Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 60 (1990)

Artikel: Räumlich gekrümmte Holzbalkendecke mit Stahlbetonringbalken
Autor: Kollegger, Johann
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-46538

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.08.2025

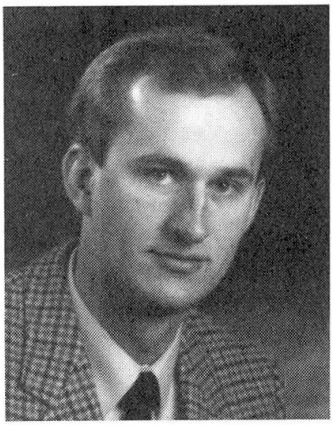
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Räumlich gekrümmte Holzbalkendecke mit Stahlbetonringbalken

Spatially Curved Wood Girder Slab with Reinforced Concrete Ring Beam

Plancher mixte de surface non plane

Johann KOLLEGGER
Dr.-Ing.
Kassel, BRD



Johann Kollegger, geboren 1956 in Österreich. Studierte Bauingenieurwesen an der University of California in Berkeley (Master of Engineering 1980) und an der Technischen Universität Graz (Diplom Ingenieur 1981). Er promovierte 1988 an der Gesamthochschule Kassel und arbeitet seither in einem Kasseler Ingenieurbüro.

ZUSAMMENFASSUNG

Eine neuartige Holzbalkendecke wird vorgestellt, bei der die räumliche Tragwirkung und das Zusammenwirken zweier Materialen — Brettschichtholz und Stahlbeton — ausgenützt wird. Die Herstellung der Decke wird beschrieben, und mögliche Ausführungsformen werden dargestellt. Eine Vergleichsberechnung mit einer konventionellen Holzbalkendecke zeigt, daß mit der räumlich gekrümmten Holzbalkendecke Decken mit viel größeren Spannweiten als bisher gebaut werden können.

SUMMARY

An innovative wood girder slab is presented which takes advantage of the spatial load carrying capacity and the combination of two materials-laminated wood and reinforced concrete. The construction of the slab and possible designs are described. A comparison calculation with a conventional wood girder slab shows that slabs with much larger spans can be built with the spatially curved wood girder slab.

RÉSUMÉ

L'article présente un nouveau type de plancher mixte, caractérisé par une surface non plane et par la combinaison de deux matériaux — bois laminé et béton armé. On décrit le mode de construction de ce plancher et on donne les formes d'exécution possibles. Un calcul comparatif avec un plancher traditionnel à poutres en bois montre que ce plancher à poutres en bois à courbure spatiale permet de réaliser des portées supérieures à celles pratiquées jusqu'à présent.

1. EINLEITUNG

Üblicherweise werden Holzbalkendecken aus geraden Balken hergestellt, die in einem Abstand von 60 bis 90 cm verlegt sind (Fig. 1). Die Balken tragen in diesem Fall ihre Lasten als Einfeldträger ausschließlich über Biegung ab. Um Holz zu sparen, sind auch Decken mit durchlaufenden Holzbalken gebaut worden. Auch zusammengesetzte Querschnitte, teilweise unter Verwendung von Brettschichtholz und Spanplatten, dienen dem Zweck, den Holzverbrauch zu minimieren. Eine weitere Möglichkeit, den Holzverbrauch zu reduzieren, wird in Verbunddecken realisiert, bei denen eine über Schubdübel an den Holzbalken angeschlossene Beton- oder Stahlbetonplatte zum Abtragen der Lasten mit herangezogen wird (Fig. 2). Der Nachteil aller aus geraden Holzbalken hergestellten Decken ist, daß sämtliche Lasten ausschließlich über Biegung abgetragen werden.

Um das Tragverhalten von Holzbalkendecken zu verbessern, wurde eine Holzbalkendecke entwickelt, bei der die räumliche Tragwirkung ausgenützt wird [3].

