

# Statische Ertüchtigung historischer Tragwerke

Der Einsatz von Holzwerkstoffen der 3. Generation in denkmalgeschützten Gebäuden führt zu erstaunlich praktikablen und kostengünstigen Lösungen

## Johann Grad, Ingolstadt

Der Autor, geboren 1940, Dipl.-Ing. (FH) der Architektur und des Bauingenieurwesens, ist Inhaber eines Ingenieurbüros in Ingolstadt. Er ist vereidigter Sachverständiger für Mauerwerksbau, Holzbau und konstruktiven Denkmalschutz. Realisierung zahlreicher Projekte: Kommunaler Hochbau, weitgespannte Hallen aus Stahl und Holz, Raumfachwerke und seilverspannte Konstruktionen, Glasbemessungen, Betreuung über 300 historisch wertvoller Bauwerke im Denkmalschutz. Wettbewerbserfolge im Brückenbau. Balthasar-Neumann-Preis 1998

## Karl-J. Habermann, München

Der Autor ist Architekt und Fachautor. Er lebt und arbeitet in München. Nähere Angaben siehe DBZ 1/2001

Seit 1991 setzt das Büro Grad die neuen Holzwerkstoffe bei Neubauten als Faltwerke, Flächen- und Schalentragwerke sowie vor allem (mit großem Erfolg) bei denkmalrelevanten Projekten ein.

Unter dem Begriff ‚Holzwerkstoffe‘ werden (meist) plattenförmige Produkte verstanden, die durch Zusammenfügen von zerkleinertem Holz, Furnieren und Brettern entstehen. Dabei bewirkt das Zerkleinern und anschließende Zusammenfügen eine Vergleichmäßigung der richtungsabhängigen Holzeigenschaften, so dass die Holzwerkstoffe im Unterschied zum Vollholz geringere Eigenschaftsstreuungen und eine weitgehende Isotropie in Plattenebene aufweisen. Dadurch wird eine großflächige Verwendung möglich.

Eingesetzt werden wegen der höheren Tragfähigkeit vor allem Furnierschichtholzplatten des Typs Q und Mehrschichtplatten mit drei oder fünf Schichten, die jeweils in eigenen bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt sind. Gab es anfangs nur ein Produkt, so ist mittlerweile eine Reihe von unterschiedlichen Herstellerfirmen in der Lage, eine ganze Palette von Plattentypen anzubieten, differenziert nach Tragfähigkeit, Abmessungen und Oberflächenqualität. Unterschiedliche Eigenschaften stellen sich in entsprechenden Preisstufen dar.

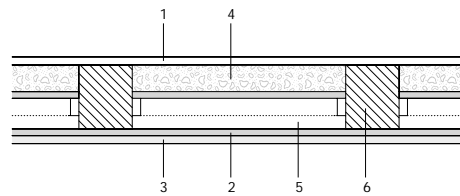
Im Rahmen der Sanierung eines bauhistorisch wertvollen Gebäudes ist es unerlässlich die vorhandene Tragstruktur zu überprüfen. Meist ist eine Erhöhung der Tragfähigkeit erforderlich.

Ursachen und Gründe für eine Ertüchtigung von Dach- oder Deckenbalken können sein:

- unterdimensionierte Hölzer mit übergroßen Durchbiegungen und extremem Schwingungsverhalten
- reduzierte Tragfähigkeit auf Grund von Substanzschäden, etwa wegen Feuchtigkeitseinflüssen oder Schädlingsbefall
- höhere Verkehrslasten wegen geplanter Nutzungsänderungen
- höhere Eigengewichte bei Dachgeschossausbauten

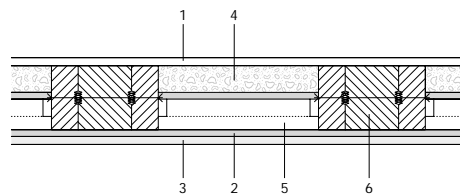
Allgemein hat eine große Anzahl von uns nachgerechneten historischen Holzbalkendecken eine zulässige Nutzlast von 1,5–2,5 kN/m<sup>2</sup> ergeben. Die Schwachpunkte dieser Tragwerke sind häufiger die großen Durchbiegungen und Schwingungen bei Belastung und Begehung. Wertvolle bemalte Stuckdecken werden dadurch immer wieder im Laufe der Zeit geschädigt, d. h. es entstehen Risse oder Stuckteile lösen sich ab.

