

Holz-Beton-Verbunddecken bieten ein breites Anwendungsfeld sowohl im Neubau als auch besonders bei der Instandsetzung alter bzw. historischer Gebäude. Bei der Errichtung neuer Bauten lassen sich mit Holz-Beton-Verbundquerschnitten gerade bei hohen Lasten, wie z. B. im Brückenbau oder bei mehrgeschossigen Gebäuden mit hohen Deckenlasten wirtschaftliche Effekte erzielen. Dabei hängt die Wirtschaftlichkeit derartiger Konstruktionen wesentlich von der Steifigkeit der Verbindung, d. h., von der Sicherung der Verbundwirkung, zwischen den beiden Materialien ab, die entweder durch Kleben oder durch Einsatz mechanischer Teile wie Nägel oder Betonstahl erzeugt werden kann.

Zugleich ergibt sich bei der Anwendung dieses Verbundprinzips eine Verbesserung des Schall- und Brandschutzes.

Timber-concrete-compound floors. *Timber-concrete-compound floors offer a wide range of application in the field of restoration of historic buildings or of newly built constructions. Especially in connection with structures for high loads such as bridges or high-rise buildings the application of this compound reaches good economic results. The efficiency of such a construction depends on the stiffness of the joints to satisfy the compound of those two materials which can be reached by means of glue or mechanic elements like nails or reinforcement bars.*

In addition the sound and fire protection is improved by the use of this composite system.

1 Einleitung

Verbindet man Holzbalken mit Betonplatten, so entsteht ein Verbundquerschnitt, bei dem bei Biegebeanspruchung die einzelnen Baustoffe statisch optimal ausgelastet werden können.

Interessant ist diese innovative Technik für den Holzbau bei der Instandsetzung von Altbaudecken, wenn höhere Lasten aufzunehmen sind oder zum Beispiel schwingende Decken eine höhere Steifigkeit bekommen sollen sowie eine Verbesserung des Schall- oder des Brandschutzes angestrebt wird.

Für die Umnutzung der in den neuen Bundesländern so zahlreichen historischen Bauten eröffnen sich damit effektive Möglichkeiten zum weitestgehenden Erhalt der verbauten Substanz bei gleichzeiti-

ger Anpassung an neue Nutzungsanforderungen. Allein in den historischen Wohnbauten der neuen Länder wurden ca. 29–36 Mio. m³ Holz für Decken verbaut, die im Zuge der Instandsetzung evtl. zu verstärken sind (s. auch [1]). Aber auch in Schulen, Krankenhäusern oder Altenheimen, die vor 1960 gebaut wurden, trifft man häufig Holzbalkendecken an, über deren Erhalt bei der Modernisierung der Bauten zu entscheiden ist.

Bei der Errichtung neuer Bauten lassen sich mit Verbundkonstruktionen aus Holz und Beton gerade bei hohen Lasten, wie zum Beispiel im Brückenbau oder bei mehrgeschossigen Gebäuden mit hohen Deckenlasten wirtschaftliche Effekte erreichen.

Die praktische Nutzung des Verbund-Wirkprinzips zwischen einzelnen Baustoffen steht im Holzbau erst am Anfang, und man darf gespannt sein, welche Vorteile sich für die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Holzbauten ergeben. Der Autor möchte mit seinem Beitrag zur stärkeren praktischen Nutzung anregen.

Die Verbundwirkung läßt sich, wie verschiedene experimentelle und praktische Untersuchungen zeigten, sowohl als starre Verbindung als auch als elastisch nachgiebige Verbindung ausführen. Während die Untersuchungen zur Herstellung starrer, d. h. unnachgiebiger Verbindungen jedoch erst in den Anfängen stecken (s. auch Erler in [3], [6]), gibt es schon seit über zehn Jahren die verschiedensten Überlegungen und Untersuchungen zur Herstellung dauerhafter nachgiebiger Verbindungen zwischen Beton und Holzbalken, wobei auch hier ein hoher Wirkungsgrad der Verbundwirkung (d. h. eine möglichst starre Verbindung) angestrebt wird.

2 Deckenverbundsysteme in Forschung und Praxis

Bild 1 zeigt eine Zusammenstellung ausgewählter Verbindungs-

mitteluntersuchungen unter dem Aspekt des Wirkungsgrades und der praktischen Realisierung. Mit Polyesterharzbeton kann eine ausreichend starre Verbindung/Verklebung zwischen Beton und Holz erreicht werden (s. Erler [1], [3]).

Einen hohen Wirkungsgrad der Verbindung erreicht man mit Nägeln (s. Godycki [7]), mit Betonstählen (s. Bläß [4], Werner [11], Zajicek [13] u. [14], Felgner [5]), Rohrdübeln (s. Wieland in [18]) oder Gewindestangen.

Überprüft wurde auch die Eignung von Nagelplatten (s. Girhammer in [15]). Dabei läßt sich die Wirksamkeit der Verbindung durch zusätzliche Verzahnungen zwischen Beton und Holz weiter erhöhen. Allerdings steigert das den Herstellungsaufwand beträchtlich.

