

Werner Seim

Ingenieurholzbau

Vertiefung: Tragwerke und Berechnungsmethoden

- für erfahrene Praktiker zum Quereinstieg und für Berufseinsteiger gleichermaßen
- bietet Hintergrundwissen statt reiner Normenanwendung
- ein eigenes Kapitel ist der Schwingungsberechnung und Erdbebenbemessung gewidmet

Das Buch umfasst wichtige Grundlagen der Berechnungsmethoden und des Tragwerksentwurfs für Verbindungen, Tragelemente und Gesamttragwerke. Es vermittelt über das Basiswissen und die Normenanwendung hinaus ein grundlegendes Verständnis der Phänomene und der Zusammenhänge.



2021 · 208 Seiten · 184 Abbildungen · 56 Tabellen

Softcover

ISBN 978-3-433-03234-3 € 59*

eBundle (Print + ePDF)

ISBN 978-3-433-03235-0 € 79*

ÜBER DAS BUCH

Das Buch umfasst die wichtigsten theoretischen Grundlagen der Berechnung und Bemessung von Verbindungen und Tragelementen, sowie für den Tragwerksentwurf typischer Konstruktionen und Gesamttragwerke des Ingenieurholzbaus.

Über das Basiswissen und die einfache Normenanwendung hinaus, werden Berechnungsmethoden für Holztragwerke vorgestellt und erläutert. Wichtige Schwerpunkte bilden dabei Holz-Beton-Verbundkonstruktionen, Konstruktionen mit Brettsper Holz, weitgespannte Träger für Hallentragwerke und Brücken, Platten und Scheiben für den mehrgeschossigen Holzbau sowie geklebte und formschlüssige Verbindungen. Ein eigenes Kapitel ist der Schwingungsberechnung und Erdbebenbemessung gewidmet.

Zusammen mit dem Band „Ingenieurholzbau – Basiswissen“ ist das Werk ideal als Lehrbuch für Studierende des Bauingenieurwesens sowie als Praxishandbuch für planende Ingenieure, die ihr Wissen erweitern und auffrischen wollen und neben der Anwendung der Normen

und Richtlinien auch ein grundlegendes Verständnis der Phänomene und der rechnerischen Modellierung anstreben.

BESTELLUNG

Anzahl	ISBN /	Titel	Preis
	978-3-433-03234-3	Ingenieurholzbau [...]	€ 59*
	978-3-433-03235-0	Ingenieurholzbau [...] (eBundle)	€ 79*

BESTELLEN

+49 (0)30 470 31-236

marketing@ernst-und-sohn.de

www.ernst-und-sohn.de/3234

* Der €-Preis gilt ausschließlich für Deutschland. Inkl. MwSt.

Privat

Geschäftlich

Bitte richten Sie Ihre Bestellung an:

Tel. +49 (0)30 47031-236

Fax +49 (0)30 47031-240

marketing@ernst-und-sohn.de

108208 Free Shipping

Firma, Abteilung		UST-ID Nr.	
Name, Vorname	Telefon	Fax	
Straße, Nr.			
PLZ/Ort/Land		E-Mail	
Datum/Unterschrift			

www.ernst-und-sohn.de/3234

Irrtum und Änderungen vorbehalten. Stand: 9/2021

Ingenieurholzbau

Vertiefung:
Tragwerke und Berechnungsmethoden

Werner Seim

Mit Beiträgen von Johannes Hummel

Autor

Prof. Dr.-Ing. Werner Seim

Fachgebiet Bauwerkserhaltung und Holzbau
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau
Universität Kassel
Kurt-Wolters-Straße 3

Titelbild

Kaeng Krachan Elefantentpark, Zoo Zürich
(Foto: Wolfram Kübler, Walt Galmarini AG);
Grafik: Werner Seim

■ Alle Bücher von Ernst & Sohn werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2022 Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Rotherstraße 21, 10245 Berlin, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

Print ISBN 978-3-433-03234-3

ePDF ISBN 978-3-433-60930-9

ePub ISBN 978-3-433-60931-6

oBook ISBN 978-3-433-60929-3

Umschlaggestaltung Stefanie Eckert-Kimmig, stilvoll, Kappelrodeck

Satz le-tex publishing services GmbH, Leipzig

Druck und Bindung

Gedruckt auf säurefreiem Papier.