Regelschnitt Holzbalkendecke

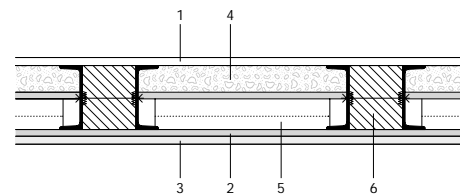


- 1 Fußbodenbretter
- 2 Schalung + Putzträger
- 3 Putzdecke, häufig mit Stuckornamenten
- 4 Fehlboden mit Schüttung d=8 - 10 cm
- 5 Lehmschlagdecke (Holz- oder Strohlehmgemisch) oder Luftraum
- 6 Deckenbalken
- 7 T-Profil oder Schlitzblech Stabdübelverbindung

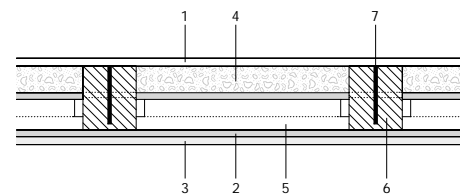
Erhöhung der Tragfähigkeit (bisherige Methode)



Beihölzer



Stahlprofile



Schlitzblech von oben

Nebenstehend der Sanierungsfall Raiffeisenbank Eichstätt: Räume mit reich verzierten Stuckdecken im ersten Obergeschoss. Die Balkenlage über den Stuckdecken war nicht nur wegen ihrer Schräglage zu korrigieren, sondern auch auf Grund einer Nutzungsänderung in ihrer Tragfähigkeit wesentlich zu verbessern



Die Erhöhung der Steifigkeit der Deckenbalken reduziert die Durchbiegungen und Schwingungen und schließt meist die Einhaltung der erforderlichen Nutzlast auf Grund von Nutzungsänderungen mit ein.

Die bisherigen Lösungen sind mit hohem Arbeits- und Kostenaufwand verbunden. Dabei wird wertvolle historische Bausubstanz oftmals unwiederbringlich zerstört. Um die Beilassungen ausführen zu können, müssen die Fehlböden von Hand ausgebaut und nach der Montage der Verstärkungen, angepasst an die reduzierte lichte Weite, wieder eingebaut werden. Die Ausführung der horizontalen Verschraubungen oder Verdübelungen ist äußerst arbeitsintensiv.

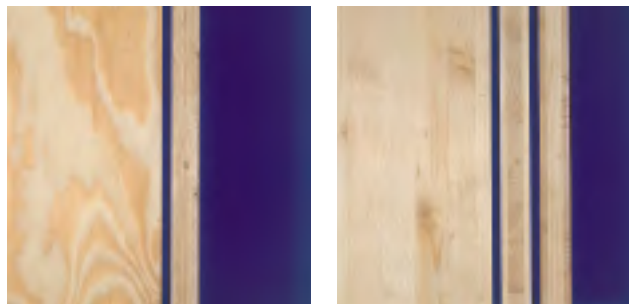
Die unmittelbare Nähe der Putzdecke zum eingesetzten Arbeitsgerät führte beim Einbau der Beilassungen und bei den erforderlichen Bohrungen auf Grund von Erschütterungen häufig zu Schäden an den erhaltenswerten Stuckdecken.

Bei hölzernen Dachwerken wurde im Falle einer erforderlichen Erhöhung der Tragfähigkeit bisher analog, wie eben beschrieben, vorgegangen.

Selbst in neuesten Fachpublikationen zum Thema sind nur Hinweise auf herkömmliche Methoden zu finden.

In über 60 angeführten Objekten hat sich die Praxistauglichkeit, Funktionalität und Kosteneffizienz der im Büro Grad seit 10 Jahren angewandten und weiterentwickelten Methode bestätigt.

