

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Band: 112 (1994)
Heft: 45

Artikel: Holzbalkendecken als neuzeitliches Bausystem
Autor: Kolb, Josef
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-78556>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.11.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Holzbalkendecken als neuzeitliches Bausystem

Geschossdecken sind wesentliche Bauteile und müssen nahtlos in ein Gesamtsystem eines Baues integriert sein. Wo Bauten bereits ab Fundament aus Holz bestehen, werden die Decken konstruktionsbedingt auch in Holz erstellt. Im Massivbau waren bis in die fünfziger Jahre recht oft auch Holzdecken gebräuchlich. Heute ist dies nicht mehr so selbstverständlich. Doch erlauben neue Konstruktionssysteme in mancher Hinsicht wesentlich verbesserte Bauweisen, egal ob die Wände in der Holz- oder Massivbauweise erstellt werden. Die konstruktiv baulichen Kriterien sind dabei die gleichen wie bei reinen Holzbauten, mit Ausnahme der Ausbildung der Auflage und der Verankerung.

Ein Holzbau ist traditionell vom Systemgedanken bestimmt. In den letzten Jahren sind neue Systeme aufgekom-

VON JOSEF KOLB,
ROMANSHORN

men. Diese Entwicklung hat Auswirkungen auf die Architektur und Bautechnik von Holzbauten bzw. Holzbausystemen. Bei allen Grundtypen –

Blockbau – Fachwerkbau – Ständerbau – Rahmenbau – Skelettbau – Tafelbau – werden traditionellerweise Balkendecken eingebaut. Dazu gehörten ganz unterschiedliche Detailausbildungen der Auflager und der Anschlüsse. So werden beispielsweise beim Blockbau kunstvolle Versätze und Ausplattungen angewendet, während beim Rahmenbau die Deckenbalken mit Direktaufleger und einfacher Nagelung aufliegen.

In diesem Bericht werden grundsätzlich Holzbalkendecken (Bilder 2–4) vorgestellt. Sog. «flächige Deckensysteme» bzw. «Massivholzdecken» – also Systeme, die in einer einzigen Schicht zugleich tragend wie raumbildend wirken (s. Bild 1) – sind lediglich als Systemvergleich erwähnt. Wichtig ist, dass die Wahl des Deckensystems mit dem gesamten zu bauenden Objekt und mit dem jeweiligen Grundtyp übereinstimmt. Es soll heute aus der ganzen verfügbaren Palette von Deckensystemen ausgewählt werden. Insbesondere die flächig wirkenden Holzdeckensysteme sind heute weit entwickelt und einfach einzubauen. Allerdings darf dabei nicht vergessen werden, dass auch Holzbalkendecken in der Zimmereiwerkstatt zu grösseren Einheiten zusammengebaut werden können und so innert kurzer Zeit montiert werden. Ein wesentlicher Vorteil der flächigen Massivholzdecken kann somit kompensiert werden.

Dank minimalem Materialaufwand, geringem Eigengewicht und der Möglichkeit, dass die weiteren Schichten an der

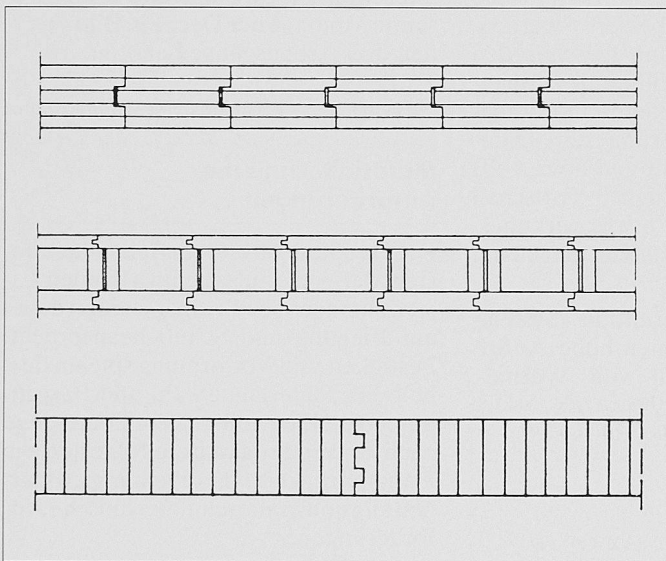


Bild 1. Verschiedene Arten von Massivholzdecken. Die Rohdecke ist dabei zugleich tragend und raumbildend ausgeführt

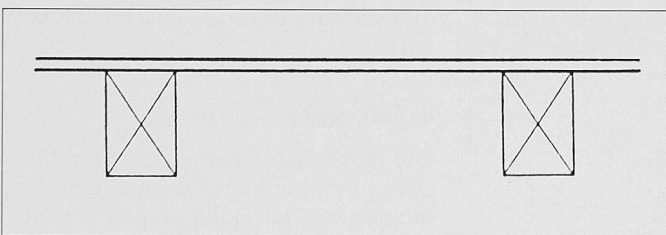


Bild 2. Systemstufe 1:
Tragkonstruktion aus Balken und Tragschicht (Schalung oder Platte)