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Inhaltsverzeichnis

Vorwort IX

1	Theoretische Grundlagen	1
1.1	Festigkeiten und Maßstabeffekt	1
1.2	Bruchmechanik – sprödes Versagen	5
1.2.1	B- und D-Bereiche	5
1.2.2	Linear-elastische Bruchmechanik – energiebasiertes Bruchkriterium	6
1.2.3	Anwendung der Bruchmechanik	10
1.3	Plastizitätstheorie	11
1.3.1	Einführung und Historie	11
1.3.2	Anwendung des oberen Grenzwertsatzes	12
1.3.3	Anwendung des unteren Grenzwertsatzes	12
1.3.4	Kapazitätsbemessung	13
1.4	Berechnungsverfahren für zusammengesetzte Querschnitte – γ -Verfahren	14
1.5	Verschieblicher Verbund einer geklebten Verbindung	18
1.6	Berechnung nach Theorie II. Ordnung	21
	Literatur	26
2	Bauteile	27
2.1	Träger und Stützen als zusammengesetzte Bauteile	27
2.1.1	Biegestäbe, Decken- und Dachelemente	27
2.1.2	Holz-Beton-Verbundkonstruktionen	36
2.1.3	Stützen	41
2.2	Weit gespannte Träger	46
2.2.1	Satteldachträger und gekrümmte Träger	47
2.2.2	Fachwerkträger	50
2.3	Platten und Scheiben aus Brettspertholz	53
2.3.1	Aufbau, Tragwirkung und Festigkeiten	53
2.3.2	Platten	57
2.3.3	Scheiben	66
2.4	Rechnerische Modellierung von Bauteilen	70
2.4.1	Stäbe und Stabwerke	71

2.4.2	Platten aus Brettsperrholz	72
2.4.3	Wandscheiben	73
	Literatur	77
3	Anschlüsse und Verbindungen	79
3.1	Formschlüssige Holz-Holz-Verbindungen	79
3.1.1	Einführung	79
3.1.2	Blattverbindungen	83
3.1.3	Versätze	86
3.1.4	Zapfenverbindung	89
3.1.5	Holznägel	92
3.1.6	Nachgiebigkeiten	92
3.2	Gelenkige und biegesteife Anschlüsse	94
3.2.1	Konstruktionsdetails und Rechenmodell	94
3.2.2	Erweitertes Schnittprinzip	98
3.2.3	Bemessungs- und Konstruktionsregeln	100
3.3	Verbindungen und Anschlüsse mit Brettsperrholz	101
3.4	Geklebte Verbindungen	107
3.4.1	Einführung	107
3.4.2	Kleben von Bauteilen	109
3.4.3	Anschlüsse, örtliche Verstärkungen und Reparaturen	113
3.5	Verstärkung bei Querkzugbeanspruchung	115
3.5.1	Ausgeklinkte Auflager	116
3.5.2	Queranschlüsse	119
3.5.3	Durchbrüche	122
3.5.4	Aufnahme von Querkzugspannungen bei Trägern	126
3.5.5	Verstärkung von Stabdübelverbindungen	130
	Literatur	132
4	Tragwerke unter dynamischen Einwirkungen	135
4.1	Dynamik und Schwingungen	135
4.1.1	Dynamik im Bauwesen	135
4.1.2	Eigenfrequenzen von einfachen Systemen	138
4.2	Schwingungsverhalten von Decken	143
4.3	Erdbebensicheres Bauen	146
4.3.1	Erdbeben und Energiedissipation	147
4.3.2	Tragwerksentwurf und Berechnungskonzepte	150
4.3.3	Antwortspektrumverfahren – Ersatzlastverfahren	154
4.3.4	Bemessung von Wand- und Deckenelementen	164
	Literatur	168
5	Tragwerksentwurf	171
5.1	Mehrgeschossiger Holzbau	171
5.1.1	Einführung	171
5.1.2	Entwurfskriterien	171

5.2	Hallentragwerke	175
5.2.1	Einführung	175
5.2.2	Entwurfskriterien	178
5.2.3	Primär- und Sekundärtragwerk	180
5.2.4	Träger und Stütze	181
5.2.5	Bogen, Seil und Kuppel	185
5.3	Brücken	187
5.3.1	Einführung	187
5.3.2	Entwurfskriterien	190
5.3.3	Einwirkungen	196
5.3.4	Lastabtrag	198
5.3.5	Wartung und Unterhalt	200
	Literatur	201

Stichwortverzeichnis	205
-----------------------------	-----

Vorwort

Die Geschwindigkeit, mit der im Holzbau neue Produkte in die Praxis eingeführt werden, ist im Vergleich mit den übrigen Konstruktionswerkstoffen des Bauwesens schon fast atemberaubend. Dies führt dazu, dass der Holzbau bei weit gespannten Hallentragwerken und im Industriebau seinen Marktanteil kontinuierlich vergrößert und dass mit dem mehrgeschossigen Bauen nach und nach ein neues Anwendungsgebiet erschlossen wird. Hier vergeht derzeit kaum ein Monat, in dem nicht über einen neuen Höhenrekord berichtet wird, und das immer wieder auch aus Ländern, die man bisher nicht zu den klassischen Holzbaunationen zählt.