Holzwerkstoffe der dritten Generation: Furnierschichtholz- und Mehrschichtplatten



Geeignete Mehrschicht- und Furnierschichtplatten.  
Quelle: Informationsdienst Holz, Holzbau Handbuch, Reihe 4, Baustoffe

Holzwerkstoff	Grundlage für die Verwendung		Abmessungen		
			Dicke [mm]	Breite [mm]	Länge [mm]
<b>Mehrschichtplatten</b>					
Dold	3-lagig	Z-9.1-258	13...52	bis 2500/3000	bis 5000
	5-lagig		35...55	bis 2500/3000	bis 5000
Kaufmann	3-lagig	Z-9.1-242	20...75	bis 2000	bis 25000
			35 und 40	bis 2000	bis 25000
Tilly	3-lagig	Z-9.1-320	17...26	1250	bis 5000
Schwörer	3-lagig	Z-9.1-209	16...40	2500	bis 5000
<b>Furnierschichtholz</b>					
Kerto S		Z-9.1-100	21...75	bis 1820	bis 23000
Kerto Q		Z-9.1-100	21...69	bis 1820	bis 23000
Kerto T		Z-9.1-291	39...75	bis 200	bis 23000
Microllam LVL		Z-9.1-245	44...89	150...610	bis 2000

#### Beschreibung der neuen Methode:

An Stelle der Dachschalung oder des Bretterbelages wird der Holzbalken mit einer mittragenden Schichtholzplatte gekoppelt. Bisher haben sich drei Verbindungsarten als effizient erwiesen:

- Verschraubung mit Rillennägeln
- Verbindung mit Stabdübeln
- Verleimungen vor Ort

Wegen der Plattenbalkenwirkung wird die Tragfähigkeit und Steifigkeit erheblich erhöht. Als großer Vorteil hat sich herausgestellt, dass die erforderliche Erhöhung der Tragfähigkeit mit der Wahl von Durchmesser und Abstand der Verbindungsmittel gesteuert werden kann.

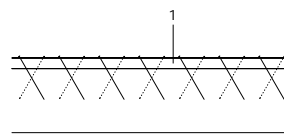
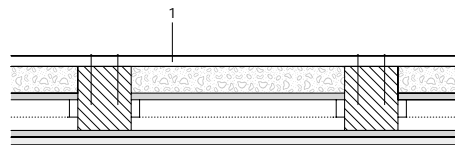
Oftmals sind die Balken stark durchgebogen. Die erforderliche Ausgleichsschicht aus Holz ist nun zugleich Koppelungselement zwischen Balken und Schichtholzplatte.

Die neue, im Büro Grad entwickelte Methode, wurde vom Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege positiv beurteilt und mit dem Einverständnis des Büros an andere Kollegen weitergegeben.

Aus ganz Bayern und darüber hinaus kommen Rückfragen von Kollegen.

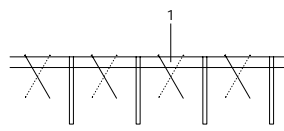
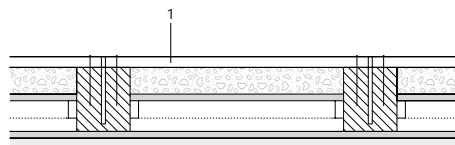
Ohne Eingriffe in die historische Substanz (sie bleibt unverändert erhalten) können historische Tragwerke mit dem beschriebenen System äußerst kostengünstig ertüchtigt werden.