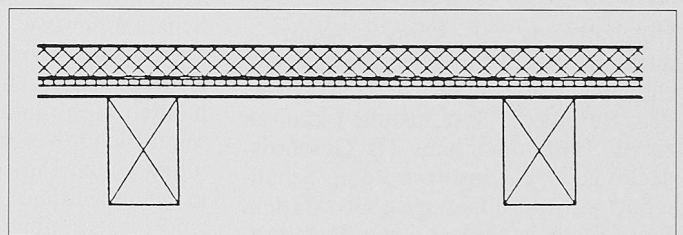


Bild 3a. Systemstufe 2:
Tragkonstruktion aus obenliegendem Aufbau

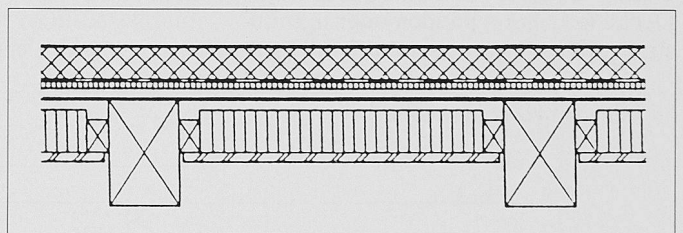


Bild 3b. Systemstufe 2:
Tragkonstruktion, obenliegender Aufbau und Verkleidung zwischen den Balken

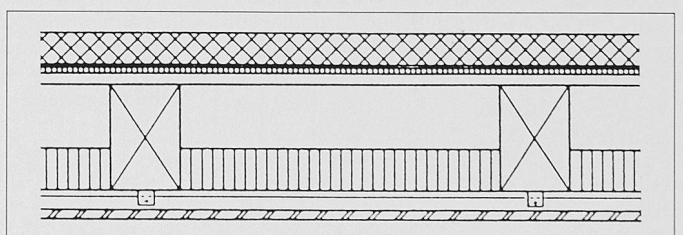


Bild 4. Systemstufe 3:
Tragkonstruktion, obenliegender Aufbau und untenliegende Verkleidung

Stelle eingebaut werden, wo sie am meisten wirken, lässt die Holzbalkendecke als sehr zukunftsweisend erscheinen. Wichtig ist dabei, dass auch der Holzbalkendecke, ähnlich wie den in Bild 1 dargestellten kompakten Deckensystemen, ein Systemgedanke zugrundeliegt, der mindestens die Vorfertigungsstufe Balken inklusive Tragschicht – d. h. Systemstufe 1 (Bild 2), vorgefertigt zu einem Element – enthält.

Mit der heutigen Technik und den verfügbaren Materialien können stabile und formbeständige Deckenbauteile hergestellt werden, welche die Räume ohne Zwischenabstützung zugleich tragend und raumbildend überbrücken. Der Bedarf an solchen Deckenbauteilen führte zusammen mit anderen Einflüssen zu einer erfreulichen Entwicklung, die dem Holzbau ganz allgemein neue Möglichkeiten eröffnen.

Systemzuordnung

In Bild 2 ist die Holzbalkendecke als Rohdecke dargestellt. Diese Rohdecke (Systemstufe 1) kann durch einen oberliegenden Aufbau (Systemstufe 2, Bild 3 a) und durch eine untenliegende Verkleidung (Systemstufe 3, Bild 4) erweitert werden.

Holzbalkendecken können somit je nach Konstruktionsart unterschiedlichen Anforderungen angepasst werden. Bereits die Systemstufe 1 kann in einem Einfamilienhaus als Geschossdecke genügen, insofern keine Schallschutzanforderungen gestellt werden. Empfohlen ist jedoch eine Verbesserung des Schallschutzes durch einen oberliegenden Aufbau (Systemstufe 2). Häufig wird die im Bild 2 dargestellte Decke in Lagergebäuden oder in Industrie- oder Gewerbebauten eingebaut,

bei denen keine Schallschutzanforderungen bestehen. Bei Spannweiten ab 5 m kann zwischen den Balken und der Tragschicht ein schubsteifer Verbund hergestellt werden. Somit entsteht ein wirtschaftliches Tragsystem beispielsweise aus den Materialien Brettschichtholz und Platten aus Massivholz oder Holzwerkstoffen (Systemskizze Bild 5).

Mit der Deckenbauart von Bild 3 kann ein Schallschutz von etwa Luftschall R'_{w} 50 dB und Trittschall, je nach Gehbelag, von etwa $L'_{n,w}$ 55 dB erreicht werden. Solche Schalldämmwerte genügen für Deckenkonstruktionen innerhalb eigener Wohn- oder Bürobereiche. Für gute Schalldämmwerte ist jedoch die Systemstufe 3 empfohlen. Ein weiteres Merkmal der in diesem Absatz beschriebenen Konstruktion sind die sichtbaren Balken. Bei den Systemstufen 1 und 2 bleiben die Balken sichtbar. Die Tagkonstruktion wird somit zu einer ablesbaren Grösse und somit zu einem Gestaltungsmittel.

Werden aus gestalterischen Gründen sichtbare Balken gewünscht und soll trotzdem ein entsprechender Schallschutz erreicht werden, kann die Verkleidung auch zwischen den Balken angeordnet werden (Bild 3 b). Gegenüber Deckenkonstruktionen mit gänzlich sichtbarer Tragkonstruktion kann so die Schalldämmung verbessert werden. Durch eine Verkleidung zwischen den Balken und durch Füllung des entstehenden Hohlraumes kann eine durchschnittliche Verbesserung der Dämmung gegen Luftschall von etwa 4 dB erreicht werden. Bezüglich Trittschall sind diese Einbauten etwas wirkungsvoller. Die Verbesserungen liegen im Mittel bei etwa 11 dB.