Bei einer solchen Innovationsgeschwindigkeit können normative Regeln zur Bemessung von Tragelementen und Verbindungen nicht immer Schritt halten. Sie müssen es auch nicht, wenn Ingenieurinnen und Ingenieure mit den allgemeinen Berechnungsmethoden gut vertraut sind und mit den Grundlagen, auf denen diese Methoden aufbauen. Auf dieser Basis können auch neue, auf den ersten Blick ungewohnte Regelungen zu einzelnen Produkten eingeordnet und sicher interpretiert werden. Und bereits beim Tragwerksentwurf können innovative Produkte für neuartige Lösungen vorgeschlagen werden.

In diesem Sinn bilden im vorliegenden zweiten Band „*Ingenieurholzbau – Vertiefung*“ das erste Kapitel zu den theoretischen Grundlagen und das fünfte Kapitel zum Tragwerksentwurf eine Klammer für das zweite und dritte Kapitel, in denen Berechnungsmethoden für Tragelemente und Verbindungen vorgestellt und erläutert werden, welche im ersten Band „*Ingenieur-Holzbau – Basiswissen*“ keinen Platz mehr fanden. Wichtige Schwerpunktthemen sind Verbundbauteile sowie geklebte und formschlüssige Verbindungen. Ein eigenes Kapitel ist der Schwingungsberechnung und der Erdbebenbemessung gewidmet. Die einzelnen Kapitel sind inhaltlich eigenständig strukturiert. Man muss das Buch nicht von vorne nach hinten durcharbeiten, sondern kann, wenn man möchte, mit demjenigen Thema einsteigen, welches einen am meisten interessiert.

Der Inhalt des Buches deckt sich weitgehend mit den Inhalten der „Holzbau-Vertiefung“ im Masterstudiengang Bauingenieurwesen an der Universität Kassel und baut auf den Vorlesungsunterlagen auf, welche in den vergangenen Jahren dort am Fachgebiet Bauwerkserhaltung und Holzbau erarbeitet wurden. Carsten Pörtner, Martin Schäfers, Heiko Koch, Lars Eisenhut, Tobias Vogt, Johannes Hummel, Michael Schick, Timo Claus, Sascha Schwendner, Giuseppe D'Arenzo und Jens Frohn-

müller haben in dieser Zeit als wissenschaftliche Mitarbeiter ganz wesentlich zur Entwicklung unseres Lehrkonzeptes beigetragen. Bianca Böhmer hat für die Inhalte des zweiten Bandes eine Vielzahl handschriftlicher Notizen in Textform gebracht. Ai Phien Ho und Ann-Katrin Westermann haben sich als studentische Mitarbeiterinnen mit großer Sorgfalt um eine gute und einheitliche grafische Darstellung gekümmert. Wichtige Hinweise zum Abschnitt Brücken gehen auf Matthias Gerold zurück. Bei allen möchte ich mich sehr herzlich bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Johannes Hummel, der die Herausgabe der gedruckten Vorlesungsmanuskripte, auf denen dieser Band beruht, betreut und das vierte Kapitel mit verfasst hat.

Kassel, im September 2021

Werner Seim

Berücksichtigt man alle Nachgiebigkeiten, macht man keine Fehler. Allerdings hat man möglicherweise nur einen höheren Arbeitsaufwand ohne zusätzliche Erkenntnisse.

3.2 Gelenkige und biegesteife Anschlüsse

3.2.1 Konstruktionsdetails und Rechenmodell

Der Entwurf und die Konstruktion von Verbindungen und Anschlüssen sind im Holzbau entscheidend für das Gelingen der Planung und der Ausführung. In diesem Zusammenhang stellt sich immer wieder die Frage, wie sich die reale Situation im Bereich eines Anschlusses in einem vereinfachten Rechenmodell darstellen lässt. Die einfache Symbolik mit „Gelenk“ und „Einspannung“ reicht oft nicht aus, um das Kräftespiel und das Verformungsverhalten im Bereich eines Anschlussdetails zutreffend zu beschreiben. Dies soll anhand von fünf anschaulichen Beispielen belegt werden.

Fachwerkstab – Zug- und Druckstoß

Die in Abb. 3.27 dargestellten Stäbe können für eine reine Zugbeanspruchung ganz einfach mit vier Stabdübeln und einem eingeschlitzten Stahlblech gestoßen werden. Für eine Biegebeanspruchung der schwachen Achse des Stahlbleches wird man aufgrund der Steifigkeitsverhältnisse ohne Weiteres vereinfachend ein Gelenk ansetzen können. In der anderen Richtung ergibt sich eine nachgiebige Einspannung, deren Federsteifigkeit durch die Verbindungsmittel bestimmt wird und die sich durch eine Drehfeder beschreiben lässt. Für eine Druckbeanspruchung wäre diese Verbindung nicht geeignet. In diesem Fall wäre ein Anschluss zu wählen, welcher für beide Hauptrichtungen senkrecht zur Stabachse ausreichend biegesteif ist. Als Beispiel hierfür ist in Abb. 3.28 eine Verbindung mit zwei außenliegenden Laschen dargestellt.