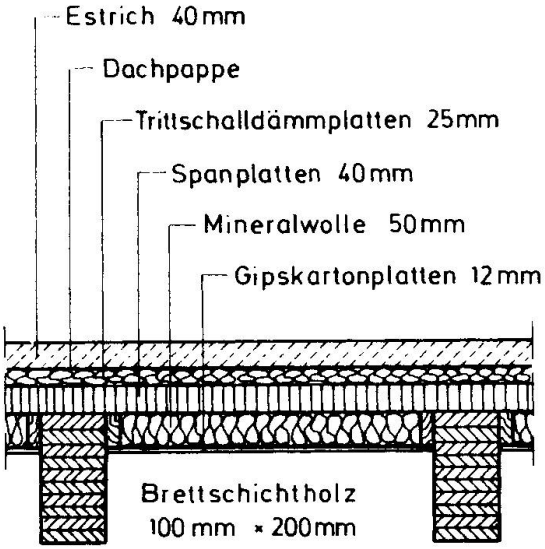


Fig.1 Querschnitt einer Holzbalkendecke (nach [1])

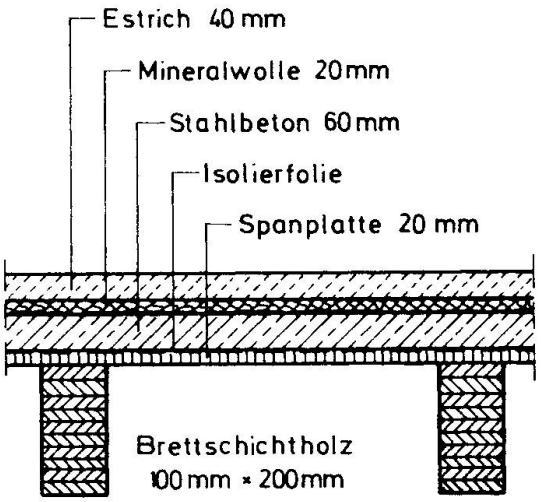


Fig.2 Querschnitt einer Holzbalken-Verbunddecke (nach [2])

2. BESCHREIBUNG DER RÄUMLICH GEKRÜMMTEN HOLZBALKENDECKE

Die Holzbalkendecke besteht aus gekrümmten Trägern aus Brettschichtholz, die radial angeordnet und auf einem Stahlbetonringbalken aufgelagert sind. Auf den Brettschichtträgern ist eine verlorene Schalung aus Brettern befestigt. Der Raum zwischen der Bretterlage und der ebenen Oberseite der Decke ist mit einem geeigneten Material wie zum Beispiel Beton, Holzspanbeton, Leichtbeton oder Blähton verfüllt.

In Fig. 3 ist eine fertiggestellte Decke schematisch dargestellt, wobei Teilbereiche herausgebrochen sind, um die tragenden Brettschichtträger und die verlorene Schalung von Brettern für das Füllmaterial zeigen zu können. Der Stahlbetonringbalken liegt bei diesem Beispiel ringsum auf dem Mauerwerk auf. Der Stahlbetonringbalken könnte auch als Sturz für Tür und Fensteröffnungen ausgebildet werden. Ein möglicher Grenzfall wäre das komplette Weglassen einer Wand, so daß der Ringbalken seine Vertikallasten an zwei Endstützen abgibt.

Der in Fig. 4 dargestellte Schnitt durch die Decke zeigt, wie sich die gekrümmten Brettschichtträger auf dem Stahlbetonringbalken abstützen und in einem Mittelknoten verbunden sind. Die Verbindung der Brettschichtträger im Mittelknoten erfolgt in Abhängigkeit von den berechneten Normalkräften und Biegemomenten durch angedübelte Laschen, eingeleimte Gewindestäbe und Vergießen des Knotens mit Beton.