Mit der Deckenkonstruktion «Systemstufe 3» (Bild 4) können hohe Anforderungen hinsichtlich von Wärme-,

Schall- und Brandschutzanforderungen erreicht werden. Schalltechnisch sind vor allem verkleidete Holzkonstruktionen vorzuziehen. Der Einbau einer Deckenverkleidung ergibt eine zweite Schale, die zusammen mit der aufliegenden Schale eine akustisch wirksame Konstruktion bildet. Ebenfalls bietet diese Deckenbauart eine grössere Gestaltungsfreiheit, weil die Deckenverkleidung unabhängig der Tragkonstruktion gewählt werden kann.

Auch erfolgt eine Zuordnung der Deckenbauarten – wie bereits in der Einleitung erwähnt – zu den Holzbausystemen. So gehören die Ausführungen der Systemstufe 1 und 2 zu den Systemen Block- und vor allem Skelettbau, während die Ausführung Systemstufe 3 der Rahmen- und Tafelbauweise (Elementbau) zuzuordnen ist.

Bei diesen Systemstufen ist es besonders wichtig, dass in Vorfertigungsstufen und in Systemschritten bezüglich den Wirkungsweisen der Aufbauten überlegt, geplant und konstruiert wird, und nicht die Anzahl der einzelnen Schichten, die auf der Baustelle zu montieren sind, das System alleine bestimmt. Für die Montage einer Decke gemäss Bild 2 wird ein Montagevorgang benötigt, für diejenige in Bild 3 werden zwei Montagevorgänge und für die gesamte Montage der Decke in Bild 4 werden drei Arbeitsgänge benötigt.

Materialtechnische Anforderungen

Die Hauptaufgabe einer Balkenlage besteht darin, die auf sie einwirkenden Lasten zu tragen. Die Träger werden dabei auf Biegung und Schub beansprucht. Festigkeit und Verformung spielen deshalb bei Materialauswahl und Berechnung die Hauptrolle. Dazu kommen je nach Anwendung weitere Kriterien wie Dauerhaftigkeit, Erscheinung, Bearbeitung und brandschutztechnische Anforderungen.

Für Balkenlagen mit Stützweiten bis zu rund 5 m kann Massivholz verwendet werden. Stark beanspruchte Teile, sichtbare Balkenlagen und erhöhte Ansprüche an den Brandschutz erfordern oft den Einsatz von Brettschichtholz.

Holzfeuchte

Die Holzfeuchte hat auf die Durchbiegung, die Masshaltigkeit und die Dauerhaftigkeit der Hölzer einen wesentlichen Einfluss. Die nach den Normen vorgegebenen Holzfeuchten bedeuten zusammengefasst für Holzdecken folgendes:

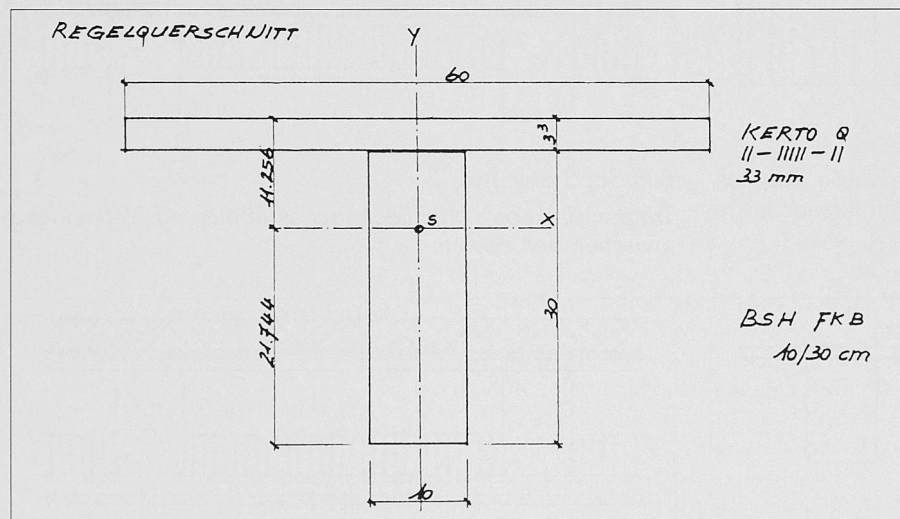


Bild 5. Systemskizze:

Darstellung eines möglichen Regelquerschnittes bei statisch wirkendem Verbund von Balken und Tragschicht

a) in nicht beheizten Räumen:

Die zu erwartende Gleichgewichtsfeuchte beträgt zirka 12 bis 18%.

- Ist die Austrocknung gewährleistet und können sowohl die zu erwartende Verformung der Querschnitte wie auch grössere Schwindrisse toleriert werden, ist beim Einbau kein besonderer Trocknungsgrad erforderlich.
- Bei feucht eingebautem Holz, das bereits während des Austrocknens belastet wird, muss mit einer grösseren Kriechverformung gerechnet werden.
- Für Konstruktionsholz mit Anforderungen an Durchbiegung, Masshaltigkeit und Formstabilität ist eine Einbaufeuchte von 18% und ein Maximalwert von 20% anzustreben.

b) In beheizten Räumen mit verkleideter Tragkonstruktion:

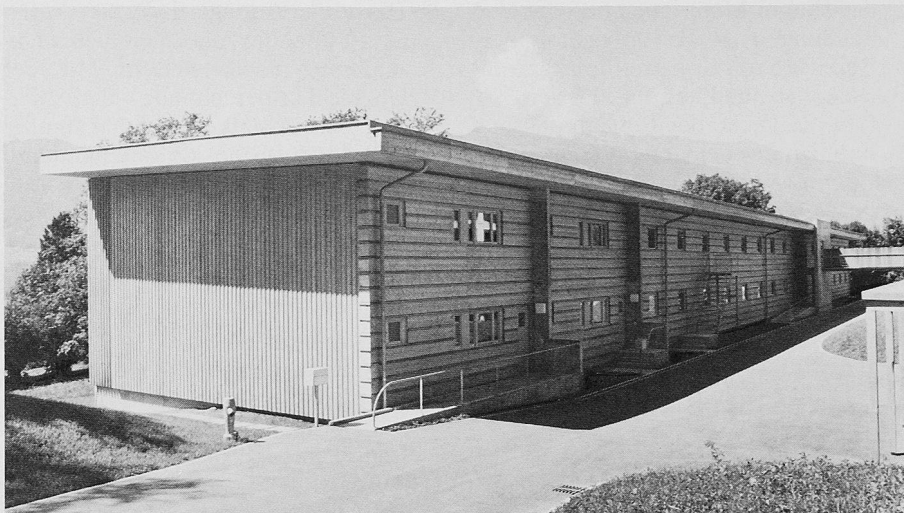
Die zu erwartende Gleichgewichtsfeuchte beträgt 6 bis 12%. Zusätzlich zu a) ist zu berücksichtigen:

- Holz, das in den Bereich der Wärmedämmschicht eingebaut wird, darf im Zeitpunkt des allseitigen Einschlusses eine Feuchtigkeit von maximal 16% aufweisen.
- Die zu erwartende Verformung bei feucht eingebautem Holz ist infolge der tieferen Gleichgewichtsfeuchte höher als in nicht beheizten Räumen. Besonders Träger, welche die Gebäudehülle durchstossen, sind «luftdicht» anzuschliessen, das heisst, es sind trockene Hölzer erforderlich.
- Bei Konstruktionsholz für Balkendecken in trockenen Innenräumen ist eine durchschnittliche Einbaufeuchte von 15% anzustreben.
- Bei statisch hoch beanspruchten Konstruktionen oder bei anderen konstruktiven Anforderungen (zum Beispiel bei mehrgeschossiger Bauweise) ist die Einbau-Holzfeuchte gesondert zu bestimmen.

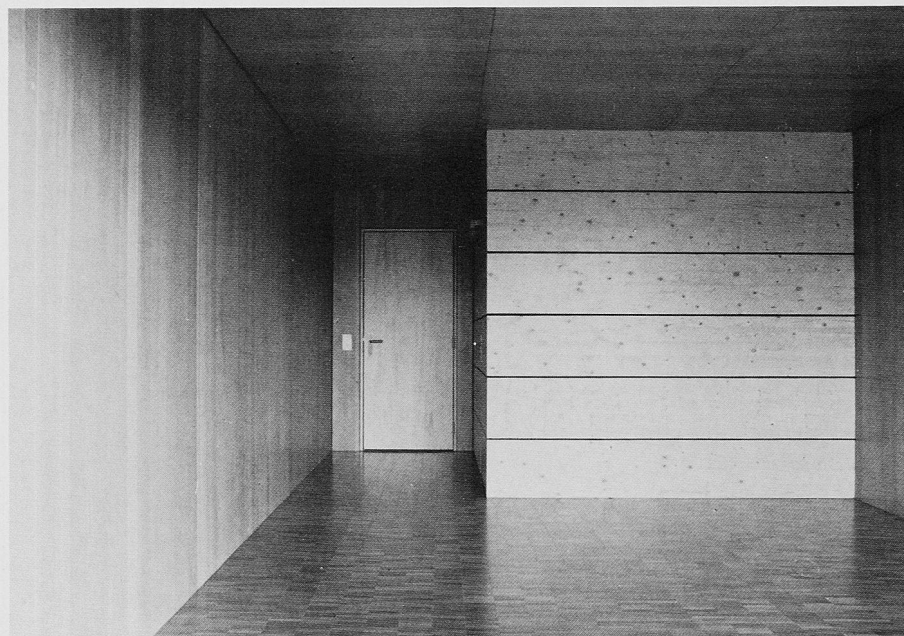
c) In beheizten Räumen mit sichtbar bleibender Tragkonstruktion:

Die zu erwartende Gleichgewichtsfeuchte beträgt 6 bis 12%. Zusätzlich zu a) und b) ist zu berücksichtigen:

- Besonders bei sichtbaren Balkenlagen sind die Anforderungen an die Formstabilität und die Masshaltigkeit gross. Für sichtbare Balkendecken ist eine maximale Einbaufeuchte von 15% notwendig.
- Für sichtbare Balkendecken sind weitere Kriterien wie die Oberflächenbeschaffenheit, die Oberflächenbehandlung und die Sortierung nach Qualitätsklassen (Erscheinungssortierung) zu beachten.



Mehrgeschossige Bauten können heute auch im Rahmen der gültigen Vorschriften in Holz erstellt werden. Rationelle Deckensysteme in Holz ermöglichen dabei optimale Lösungen. (Im Bild: Förscherschule Maienfeld, Architekt Rudolf Fontana, Mitarbeiter Leo Bieler, Domat/Ems)



Teilansicht der in Holz und Holzwerkstoffen verkleideten Räume. Die Decke ist analog dem Aufbau der Systestufe 3 ausgeführt (Bilder: R. Führer, Chur)

Schnittart

Nach SIA-Norm 164 ist für tragende Bauteile Holz der Festigkeitsklasse II zu verwenden, sofern in den Plänen und im Werkvertrag nichts anderes vorgeschrieben wird. Das heisst, in Festigkeitsklasse II sind Markstücke nur mit gewissen Einschränkungen zugelassen. Für Balkenlagen sind schmale, hohe Querschnitte wirtschaftlicher als quadratische. Aus verschiedenen Gründen sind deshalb markdurchschnittene Stücke für Balkenlagen den Markstücken vorzuziehen. Für sichtbare Konstruktionen können auf jeden Fall nur markdurchschnittene, besser noch markfreie Hölzer eingebaut werden.