#### Erhöhung der Tragfähigkeit (neue Methoden)



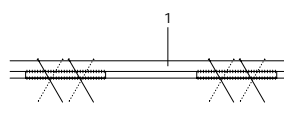
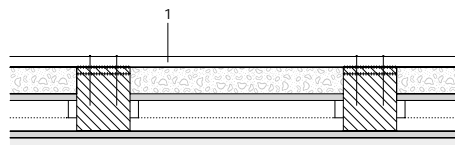
1 Belag als mittragende Scheibe, eventuell Ausgleichshölzer bei stark durchgebogenen Balken

#### Verschraubung mit Rillennägeln



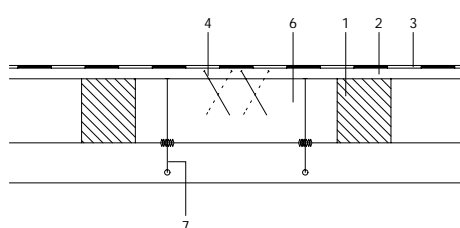
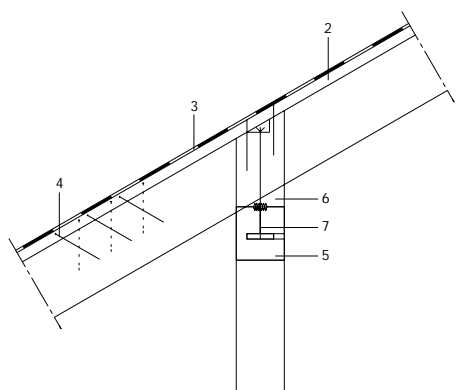
1 Belag als mittragende Scheibe, eventuell Ausgleichshölzer bei stark durchgebogenen Balken

#### Verbindung mit Stabdübeln und konstruktiver Verschraubung

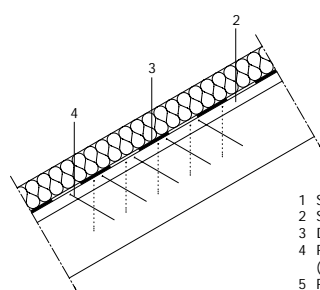
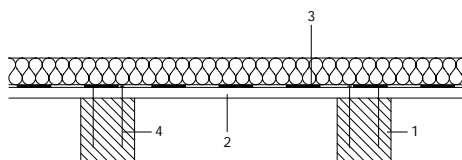


1 Belag als mittragende Scheibe, eventuell Ausgleichshölzer bei stark durchgebogenen Balken

#### Verleimung (punktförmig)

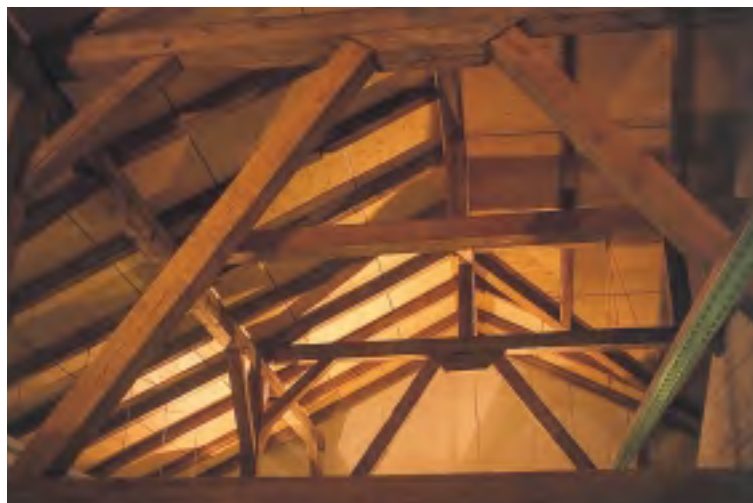


Ertüchtigung von Pfetten



Ertüchtigung von Dachsparren

- 1 Sparren
- 2 Schalung als Tragelement
- 3 Dampfsperre
- 4 Rillennägel diagonal (Neigung ca. 60°)
- 5 Pfette
- 6 Futterholz
- 7 Stirnholzverbinder



Eine weitere Einsatzmöglichkeit der Schichtholzplatten wurde bei Holzunterzügen entwickelt. Über die Deckenbalken verbunden werden die meist erheblich unterdimensionierten Holzunterzüge mit der Holzscheibe gekoppelt. Dadurch entsteht ein Tragelement mit großer Steifigkeit und Tragfähigkeit.