Balken – biegebeanspruchter Stoß

Biegebeanspruchte Stöße ergeben sich z. B., wenn im Zuge einer Sanierung ein Balken nicht komplett erneuert, sondern nur das schadhafte Holz herausgeschnitten

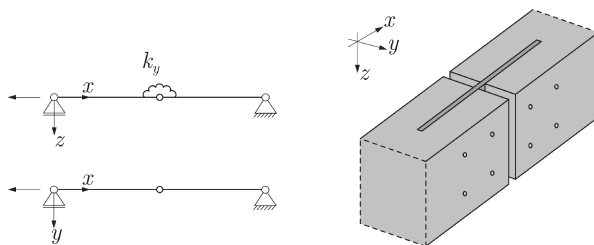


Abb. 3.27 Zugstoß mit eingeschlitztem Stahlblech.

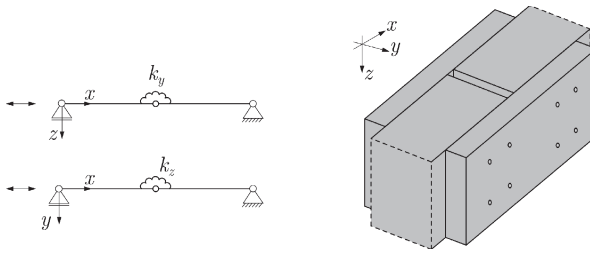


Abb. 3.28 Druck- oder Zugstoß mit seitlichen Laschen.

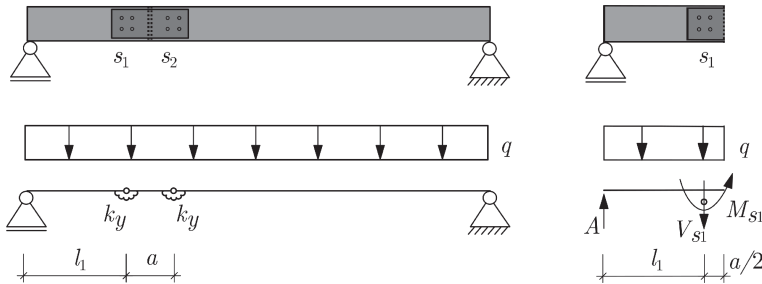


Abb. 3.29 Biegebeanspruchter Balkenstoß.

und ersetzt werden soll. Abbildung 3.29 zeigt ein entsprechendes Beispiel. Hier sind vom Anschluss die Querkraft und das Biegemoment aufzunehmen, welche sich aus der Gleichgewichtsbetrachtung am Gesamtsystem ergeben. Um die anschließende Bemessung einzelner Verbindungsmittel vorzubereiten, ist es sinnvoll, die Schnittgrößen bezogen auf den Schwerpunkt aller Verbindungsmittel des Anschlusses zu berechnen:

$$\sum V = 0: \quad A - q \cdot \left(l_1 + \frac{a}{2} \right) - V_{s1} = 0 \Rightarrow V_{s1} = A - q \left(l_1 + \frac{a}{2} \right),$$

$$\begin{aligned} \sum M_A = 0: \quad V_{s1} \cdot l_1 + q \cdot \frac{\left(l_1 + \frac{a}{2} \right)^2}{2} - M_{s1} &= 0 \\ \Rightarrow M_{s1} &= V_{s1} \cdot l_1 + q \cdot \frac{\left(l_1 + \frac{a}{2} \right)^2}{2}. \end{aligned}$$

Stützenfuß – gelenkig und eingespannt

Aus Gründen des konstruktiven Holzschutzes muss der direkte Kontakt des Holzes mit Stahlbetonbauteilen im Bereich von Stützenfüßen möglichst vermieden werden. In Abb. 3.30a und b ist jeweils eine Pendelstütze mit gelenkigen Auflagern dargestellt. Die Ausführung im Detail erfordert entweder einen biegesteifen Anschluss zwischen dem Stahleinbauteil und der Holzstütze oder die Einspannung des Stahlprofils in das Fundament, um eine kinematische Kette mit drei Gelenken zu vermeiden.

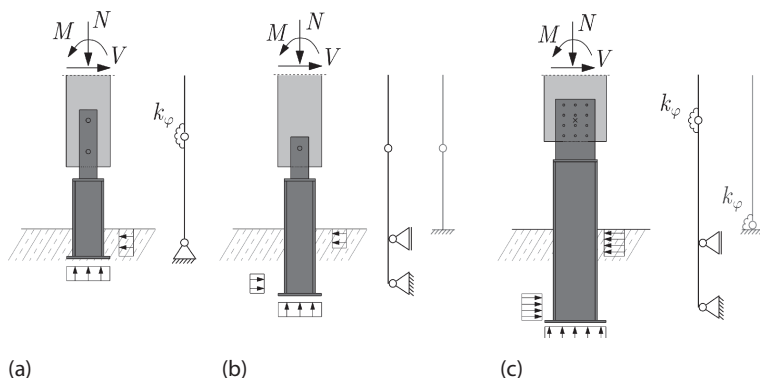


Abb. 3.30 Stützenfuß: (a) gelenkig, mit biegesteifer Verbindung zwischen Stahleinbauteil und Stütze, (b) gelenkig mit ins Fundament eingespanntem Stahleinbauteil und (c) Stützenfuß eingespannt.