Planung

Zur Vorgehensweise für das Planen von Holzbalkendecken sind nachstehend einige Hinweise angebracht:

- Die Balken werden mit Vorteil über die kürzere Raumdistanz angeordnet.
- Die maximale Stützweite für Massivholz beträgt etwa 5 Meter. Bei grösseren Stützweiten kommt verleimtes Holz zur Anwendung.
- Der Normalachsabstand der Balken liegt in der Regel zwischen 600 und 700 mm. Bei verdeckter Tragkonstruktion wird auf die Abmessungen

der Dämm-Materialien und der Verkleidungen Rücksicht genommen. Bei sichtbarer Konstruktion kann der Balkenabstand erhöht werden, sofern die Dicke der Beplankungsmaterialien auf den Achsabstand abgestimmt ist.

- Durchlaufende Balken über zwei oder mehrere Felder sind wirtschaftlicher als Einfeldbalken. Die Vor- und Nachteile sind jedoch abzuwägen.

Vorteile:

- Geringere Durchbiegung
- Geringerer Holzverbrauch.

Nachteile:

- Balken grösserer Länge sind schwieriger zu beschaffen (Kosten)
- Erschwerter Transport
- Bei sichtbaren Balkenlagen mit durchlaufenden Balken ist deren Einteilung im Grundriss erschwert
- Durchlaufende Balken ermöglichen eine nachteilige Schallübertragung (Schwingungsverhalten)
- Die maximale Höhe der Kantholzquerschnitte beträgt 240 bis 280 mm. Balkenquerschnitte, deren Höhe mehr als das 2,5fache der Breite beträgt, sind gegen Kippen zu sichern

- Die nötige Auflagerfläche am Auflager ist über die zulässige Querdruckspannung nachzuweisen. Mit der Überschlagsberechnung – die Auflagertiefe am Balkenende hat mindestens das 0,7fache der Balkenhöhe zu betragen – kann dies auf einfachste Weise kontrolliert werden.

Bei der Planung von Balkenlagen kann nach folgendem Ablaufschema vorgegangen werden:

- Belastungsannahme
- Abstütungen (Unterzüge, tragende Wände, Stützen) festlegen
- Balkenrichtung und statisches System wählen (Einfeld- oder Durchlaufträger)
- Balkenlage sichtbar oder verkleidet? Oberflächenbearbeitung und nötige Holzfeuchte bestimmen
- Wandabstände der Randbalken bestimmen
- Balkeneinteilung festlegen
- Treppen- und Kaminauswechslungen sowie weitere Deckendurchbrüche bestimmen
- Balkenquerschnitte berechnen
- Planen der Ausführungsdetails.

Die Dimensionen der Balken können auf verschiedene Arten bestimmt oder

zumindest vorbemessen werden:

- Mit Hilfe von Erfahrungswerten und aus der Praxis stammenden Überschlagsrechnungen
- Mit Hilfe von Tabellen
- Durch statische Berechnungen.

Bemessung nach Erfahrungswerten

Erfahrungswerte oder sogenannte Überschlagsrechnungen dienen zur Vorbemessung und zur überschlagsmässigen Kontrolle von Balkendimensionen. Im herkömmlichen Wohnungsbau, wo in der Regel mit 3 bis 3,5 kN/m² Gesamtlast gerechnet wird, ergeben sich mit nachstehenden «Formeln» relativ genaue Resultate. Diese Annäherungen können bei gleichmässig verteilter Belastung – also ohne Einzellasten – angewendet werden und ergeben Richtwerte bei einem Balkenabstand bis 650 mm. Bei höheren Belastungen, beispielsweise bei schweren Bodenaufbauten sowie dort, wo wegen baulicher Gegebenheiten nur eine geringe Durchbiegung vertretbar ist, ist eine statische Berechnung in jedem Fall erforderlich (Beachten: Angaben unter statischer Berechnung).

Balkendimensionen mit Überschlagsrechnungen:

$$\text{Balkenhöhe} = \frac{\text{Spannweite}}{20}$$

$$\text{Balkenbreite} = \frac{\text{Balkenhöhe}}{2}$$

$$\text{Nötige Auflagertiefe der Balken} = \text{Balkenhöhe} \times 0,7$$

Bemessung mit Tabellen

Eine weitere einfache und genauere Methode ist die Bestimmung der Balkenquerschnitte mit Hilfe von Tabellen. Sie können ebenfalls nur bei gleichmässig verteilter Belastung angewendet werden, was jedoch für die meisten Balkendecken im Wohnungsbau zutrifft. Mit den Holzbau-Tabellen der Lignum können Balkenlagen mit Stützweiten von 2750 mm bis 5500 mm und mit Flächenlasten von 1,5 bis 6 kN/m² bestimmt werden.