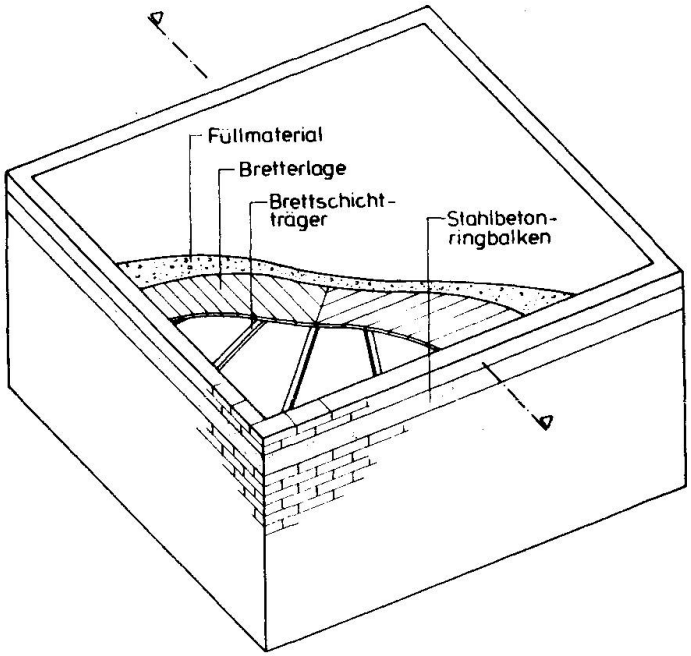


Fig.3 Schematische Darstellung der räumlich gekrümmten Holzbalkendecke mit Stahlbetonringbalken

In den Berührungsflächen zwischen Holz und Beton sind die beiden Materialien durch das Aufbringen eines Anstrichs oder einer Isolierfolie voneinander zu trennen [4]. Andernfalls besteht die Gefahr, daß der Holzzucker den Abbindevorgang des Betons negativ beeinflußt und die alkalischen Substanzen des Betons zu einer Verfärbung des Holzes führen.

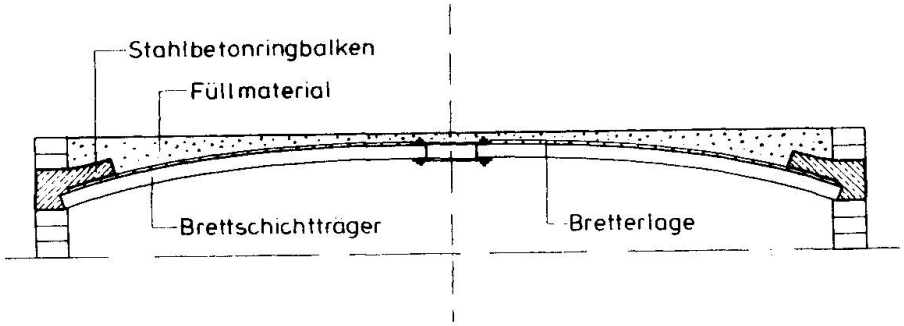


Fig.4 Schnitt durch die Decke der Fig. 1

Die räumlich gekrümmte Holzbalkendecke weist gegenüber den konventionellen Ausführungen den Vorteil auf, daß die Lasten von den gekrümmtn Brettschichtträgern bei geeigneter Formgebung vorwiegend über eine axiale Tragwirkung auf einen Stahlbetonringbalken abgetragen werden. Der Stahlbetonringbalken wird zwar auf Biegung beansprucht, kann aber durch eine Vergrößerung seiner Breite und durch eine rahmenartige Bewehrungsführung sehr steif ausgeführt werden. Das Gesamtsystem der aus gekrümmten Brettschichtträgern und Stahlbetonringbalken bestehenden Decke weist deshalb eine höhere Tragfähigkeit auf als herkömmliche Holzbalkendecken. Dies hat den Vorteil, daß größere Spannweiten wirtschaftlich überbrückt und höhere Belastungen aufgebracht werden können. Höhere Belastungen entstehen zum Beispiel aus einem Deckenaufbau mit größerem Eigengewicht, der verbesserten Schallschutz gewährleistet.

Die Verteilung der Belastung von der Deckenoberseite auf die Brettschichtträger erfolgt durch eine Gewölbewirkung des Füllmaterials und der als Zuggurte wirkenden Bretter, die auf den Brettschichtträgern befestigt sind und gleichzeitig die Schalung

für das Füllmaterial darstellen. Die Gewölbewirkung im Füllmaterial wird sich auch bei einem rolligen Material wie zum Beispiel Blähton einstellen. Zusätzlich zu dem oben skizzierten Tragmechanismus - Verteilung der Last durch Gewölbewirkung im Füllmaterial auf die Brettschichtträger und Bogenwirkung der Brettschichtträger in Verbindung mit einem steifen Ringbalken - wird sich eine über die ganze Decke hinweg reichende Gewölbewirkung im Füllmaterial einstellen, die die Steifigkeit und Tragfähigkeit der Decke noch beträchtlich erhöht. Eine weitere Verbesserung dieser Gewölbewirkung kann durch die Anordnung von Schubdübeln in den Brettschichtträgern erreicht werden, da durch die Verdübelung ein Verbundquerschnitt mit erhöhter Steifigkeit entsteht.