Bei eingespannten Stützen ergibt sich das maßgebende Biegemoment im Auflagerbereich aus dem Abtrag der horizontalen Einwirkungen. Die Beanspruchungen, welche im Übergang zwischen Stahlprofil und Fundament bzw. zwischen Stahlprofil und Stütze auftreten, lassen sich ermitteln, wenn man auch hier das Schnittprinzip der Baustatik konsequent anwendet. Im Bereich des Fundamentköchers können zwei horizontale Auflager angesetzt werden, deren Abstand so gewählt wird, dass die Druckkräfte vom Beton aufgenommen werden können. Die Drehfeder, die sich aus der Nachgiebigkeit des Anschlusses des Stahlprofils an dem Holzquerschnitt ergibt, kann vereinfachend an der Einspannstelle angeordnet werden (siehe Abb. 3.30c).

Fachwerkträger – Gelenke

Bei Fachwerkträgern wird in einer ersten Näherung meist davon ausgegangen, dass sich die Achsen der Gurte, Pfosten und Diagonalen an jedem Knoten in einem Punkt schneiden (siehe Abb. 3.31). Bei einer genaueren Betrachtung unter Berücksichtigung der realen Abmessungen der Stäbe stellt man oft fest, dass die am Fachwerkknoten angreifenden Normalkräfte keinen gemeinsamen Schnittpunkt haben. Dies ist unproblematisch, wenn der Gurt am Knoten durchläuft und das aus der Exzentrizität herrührende Biegemoment aufnehmen kann. Eine realitätsnahe Modellierung der geometrischen Situation kann durch die Einführung von zwei Gelenken erfolgen, bei denen gleichzeitig die Nachgiebigkeit des Anschlusses berücksichtigt wird (Abb. 3.31c). Wenn die Exzentrizität e_x weniger als die halbe Höhe des Gurtes beträgt, darf sie vernachlässigt werden (siehe auch Abschn. 2.2.2). Bei größeren Exzentrizitäten kann das Biegemoment auch ohne genaue Modellierung mit den Angaben aus Abb. 3.31d abgeschätzt werden.

Ungewollte Einspannung und Zwängungen vermeiden

Durch zusätzliche „konstruktive“ Befestigungen, die z. B. zur Lagesicherung an einem gelenkigen Auflager vorgesehen werden, können sich ungewollte Einspannun-

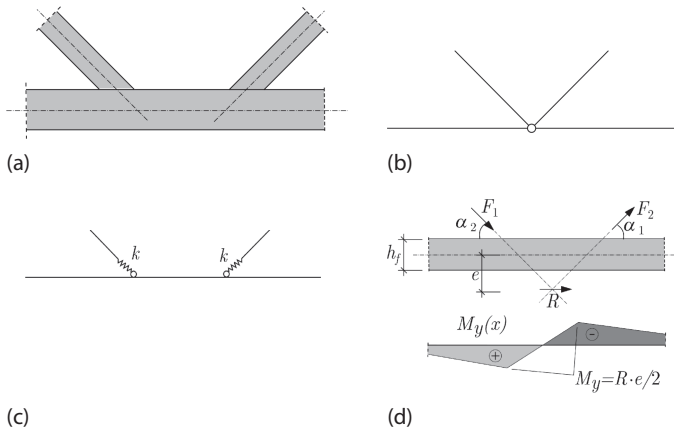


Abb. 3.31 (a) Fachwerkknoten, (b) ideale Situation, (c) realitätsnahe Modellierung unter Berücksichtigung der Steifigkeiten und (d) Biegebeanspruchung des Gurtes bei exzentrischem Anschluss der Diagonalen.

gen ergeben. Diese ungewollten Einspannungen führen oft zu Beanspruchungen im Tragwerk, die von diesem nicht aufgenommen werden können. Störende Risse und möglicherweise eine reduzierte Tragsicherheit sind die Folge. Deshalb sollte bei der Planung der Details sehr sorgfältig darauf geachtet werden, dass unvermeidbare Verformungen auch zugelassen werden. Dies soll anhand von zwei Beispielen veranschaulicht werden. Abbildung 3.32 zeigt die geometrische Situation eines „langen Auflagers“ z. B. auf einer Wandscheibe. Die Lagesicherung am Trägerende führt zu einer Einspannung, wenn dort kein vertikales Langloch im Stahleinbauteil vorgesehen wird. In der Regel ist die Querkzugfestigkeit des Holzes das „schwächste Glied“, sodass sich die ungewollte Einspannung durch das Aufreißen des Balkens abbaut. Abbildung 3.33 zeigt die Gabellagerung eines Brettschichtholzbinders. Neben den Zwängungen aus einer behinderten Verdrehung können bei hohen Trägern erhebliche Beanspruchungen entstehen, wenn die infolge des nachträglichen Trocknens entstehenden Schwindverformungen durch die Verbindungsmittel behindert werden. Ein Aufreißen der Querschnitte im Auflagerbereich kann die Schubtragfähigkeit erheblich herabsetzen.