Statische Berechnung

Die vorgängig erwähnten Erfahrungswerte und die Tabellen zur Ermittlung von Querschnitten sind an gewisse Voraussetzungen gebunden. Tabellen gelten in der Regel nur für gleichmässig verteilte Lasten über die ganze Trägelänge (keine Einzellasten) und für Konstruktionsholz der Festigkeitsklasse II, das auf Gebrauchsfeuchte konditioniert und vor Witterung geschützt ist. Die zulässige Durchbiegung beträgt normalerweise für Balkenlagen im Woh-

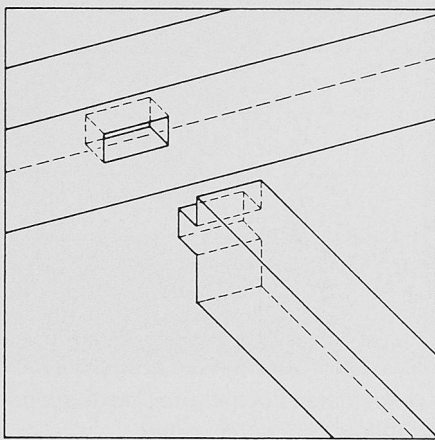


Bild 6. Einfacher Zapfen

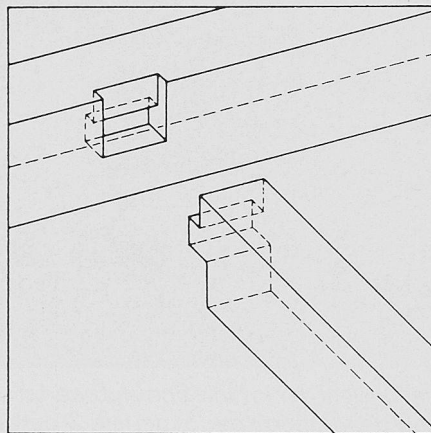


Bild 7. Brustzapfen mit gerader Brust

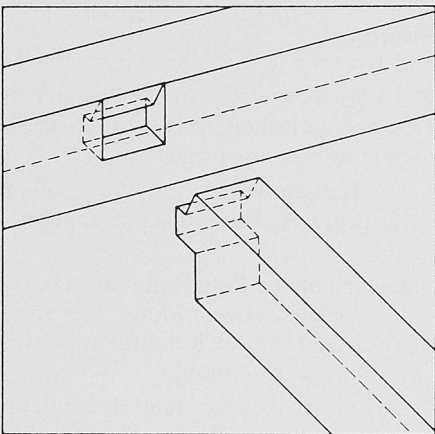


Bild 8. Brustzapfen mit schräger Brust

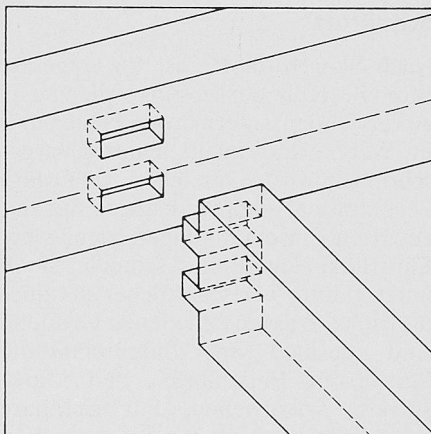


Bild 9. Doppelzapfen (bei hohen Balkenquerschnitten)

Bilder 10. bis 13. Unterschiedliche Balkenauflagen an der Aussenwand:

nungsbereich maximal ein Dreihundertfünftelstel oder je nach Beanspruchung ein Vierhundertstel der Stützweite. Sind die Voraussetzungen anders oder sind grosse Lasten und Stützweiten vorhanden, muss die Dimensionierung über die statische Berechnung erfolgen.

Durchdringungen

In den wenigsten Fällen ist es möglich, eine Balkenlage über grössere Flächen ohne Durchbrüche zu planen und zu bauen. Meistens müssen Kamine, Treppen oder auch Lüftungskanäle ausgetauscht werden. Dabei sind bei Kaminen die brandschutztechnischen Anforderungen und bei Auswechslungen die statischen Überlegungen einzubeziehen. Bei grösseren Auswechslungen ist zu berücksichtigen, dass einzelne Balken grössere Lasten aufzunehmen haben. Der Wechselbalken überträgt die Last auf die nächstliegenden durchgehenden Balken. Diese haben neben der gleichmässig verteilten Last noch Einzellasten zu übernehmen, die je nach Grösse der Auswechslung beträchtlich sein können. Beim Dimensionieren von Wechsellagen, Balken und Trägern sind diese zusätzlichen Lasten zu berücksichtigen.

Verbindungen

Der Anschluss der Balken erfolgt bei Auswechslungen durch eine Holzverbindung mit Loch und Zapfen oder durch Stahlblechteile.

Innerhalb der Zapfenverbindungen sind verschiedene Ausführungsarten üblich. Die häufigste Verbindungsart ist der Balkenzapfen (Bild 6). Mit den üblichen Kettenstemmaschinen ergibt sich eine Zapfenlochhöhe und damit eine Zapfenstärke von 40 mm. Beim Brustzapfen mit gerader Brust (Bild 7) bleibt oberhalb des Zapfenloches eine Ausplattung von 20 mm, die das Verdrehen des anschliessenden Balkens einschränken kann. Die durch den Brustzapfen entstehende Querschnittsverschwächung ist beim Querträger zu berücksichtigen. Werden Brustzapfen mit schräger Brust (Bild 8) angewendet, kann diese Querschnittsverschwächung vermindert werden.