3. DARSTELLUNG MÖGLICHER DECKENFORMEN

Die gekrümmte Holzbalkendecke mit Stahlbetonringbalken kann über beliebigen Grundrissen errichtet werden, wobei Räume mit quadratischem Grundriß in statischer Hinsicht günstiger sind als solche mit rechteckigem Grundriß. Der kreisförmige Grundriß ist bezüglich der Tragwirkung optimal, weil in diesem Fall alle Brettschichtträger gleich lang sind und der Horizontalschub der Brettschichtträger ohne Biegemomente nur durch Zugkräfte im Ringbalken aufgenommen werden kann.

Die Anzahl, die Breite und die Anordnung der Brettschichtträger bestimmen die Größe des Mittelknotens. Der Durchmesser des Mittelknotens beträgt beispielsweise bei radialer Anordnung von 16 Balken mit einer Breite von 80 mm und bei einer Winkelöffnung von 22.5° zwischen den einzelnen Balken 200 mm.

Fig. 5 zeigt mögliche Deckenformen über quadratischem Grundriß, wobei angenommen wurde, daß die Brettschichtträger einen konstanten Krümmungsradius aufweisen. Werden die Brettschichtträger nach Fig. 5a verlegt, ergibt sich eine Decke von der Form eines Kugelgewölbes. Die Bretter müssen in diesem Fall beim Verlegen gebogen werden, was zu abhebenden Kräften bei den diagonal angeordneten Brettschichtträgern führt, die durch eine entsprechende Verankerung dieser Träger im Montagezustand zu berücksichtigen sind. Diese abhebenden Kräfte werden vermieden, wenn die Anordnung der Brettschichtträger nach Fig. 5b erfolgt. Die Bretter bleiben in diesem Fall gerade, und es entsteht eine Decke in der Form eines Klostergewölbes.

Statisch ungünstig bei den Deckenformen nach Fig. 5a und 5b ist, daß sich die kürzesten und längsten Brettschichtträger in ihrer Länge um den Faktor $\sqrt{2}$ voneinander unterscheiden. Die diagonal angeordneten Brettschichtträger werden deshalb viel stärker beansprucht als die übrigen Träger. Bei der Anordnung der Träger nach Fig. 5c sind die Längenunterschiede zwischen den Trägern geringer als bei einer Anordnung nach Fig. 5a oder 5b und die Ausnutzung der Querschnitte deswegen gleichmäßiger.

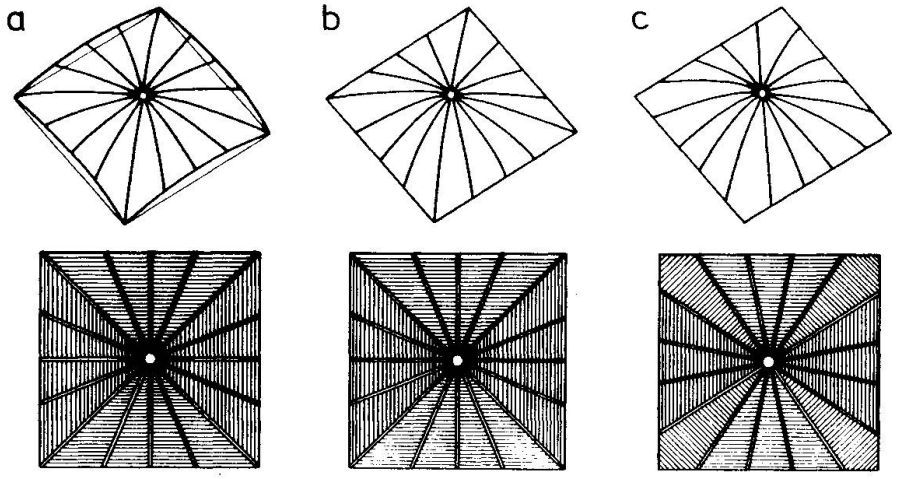


Fig.5 Mögliche Deckenformen über quadratischem Grundriß mit Darstellung der Balkenlage im oberen Bildteil und Untersicht der Decke im unteren Bildteil für a) Kugelgewölbe, b) Kolstergewölbe und c) modifiziertes Klostergewölbe

Über die in Fig. 5 gezeigten Deckenformen hinaus sind zahlreiche weitere Variationen möglich. Die Form der Brettschichtträger könnte beispielsweise für den Lastfall Eigengewicht und gleichmäßige Verkehrslast optimiert werden.