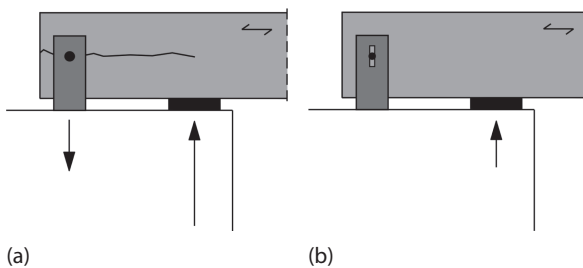


Abb. 3.32 „Langes Auflager“ mit seitlicher Halterung: (a) Rissbildung infolge ungewollter Einspannung und (b) zweiwertige Lagerung mit Langloch.

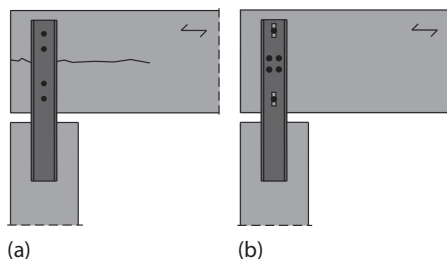


Abb. 3.33 Hoher Träger mit Gabellaugerung (Seitenansicht): (a) Rissbildung infolge behinderter Schwindverformung und (b) unbehindertes Schwinden und Verdrehen durch Langloch und Lochspiel.

3.2.2 Erweitertes Schnittprinzip

Für das Verständnis und für die Ermittlung der Kräfte und Beanspruchung in gelenkigen und biegesteifen Verbindungen ist es sinnvoll, das aus der Baustatik bekannte Schnittprinzip anzuwenden und zu erweitern. Dazu wird mit Bezügen zu den Abb. 3.34 und 3.35 ein zweistufiges Vorgehen vorgeschlagen:

Schritt 1: Ermittlung der Stabschnittgrößen an der Stelle des Schwerpunktes der Verbindung „S“.

Schritt 2: Ermittlung der Kräfte, die vom einzelnen Verbindungsmittel aufgenommen werden. Dabei sind die Gleichgewichtsbedingungen einzuhalten:

$$N_s = \sum F_{x,i}^N, \quad (3.16)$$

$$V_s = \sum F_{z,i}^V, \quad (3.17)$$

$$M_s = \sum F_{\alpha,i}^M \cdot r_i, \quad (3.18)$$

mit r_i als Abstand zwischen den einzelnen Verbindungsmitteln und dem Schwerpunkt der Verbindung (siehe Abb. 3.34).

Sobald mehr als zwei Verbindungsmittel vorhanden sind, ist die Verbindung statisch unbestimmt und es müssten die Verträglichkeitsbedingungen herangezogen werden, um die Aufteilung der Kräfte auf die einzelnen Verbindungsmittel festzulegen. Dazu wären die Federsteifigkeiten für jedes einzelne Verbindungsmittel zu ermitteln und in das Gleichungssystem einzusetzen. Das Vorgehen kann wesentlich vereinfacht werden, wenn in der Verbindung keine unterschiedlichen Verbindungsmittel vorgesehen werden. Normalkräfte und Querkräfte werden dann gleichmäßig

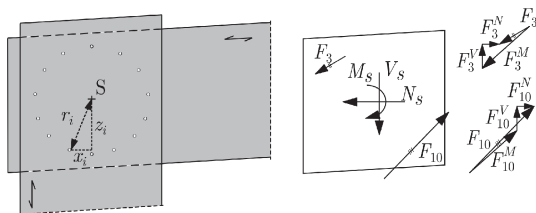


Abb. 3.34 Rahmenecke mit Dübelkreis.