Eine Verbesserung der Tragfähigkeit ergibt sich mit Brustzapfen allerdings nicht. Eine Erhöhung der Tragfähigkeit wird mit den sogenannten Doppelzapfen (Bild 9) erreicht, die bei hohen Bal-

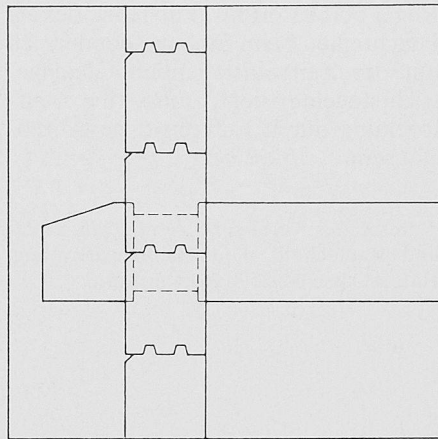


Bild 10. Blockbau

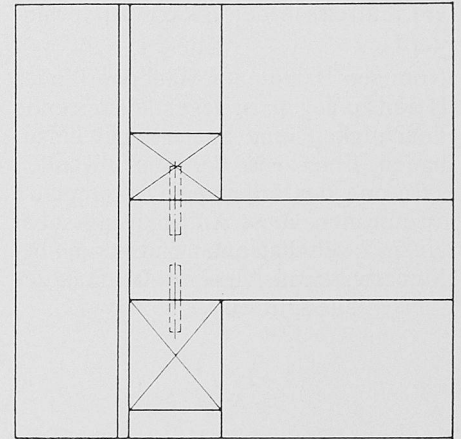


Bild 11. Fachwerkhäuser

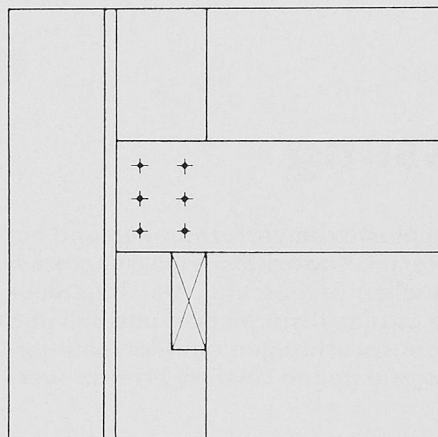


Bild 12. Ständerbau

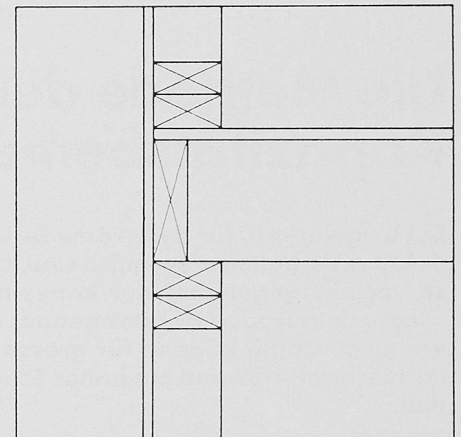


Bild 13. Rahmenbau

kenquerschnitten angewendet werden können. Die Zapfenverbindungen sind bei Auswechslungen mit Stahlteilen zu sichern.

Anstelle der Zapfenverbindungen können Balkenschuhe aus Blechformteilen eingesetzt werden. Sie sind einfach anzubringen und haben keine Querschnitts-Verschwächung der Hölzer zur Folge. Diese Verbindungen können, je nach gestalterischen Ansprüchen und Ansichten, entweder verdeckt oder bewusst sichtbar belassen werden.

Als weitere Möglichkeit können anstelle von Zapfenverbindungen der Balkenschuhe Z-Profile eingebaut werden. Diese Verbindungen sind in den Materialien Stahl und Aluminium erhältlich. Die Anordnung kann verdeckt oder teilweise sichtbar erfolgen. Bemessungswerte für diese Verbindungsmittel sind in den Holzbau-Tabellen 2 der Lignum enthalten.

Ausbildung der Auflager

Je nach Holzbausystem unterscheidet sich die Ausbildung der Deckenaufleger, da die Wandkonstruktion, aber auch die Balkenlagen nicht einheitlich konstruiert sind. Entsprechend den

Brandschutzvorschriften sind die Balkenaufleger auszubilden, die an Brandwände oder an Brandmauern angrenzen.

Bei der Blockbauweise (Bild 10) werden die Balken allseitig ausgeplattet und ragen über die Aussenwand aus. Beim Fachwerkbau (Bild 11) liegen die Balken zwischen Einbinder und Schwelle und sind mit Hartholzdübeln gesichert. Die Verankerung des oberen Stockwerkes erfolgt durch Verbindungsmittel aus Stahl und/oder über eine durchgehende Blindschalung. Beim Ständerbau (Bild 12) wird jede Tragbohle an die Ständerbohle mit Nägeln gegen das Kippen gesichert. Die vertikale Kraftübertragung erfolgt dabei über die Querschnittsfläche von Holz zu Holz. Beim Rahmenbau (Bild 13) wirkt der Randbalken als Zug- oder Druckgurte der Deckenscheibe. Die vertikale Kraftübertragung erfolgt ebenfalls über die Querschnittsfläche, also von Holz zu Holz.

Werden Balken oder Träger beim Endauflager ausgeklinkt, wird die Tragfähigkeit von Biegeträgern reduziert. Sofern die Ausklinkung mehr als ein Sechstel der Trägerhöhe beträgt, sind konstruktive Massnahmen nötig, um

ein Aufreissen der Balken zu verhindern.