4. BERECHNUNG EINER DECKE ÜBER QUADRATISCHEM GRUNDRISS

Die Decke nach Fig. 5c mit einer Seitenlänge von 6 m und einem Stich von 30 cm wurde als räumliches Stabtragwerk berechnet. Unter Ausnutzung der Symmetrieeigenschaften des Systems für Gleichflächenlast konnte die Berechnung am Deckenviertel durchgeführt werden (Fig. 6). Jeder Brettschichtträger wurde durch 7 Balkenelemente idealisiert, die im Mittelknoten miteinander verbunden sind. Der Stahlbetonringbalken wurde ebenfalls mit Balkenelementen modelliert. Die Brettschichtträger wurden gelenkig auf dem Ringbalken aufgelagert. Die Belastung von 1.0 kN/m^2 wurde über Einflußflächen in Knotenlasten für die Brettschichtträger umgerechnet.

Die Berechnung ergab für eine Gleichflächenlast von 1.0 kN/m^2 eine Durchbiegung des Mittelknotens von 1.1 mm und eine maximale Durchbiegung von 1.2 mm. Die berechneten Momentenverläufe für die Brettschichtträger und den Stahlbetonringbalken sind in Fig. 7 dargestellt. Bei der Belastung der Decke mit 1.0 kN/m^2 beträgt die maximale Spannung im Brettschichtholz für den in Fig. 6 angegebenen Querschnitt von 80 mm · 160 mm gleich 0.77 N/mm^2 (aus der Normalkraft) + 1.37 N/mm^2 (aus dem Biegemoment) = 2.14 N/mm^2. Eine gleichförmige Deckenbelastung von 5.0 kN/m^2 (Eigengewicht und Verkehrslast) könnte von den Holzbalken problemlos aufgenommen werden. Auch die Bewehrung des Ringbalkens wäre für die berechneten Biegemomente ohne weiteres möglich.

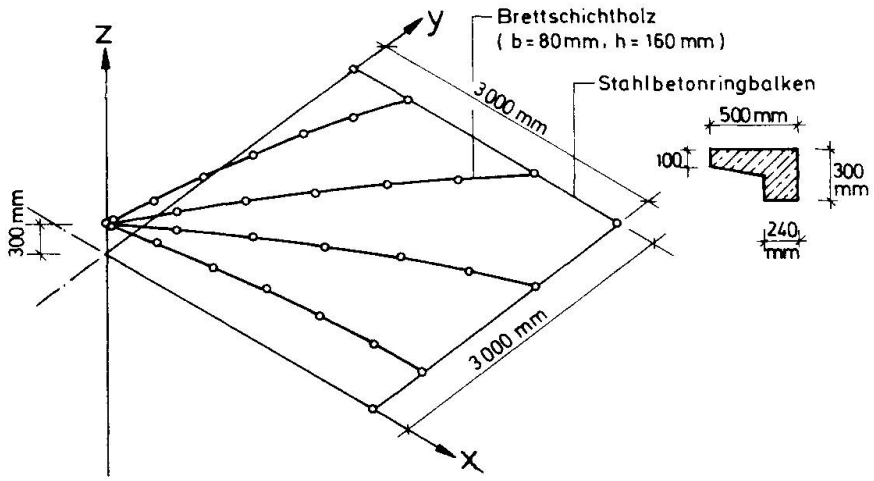


Fig.6 Modell für die Berechnung der Decke als räumliches Stabtragwerk

Eine einachsig über 6 m gespannte Holzbalkendecke mit Balken 80 mm · 160 mm und einem Balkenabstand von 600 mm würde sich unter einer Gleichflächenlast von 1.0 kN/m^2 in der Mitte um 33.7 mm durchbiegen. Die maximale Spannung würde 7.9 N/mm^2 betragen. Die Balkenquerschnitte sind bei einer Durchbiegungsbeschränkung auf 1/300 deswegen nicht einmal für die Gleichflächenlast von 1.0 kN/m^2 ausreichend.