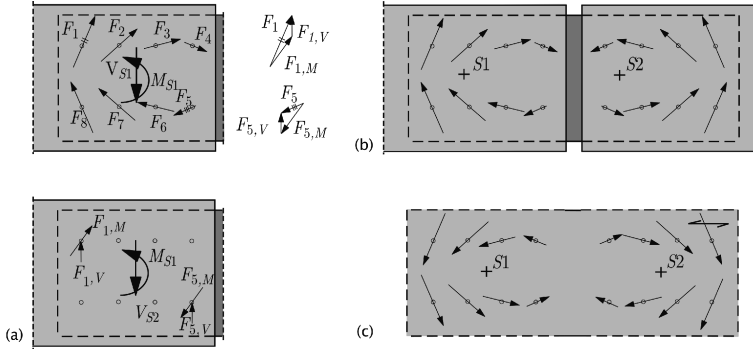


Abb. 3.35 Biegesteifer Balkenstoß mit eingeschlittem Stahlblech: (a) Vektoraddition der Kräfte an den Verbindungsmitteln, (b) Anschlusskräfte am Holz und (c) Kräftegleichgewicht am Stahlblech.

auf alle Verbindungsmittel verteilt

$$F_{x,i}^N = \frac{N_s}{n}, \quad (3.19)$$

$$F_{z,i}^V = \frac{V_s}{n}. \quad (3.20)$$

Die Kräfte aus dem Biegemoment werden über das polare Moment, d. h. über eine rein geometrische Bedingung, verteilt, entweder als resultierende Kraft

$$F_{\alpha,i}^M = \frac{M_s \cdot r_i}{I_p} \quad (3.21)$$

oder auf die Trägerachse bzw. die Faserrichtung des Holzes bezogen

$$F_{x,i}^M = \frac{M_s \cdot z_i}{I_p}, \quad (3.22)$$

$$F_{z,i}^M = \frac{M_s \cdot x_i}{I_p}. \quad (3.23)$$

In diesem Zusammenhang wird das polare Moment definiert als

$$I_p = \sum_{i=1}^n r_i^2 = \sum_{i=1}^n (x_i^2 + z_i^2). \quad (3.24)$$

Die resultierende Kraft je Verbindungsmittel und der zugehörigen Kraft-Faser-Winkel können mit diesen Gleichungen berechnet oder durch Vektoraddition auch grafisch ermittelt werden. Zwei Beispiele dazu zeigen Abb. 3.34 und 3.35.

Abbildung 3.35 zeigt, wie durch die Anwendung des erweiterten Schnittprinzips das Gleichgewicht der Kräfte zum einen im Bereich des Anschlusses an das Holzbauteil, zum anderen aber auch am Stahlblech eingehalten wird. Die Nachweise der Tragsicherheit sind zu führen für

- die Verbindungsmittel unter Berücksichtigung des Kraft-Faser-Winkels und – sofern keine Querkugsicherung vorgesehen ist (siehe Abschn. 3.5.4) – mit der effektiven Anzahl n_{ef} ,
- das Stahlblech.

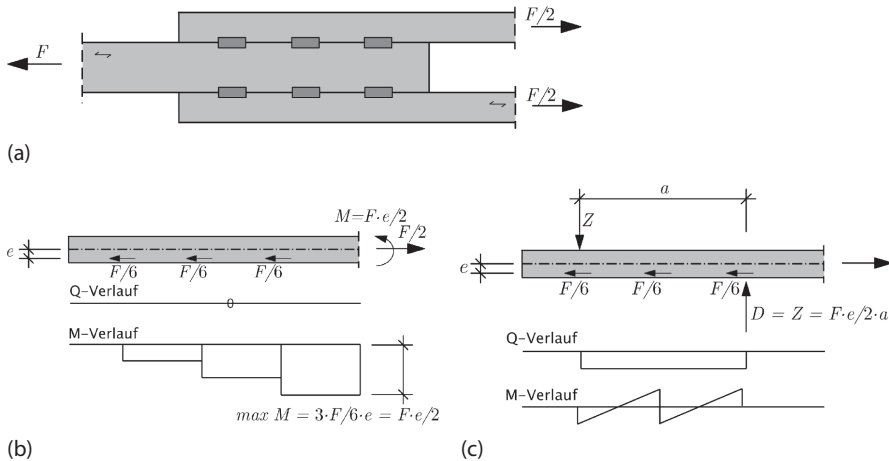


Abb. 3.36 Zugstoß: (a) mit außenliegender Lasche, (b) ohne zugfeste Verbindungsmittel und (c) mit ausziehfestem Verbindungsmittel.

Für das angeschlossene Holzbauteil kann von einer sicheren Einleitung der Kräfte ausgegangen werden, wenn die vorgegebenen Abstände zum Rand und untereinander eingehalten sind und der Nachweis gegen Blockscherversagen geführt ist.

Die Ermittlung der Steifigkeit der Drehfeder eines biegebeanspruchten Stoßes wurde in Band 1, Abschn. 4.3.3 erklärt.