Kommen Balken auf Mauerwerk oder Beton zu liegen, ist gegen aufsteigende Feuchtigkeit eine Sperrschicht einzubauen. Ebenso ist bei Aussenwänden stirnseitig der Balken eine Dämmplatte anzuordnen. Diese Anforderung ist bei einem Zweischalenmauerwerk oder bei Mauerwerk mit Aussenisolation in der

Regel bereits erfüllt. Für Holz, dessen Feuchtigkeit beim Einbau über der sich mit der Zeit einstellenden Gleichgewichtsfeuchte liegt, muss die Austrocknung durch Luftzutritt gewährleistet sein.

Adresse des Verfassers: *Josef Kolb*, Holz- und Bautechnik, Unternehmensberatung, Hafenstrasse 60, 8590 Romanshorn.

Literatur

J. Kolb, 1992: «Systembau mit Holz», 2. Auflage, Baufachverlag, Zürich und Lignum

Lignum, 1991: Holzbau – Tabellen 1

Lignum, 1990: Holzbau – Tabellen 2 (Verbindungen und Verbindungssysteme)

Die Methode der Kapazitätsbemessung

Bei Tragwerken, für deren Bewährung plastische Verformungen und ein duktileres Verhalten wesentlich sind, bietet die Kapazitätsbemessung grosse Vorteile gegenüber der konventionellen Bemessung. Der Ingenieur «sagt» dem Tragwerk ganz genau, wo es plastifizieren darf und soll und wo nicht. Damit können für grosse Beanspruchungen ein klar definierter Mechanismus und ein hoher Schutzgrad gegen Einsturz erreicht werden.

Zahlreiche Tragwerke können die ihnen zugewiesenen Aufgaben nur durch plastische Verformungen und ein

VON HUGO BACHMANN,
ZÜRICH

mehr oder weniger duktileres Verhalten zufriedenstellend erfüllen. Solche Tragwerke sind beispielsweise:

- Stützen von Hochbauten oder Brücken mit Gefahr des Anpralls von Fahrzeugen;
- Tragwerke von Hochbauten und Brücken unter Erdbebeneinwirkung;
- Schutzbauwerke gegen Steinschlag, Lawinen, Explosionen usw.

Den genannten Tragwerken ist gemeinsam, dass sie nebst Schwerelasten erheblichen dynamischen Einwirkungen mit Beanspruchungen im plastischen Bereich standhalten sollen.

Bei der Bemessung solcher Tragwerke stellt sich die Frage nach dem zweckmässigen Vorgehen, nach der besten Strategie. Wie soll der Gang der Bemessung sein, der am ehesten zum Ziel führt?

Es können zwei Möglichkeiten unterschieden werden:

Konventionelle Bemessung: Bemessung für die resultierenden Schnittkräfte wie für Schnittkräfte aus Schwerelasten und Windkräften.

Kapazitätsbemessung: An die Besonderheiten der massgebenden Einwirkungen angepasste Bemessungsmethode.

Die beiden Bemessungsmethoden werden nachstehend kurz dargestellt, und es werden entsprechende Folgerungen gezogen.

Konventionelle Bemessung

Die konventionelle Bemessung beinhaltet das dem Bauingenieur für die Bemessung von Tragwerken seit eh und je vertraute Vorgehen:

Schritt 1: Entwurf des Tragwerks

Schritt 2: Bildung eines Tragwerkmodells und Ermittlung der Schnittkräfte für:

- Schwerelasten
- Dynamische Einwirkungen (Ersatzkraftverfahren, modales Antwortspektrenverfahren usw.)

Schritt 3: Bemessung der Tragelemente:

- Kontrolle und definitive Wahl der Abmessungen
- Durchführung von Nachweisen
- Konstruktive Durchbildung.

Das Vorgehen ist somit gleich wie bei einer Bemessung für Schwerelasten und Windkräfte.

Eine Beurteilung konventionell bemessener Tragwerke bezüglich ihres Verhaltens unter den massgebenden Einwirkungen ergibt:

- Plastifizierungen sind mehr oder weniger überall möglich.
- Der plastische Mechanismus, sofern diese Bezeichnung überhaupt gerechtfertigt ist, ist zufällig und nicht näher bekannt.
- Die lokale Duktilität in den plastifizierenden Bereichen des Tragwerks ist sehr unterschiedlich.
- Die globale Duktilität ist im allgemeinen gering und nicht näher bekannt.
- Das Verhalten unter den massgebenden Einwirkungen ist somit nicht näher bekannt.

Durch eine konventionelle Bemessung kann nur ein sehr beschränkter und nicht näher bekannter Schutzgrad gegen Einsturz erreicht werden.

Kapazitätsbemessung

Bei der Kapazitätsbemessung ist das Vorgehen in den ersten beiden Schritten gleich wie bei der konventionellen Bemessung. Beim dritten Schritt besteht indessen ein wesentlicher Unterschied. Die Schritte lauten somit:

Schritt 1: Entwurf des Tragwerks

Schritt 2: Bildung eines Tragwerkmodells und Ermittlung der Schnittkräfte für:

- Schwerelasten
- Dynamische Einwirkungen (Ersatzkraftverfahren, modales Antwortspektrenverfahren usw.)

Schritt 3: Bemessung der Tragelemente:

- Wahl eines geeigneten plastischen Mechanismus
- Bemessung und konstruktive Durchbildung der plastifizierenden Bereiche nach relevanten Regeln