Der Holzbedarf bei dem gewählten Beispiel liegt bei 0.66 m^3 für die räumlich gekrümmte Holzbalkendecke und bei 0.84 m^3 für die konventionelle Holzbalkendecke. Für die räumlich gekrümmte Holzbalkendecke ist allerdings eine erhöhte Ringbalkenbewehrung und ein größerer Aufwand bei der Herstellung erforderlich.

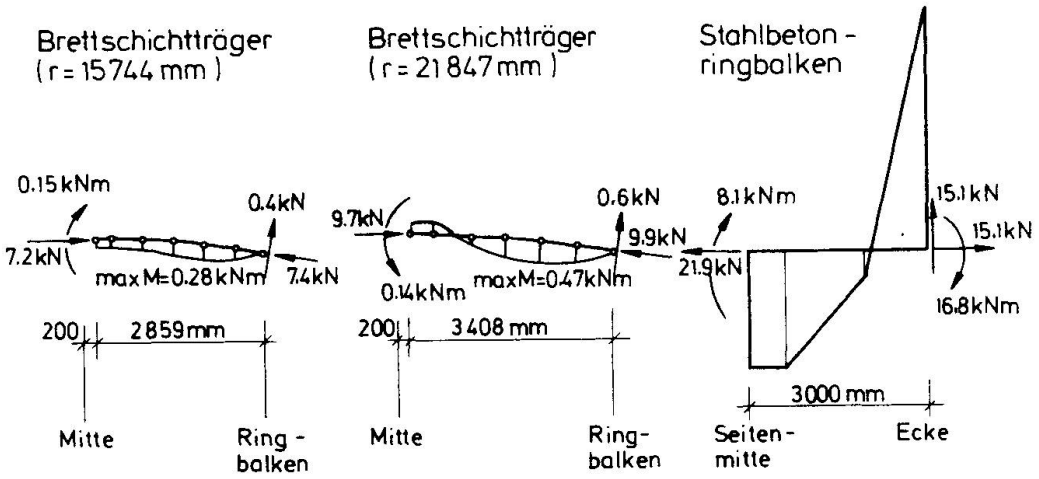


Fig.7 Reaktionskräfte und Momentenverläufe in dem Balken für eine Deckenbelastung von 1.0 kN/m^2

5. SCHLUSSBEMERKUNG

Holzbalkendecken werden meist in Verbindung mit Mauerwerkswänden verwendet. Zur Aussteifung der Mauerwerkswände und zur Ausbildung einer Deckenscheibe sind Ringbalken erforderlich. Bei der in diesem Beitrag vorgestellten Holzbalkendecke wird nun der ohnehin vorhandene Ringbalken derart steif ausgebildet, daß er als Lagerung für die Brettschichtträger dient und die Kräfte aus der Bogenwirkung der Brettsschichtträger aufnehmen kann.

Anhand eines Berechnungsbeispiels wurde gezeigt, daß mit der räumlich gekrümmten Holzbalkendecke große Räume mit geringen Durchbiegungen und Materialspannungen überspannt werden können. Durch die Ausnutzung der räumlichen Tragwirkung und die Kombination der beiden Materialien Brettschichtholz und Stahlbeton entsteht ein äußerst tragfähiges Deckensystem, das besonders für große Spannweiten geeignet ist.

LITERATURVERZEICHNIS

1. GÖTZ, H.K., HOOR, D., MÖHLER, K und NATTERER, J., Holzbau Atlas, Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH, München, 1978.
2. NATTERER, J. und HOEFT, M., Zum Tragverhalten von Holz-Beton-Verbundkonstruktionen, Forschungsbericht CERS Nr. 1345, Lehrstuhl für Holzkonstruktionen, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, März 1987.
3. KOLLEGGER, J., Räumlich gekrümmte Holzbalkendecke mit Stahlbetonringbalken und Verfahren zur Errichtung derselben, Offenlegungsschrift, Deutsches Patentamt, München, 1990.
4. JOKLIK, O.F., Fertighauselemente aus Holzrahmen und Porenleichtbeton mit Zusatz von Holzspänen, Holztechnologie, 1985, S. 63-66.