Das erweiterte Schnittprinzip kann auch angewandt werden, um den Lastfluss an einem Zugstoß eines Fachwerkstabes zu verstehen. Bei Verwendung von Dübeln besonderer Bauart oder von stiftförmigen Verbindungsmitteln werden die Kräfte im Randbereich der Hölzer, d. h. mit einem Abstand zur Achse des jeweiligen Stabes, aufgenommen. Bei einer symmetrischen, zweischnittigen Verbindung ist das für das Mittelholz unproblematisch, da die Biegemomente aus der Exzentrizität im Gleichgewicht stehen. Bei den Seitenhölzern ist dies nicht der Fall. Abbildung 3.36 zeigt, wie sich in den seitlichen Laschen aus der exzentrischen Krafteinleitung ein Biegemoment aufbaut (Abb. 3.36b). Dieses Biegemoment kann innerhalb des Anschlusses aufgenommen werden, wenn zugfeste Verbindungsmittel eingesetzt werden (Abb. 3.36c). In diesem Fall ist die Biegebeanspruchung der Seitenhölzer erheblich reduziert. Ein genauer Spannungsnachweis der Seitenlaschen und Berücksichtigung der Biegebeanspruchung ist nicht nötig, wenn der charakteristische Wert der Zugfestigkeit für die Seitenlaschen abgemindert wird. Die dazu formulierten Regeln sind im Band 1 in Abschn. 2.6 zusammengestellt.

3.2.3 Bemessungs- und Konstruktionsregeln

Die erforderlichen Mindestabstände zwischen den einzelnen Verbindungsmitteln und zu den Rändern des angeschlossenen Holzbauteiles richten sich nach der Art der Verbindungsmittel und deren Durchmesser. Die entsprechenden Angaben finden sich in Band 1, Abschn. 3.3.8.

Bei rechteckigen Anschlussgeometrien mit in Faserrichtung hintereinanderliegenden Verbindungsmitteln ist die Bemessung für die effektiv wirksame Anzahl n_{ef} (siehe Band 1, Abschn. 3.38) durchzuführen. Angaben zu n_{ef} für Dübelkreise enthält Abschn. 3.5.5.

3.3 Verbindungen und Anschlüsse mit Brettsper Holz

Die herstellungs-, transport- oder montagebedingten Abmessungen von Bauteilen aus Brettschichtholz erfordern Verbindungen der Decken- und Wandelemente untereinander an den Stößen (siehe Abb. 3.37). Zudem muss der Lastabtrag von Geschoss zu Geschoss durch geeignete Verbindungen zwischen Decke und Wand sichergestellt werden. Dabei unterliegen die Verbindungen und Anschlüsse sowohl statischen als auch bauphysikalischen Anforderungen.

Hinsichtlich der Bauphysik spielt die Dichtheit der Anschlüsse vor allem für den Schall- und Wärmeschutz eine wichtige Rolle. Die Luftdichtheit in den Stößen

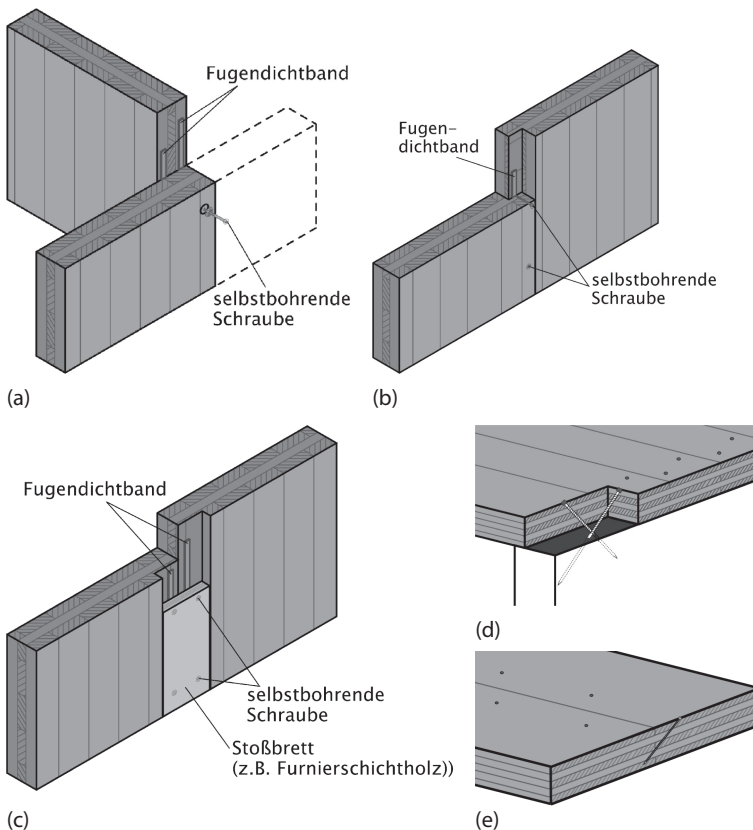


Abb. 3.37 Elementstöße bei Brettsper Holzkonstruktionen: (a) Eckstoß/T-Stoß, (b) Elementstoß mit Überblattung, (c) Elementstoß mit Stoßbrett, (d) Anschluss Decke-Wand mit Schrägverschraubung und (e) Elementstoß mit Schrägverschraubung.