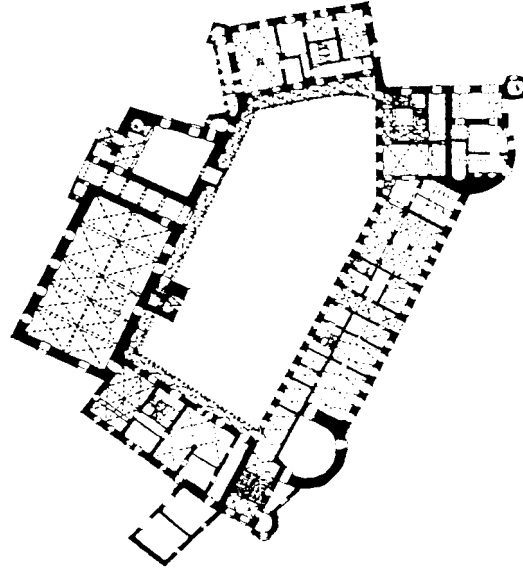
Die Idee für den Einsatz der mittragenden Schalung entstand vor ca. 10 Jahren, als der Fußboden des Spiegelsaales der Fürstbischöflichen Residenz in Eichstätt auf seine Tragfähigkeit überprüft werden musste.

Die Residenz wurde 1729 vom italienischen Baumeister Gabrieli errichtet, der Spiegelsaal 1768 vom Nachfolger Mauritio Pedetti ausgebaut.

Im Spiegelsaal finden häufig Konzerte statt, von offizieller Seite musste die Tragfähigkeit der Decke festgestellt werden. Vom Flur her wurde der Deckenrand geöffnet und die Balkendimensionen und deren Abstände gemessen. Eine Nachrechnung der Balken ergab eine zulässige Nutzlast auf das Tragwerk von  $1,5 \text{ kN/m}^2 < 5,0 \text{ kN/m}^2$ . Da die vorhandenen Schwingungen sehr gering waren, d. h. nicht mit dem rechnerischen Wert übereinstimmten, wurde von uns eine Probelastung und Messungen mit einem Genauigkeitsgrad von 0,1 mm veranlasst. Die gemessene

Römermuseum Kipfenberg: Ertüchtigung der Pfetten mit Mehrschichtplatten für die Auflage des zu erneuernden Legschieferdaches

Schloss Neuburg  
a.d. Donau, Nord-  
flügel: Sicherung  
einer Renaissance-  
Kassettendecke  
Bildsequenz von  
oben nach unten:  
sanierte Decke von  
oben; Detail Kas-  
settendecke; Blick  
auf offene Gewöl-  
bedecke unter dem  
Saal (während der  
Baumaßnahme)



Durchbiegung mit der Probelastung und eine daraus resultierende Rückrechnung ergab eine zulässige Belastung der Decke von  $5,5 \text{ kN/m}^2$  ( $>$  erf.).

In einer erneuten Untersuchung wurde festgestellt, dass sich unter dem Parkettfußboden zwei gekreuzt diagonal verlaufende  $35 \text{ mm}$  Brettschichten befanden. Die Bretter waren mit schmiedeeisernen Nägeln mit den Balken verbunden und bildeten damit einen hochtragfähigen Plattenbalken – ein Vorläufer unserer hier beschriebenen Methode.

Bei nächster Gelegenheit, es handelte sich um die Empore der Kirche St. Walburg, Eichstätt, auf der eine neue, schwerere Orgel eingebaut wurde, haben wir den Gedanken aufgegriffen und die Balken mit einer Scheibe (Kerto Q-Platte) unter der Orgel verstärkt. Die Platten wurden über die vorhandenen Fußbodenbretter mit den Balken erschütterungsfrei verschraubt.

Die unterseitigen Putzdecken sind in beiden Fällen mit wertvollen bemalten Stuckornamenten versehen. Die Koppelung des Holzunterzuges und der Deckenbalken mit einer Furnierschicht-holzplatte erlaubte eine Erhöhung der Tragfähigkeit ohne Eingriff in die wertvolle historische Bausubstanz.