Von der Firma SFS Provis AG in Heerbrugg/Schweiz wurde eine besonders praxisbezogene Verbindungsmittellösung für Holz/Beton-Verbundbalkendecken entwickelt. Ausgangspunkt war die Überlegung für ein Verbindungsmittel, das ohne große Vorarbeiten (d. h. ohne Vorbohren) in das Holz eingedreht werden kann. Der neu entwickelte Verbinder besteht im unteren Teil aus einem holzschraubenähnlichen Gewinde mit einem Außendurchmesser von 7,5 mm und einer Länge von 100 mm. Der obere Teil, der die Verbindung zum Beton herstellt, hat einen Durchmesser von 6,1 mm und ist 50 mm lang mit einem Ankerkopf. Die Verbinder werden mit einem speziell entwickelten Gerät im Winkel von 45° in das Holz eingeschraubt. Die schräge Lage der Verbinder bietet ein optimales Tragverhalten der Dübel, da sie auf Zug beansprucht werden und gerade in dieser Richtung eine hohe Festigkeit besitzen. Die Verbinderschrauben werden grundsätzlich kreuzweise nebeneinander (s. Bild 2) angeordnet. In Versuchen hatte sich gezeigt, daß zwischen Betonplatte und Holzbalken eine minimale Fugenbildung nicht zu verhindern ist.

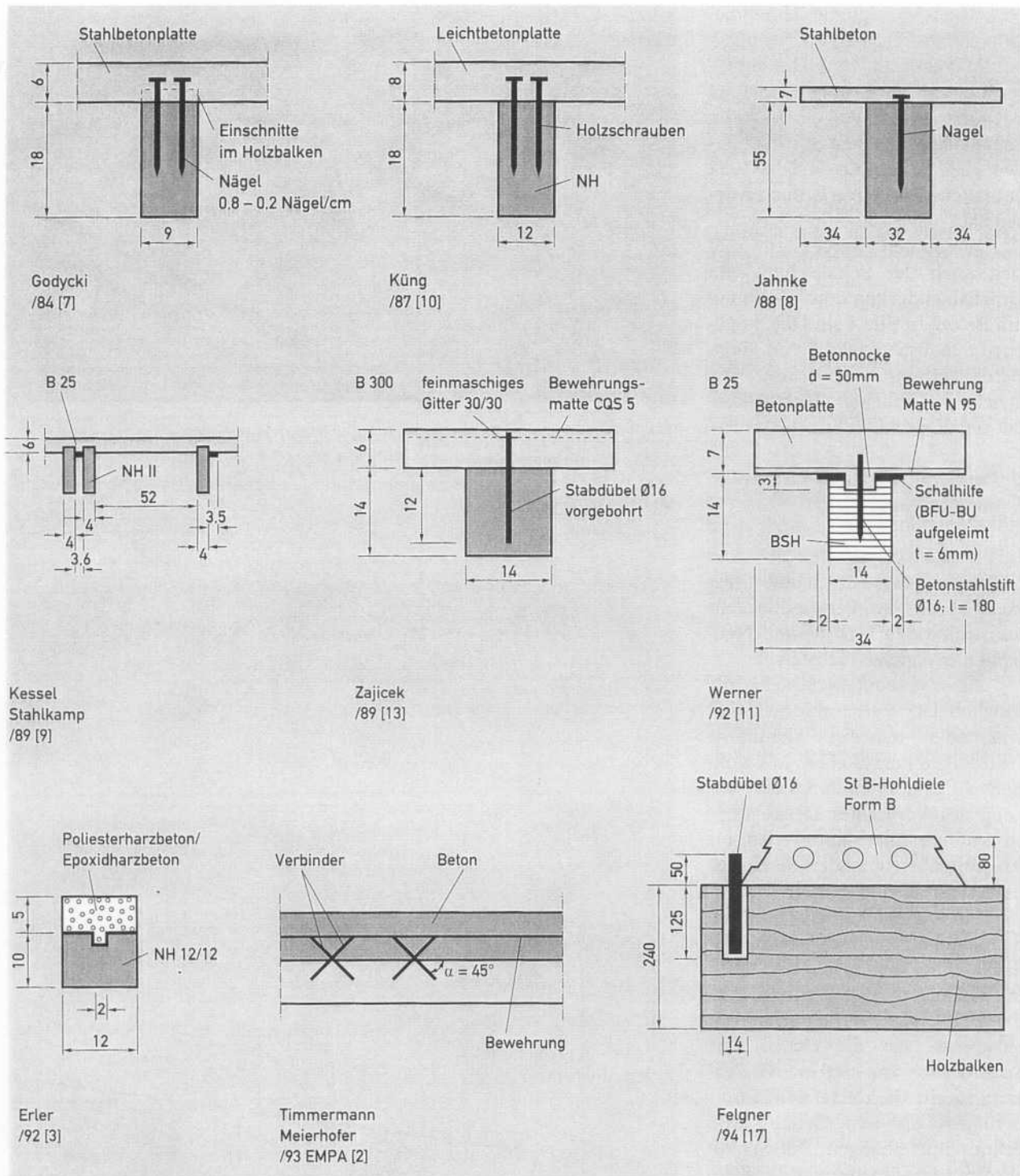


Bild 1. Zusammenstellung bisheriger Versuche mit verschiedenen Verbindungsmitteln
Fig. 1. Previous tests of various connecting means

