfläche
CEV	Kohlenstoffäquivalent
Index w:	Schweißen (welding)

1.4 Internetadressen für weitere Informationen

Verbindungsmitte für den Stahl- und Verbundbau werden häufig von entsprechend spezialisierten Herstellern angeboten. In vielen Fällen stellen sie den Anwendern technische Informationen und Bemessungshilfen zur Verfügung. Als Hilfe für eine Kontaktaufnahme sind in Tabelle 1.1 einige Internetadressen zusammengestellt.

Tabelle 1.1 Zusammenstellung von Internetadressen

Internetadresse	Firma	Bemerkung/Bezug
www.kindmann.de		Hinweise zu Büchern Downloads
www.anker.de	Anker Schroeder, Dortmund	Zuganker Abschn. 6.5 und 6.6
www.august-friedberg.de	Friedberg GmbH, Gelsenkirchen	Schrauben
www.bauforumstahl.de	bauforumstahl e. V.	Stahlbau allgemein
www.beuth.de	Beuth Verlag, Berlin	Normen
www.dibt.de	Deutsches Institut für Bau-technik	Bauen allgemein
www.die-verbindungs-spezialisten.de/	DVS – Deutscher Verband für Schweißen	Schweißen
www.din.de	Deutsches Institut für Normung, Berlin	Normen
www.dorma-glas.de	DORMA-Glas GmbH, Bad Salzuflen	RODAN Zugstäbe, Glasklemmhalter
www.dstv.deutscherstahlbau.de	Deutscher Stahlbau-Verband	Stahlbau
www.ejot.de	EJOT, Bad Laasphe	Verbindungsmitte Abschn. 6.12 und 6.13
www.fischerprofil.de	Fischer Profil GmbH, Netphen-Deuz	Stahltrapezprofile, Sandwichbauteile

Internetadresse	Firma	Bemerkung/Bezug
www.fischerwerke.de	A. Fischer GmbH, Waldachtal	Dübel Abschn. 6.9
www.fuchs-schrauben.de	Fuchs Schraubenwerk, Siegen	Schrauben
www.goldbeck.de	Goldbeck Bau GmbH, Bielefeld	Stahlbau/Zugstäbe Abschn. 6.5
www.gsi-slv.de	GSI-SLV – Gesellschaft für Schweißtechnik	Schweißen
www.halfen.de	HALFEN-DEHA, Langenfeld	Ankerschienen Abschn. 6.15
www.hbs-info.de	HBS Bolzenschweiß- Systeme, Dachau	Kopfbolzendübel Abschn. 6.11
www.hilti.de	Fa.Hilti, Kaufering	Dübel Abschn. 6.9
www.ifbs.de	Industrieverband zur Förderung des Bauens mit Stahlblech, Düsseldorf	Verbindungsmitte für Stahlbleche Abschn. 6.12 und 6.13
www.jordahl.de	JORDAHL, Berlin	Ankerschienen Abschn. 6.15
www.mero.de	Mero GmbH, Würzburg	Fachwerknoten, Glas- bau
www.muenker.de	Münker Metallprofile	Stahltrapezprofile
www.nelson-europe.de	Nelson Bolzenschweißen, Gevelsberg	Kopfbolzendübel Abschn. 6.11
www.peikko.de	PEIKKO GmbH, Waldeck	u. a. Ankerschrauben Abschn. 6.8
www.peiner-traeger.de	Peiner Träger GmbH	Stahlprofile
www.pfeifer.de	Pfeifer Seil- und Hebetechnik GmbH, Memmingen	Seile und Verankerungen Abschn. 6.14

Internetadresse	Firma	Bemerkung/Bezug
www.reyher.de	F. Reyher GmbH, Hamburg	Schrauben
www.schrauben-normen.de	Prndl, Solingen	Schrauben
www.slv-duisburg.de	Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt	Schweißen
www.soyer.de	Soyer Bolzenschweißtechnik, Wörthsee	Kopfbolzendübel Abschn. 6.11
www.stahl-info.de	Stahl-Informations-Zentrum	Stahlbau allgemein
www.stahl-online.de	Verschiedene Organisationen zum Stahlbau	Stahlbau allgemein
www.wuerth.com	Adolf Würth GmbH, Künzelsau	Befestigungstechnik

1.5 Downloads

Auf der Homepage www.kindmann.de wird Folgendes zum kostenlosen Download zur Verfügung gestellt:

- Buch „Kindmann/Frickel: Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit“ [45]. Das Buch wird in den folgenden Kapiteln häufig als Quelle genannt und enthält darüber hinaus zahlreiche weiterführende Informationen.
- RUBSTAHL-Programme

Es stehen Programme zu den folgenden Themengebieten zur Verfügung:

Systemberechnungen, Querschnittstragfähigkeit, Verbindungen, Krafteinleitung, Fußpunkte und zu weiteren Aufgabenstellungen zur Verfügung.

Die Programme FE-STAB und FE-Rahmen werden für Systemberechnungen zur Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen benötigt. Im Rahmen des vorliegenden Buches sind die EDV-Programme zu den Verbindungen, zur Krafteinleitung und zu Nachweisen für Fußpunkte von vorrangigem Interesse.