Bei einer Reihe von Objekten wurde im Rahmen einer Ausschreibung ein genauer Kostenvergleich erstellt.

Beispiel Kirche Hl. Geist, Neuburg: analog  
St. Walburg, Empore mit neuer Orgel:  
Erhöhung der Tragfähigkeit von

Deckenbalken	von 41 % auf ca. 102 %
Unterzug	von 43 % auf ca. 116 %

Kirche Heilig-Geist, Neuburg:  
Erhöhung der Tragfähigkeit der Empore für die neue Orgel



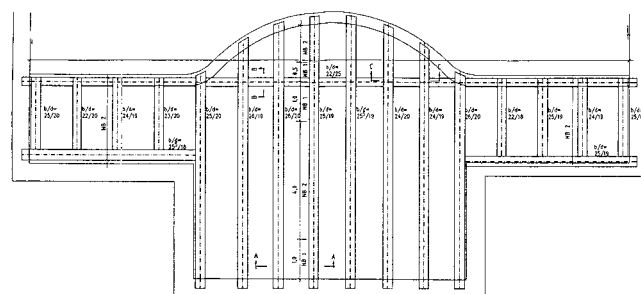
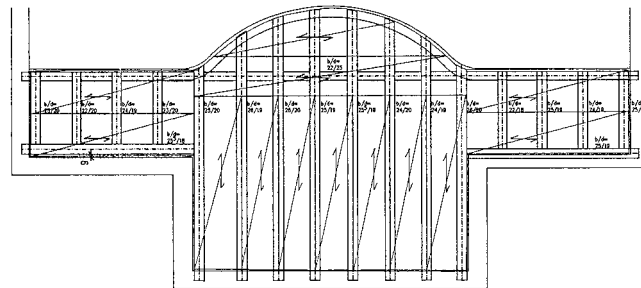
Beispiel Pfleghaus Schrobenuhauhen  
Erhöhung der Nutzlast von 1,5 auf 5 kN/m<sup>2</sup>  
(Museum)

Herkömmliche Methode  
(Beilaschungen) DM 213,-/m<sup>2</sup>  
Neue Methode 27 mm  
Furnierschichtholzplatte DM 130,-/m<sup>2</sup>

Ein großes Einsatzfeld für die neue Methode sind neben historischen Konstruktionen auch Holzbalkendecken aus der Aufbauzeit nach dem 2. Weltkrieg.

Die Decken der in den fünfziger Jahren erbauten Gebäude weisen einen mangelhaften Schallschutz auf. Um die heutigen Schallschutzanforderungen weitgehend zu erfüllen, ist es im Zuge von Modernisierungen erforderlich, zusätzlich einen schwimmenden Zementestrich aufzubringen. Meist sind die Deckenbalken für diese Zusatzlast von ca. 1 kN/m<sup>2</sup> unterdimensioniert. In der Regel genügt hier an Stelle der vorhandenen Fußbodenbretter eine kraftschlüssige Verbindung einer tragenden 20 mm dicken Platte mit den Balken um die erforderliche Tragfähigkeit zu erhalten. Der Begriff „kostengünstiges Bauen“ kann auch für dieses große Einsatzfeld verwendet werden.

Wir sind sicher, dass sich die hier vorgestellte Anwendung der 3. Generation von Holzwerkstoffen, der tragenden Furnier- und Schichtenplatten, nicht nur im Neubau, sondern auch im Denkmalschutz durchsetzen wird. Dies zeigt die große Resonanz bei den Fachleuten im Landesamt für Denkmalpflege, bei Architekten, Bauherren und Handwerkern. Vor allem in den neuen Bundesländern mit dem großen Schatz an historisch Bauwerken sehen wir für die einfache und kostengünstige Methode ein weites Betätigungsfeld. Natürlich ist auch bei diesem System die **handwerkliche Sorgfalt bei der Umsetzung und Durchführung Grundlage des Erfolges.**



mitte:  
Verlegeplan der Kerto Q-Platten  
(d = 33 mm) zur  
Ertüchtigung  
der Orgelempore

unten:  
Aufmaßplan  
Balkenlage