Die versetzte Anordnung garantiert eine fachwerkartige Verbindung zwischen beiden Baustoffen. Bild 3 zeigt die Berechnung einer Holzbalkendecke für eine Eigenlast von $3,0 \text{ kN/m}^2$ zuzüglich einer Verkehrslast von $2,0 \text{ kN/m}^2$ im Spannweitenbereich von 3,5 bis 7,5 m. Für die Balkendecke ohne Verbund wird die zulässige Durchbiegung bei 5,1 m erreicht. Stellt

man den Verbund mittels SFS-Elementen im Abstand von 40 mm her, so läßt sich bei gleicher Last eine Spannweite von 7,35 m erreichen, bis die zulässige Durchbiegung überschritten wird. Mit etwa gleich starken Nägeln, wie sie Godycki in [7] benutzte, angeordnet im Abstand von 80 mm (einreihig), kommt man dagegen auf eine Spannweite von 7,15 m.

Kurve 3 wurde für eine analoge Nagelverbindung, wie sie Godycki verwendet hat, mit dem Rechenverfahren nach DIN 1052 für mehrteilig zusammengesetzte Querschnitte ermittelt. Die maximale Spannweite bei Einhaltung der zulässigen Durchbiegung erreicht hier den Wert von 6,5 m. Kurve 2 ergab sich mit Hilfe der Software der Fa. Wieland AG (s. [17]).

Kurve 4 zeigt die Durchbiegung über verschiedene Spannweiten für Nägel mit 7 mm Durchmesser und 80 mm Abstand, berechnet nach dem Verfahren von Godycki, das sich in Versuchen (s. [5]) als etwas genauer als das in DIN 1052 enthaltene Rechenverfahren erwiesen hat.

Wesentlich verbessern läßt sich auch der Schallschutz von Holzbalkendecken durch Verbund mit Beton. In Bild 4 sind die möglichen Schallschutzwerte von Holz-Beton-Verbunddecken im Vergleich zu üblichen Holzbalkendecken dargestellt.

3 Ausgeführte Holz/Beton-Verbunddecken

In der Schweiz wurden mit dem SFS-Verbundsystem schon über 100 Objekte mit Verbunddeckenkonstruktionen bei Alt- und Neubauten erfolgreich realisiert.

Bei Neubauten besteht die Möglichkeit, Verbunddecken mit voll oder teilweise sichtbaren Holzbalken herzustellen. Mit Vollholzbalken können durch die Nutzung des Verbundes Deckenkonstruktionen mit Spannweiten bis 9 m mit ausreichender Steifigkeit hergestellt werden.

Für einen 4-geschossigen Schulneubau wurden Verbunddecken über dem ersten und zweiten Obergeschoß geplant (s. Bild 5). Bei einer Verkehrslast von $3,0 \text{ kN/m}^2$ hat die Decke eine Spannweite von 9,0 m. Gleichzeitig mußte die Decke den Anforderungen an den Schall- und Brandschutz genügen. Zur Schallabsorption ordnete man deshalb eine 80 mm dicke Mineralwolleplatte an der Unterseite der Betonplatte an. Aus Brandschutzgründen achtete man auf eine entsprechende Betondeckung der Bewehrung, und die Holzbalken wurden nach den Kriterien der „heißen Bemessung“ dimensioniert.

Bild 3. Gegenüberstellung der Durchbiegung in Abhängigkeit von der Spannweite

Fig. 3. Comparison of bending deflections in dependence on the range of span

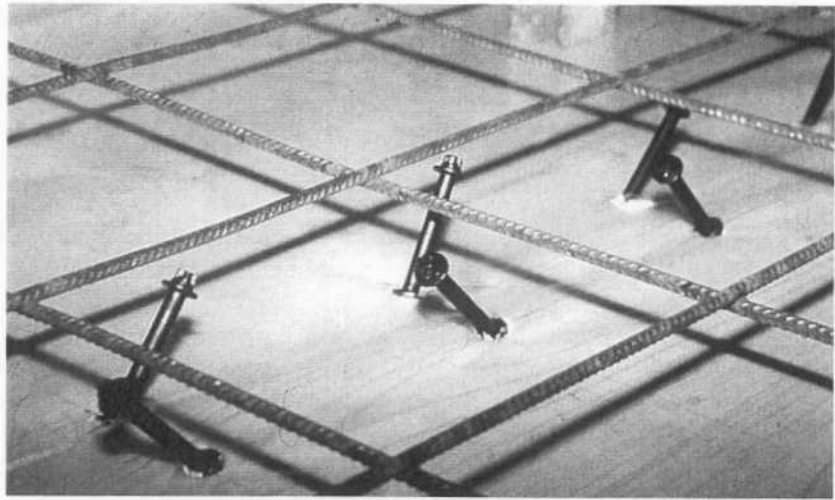
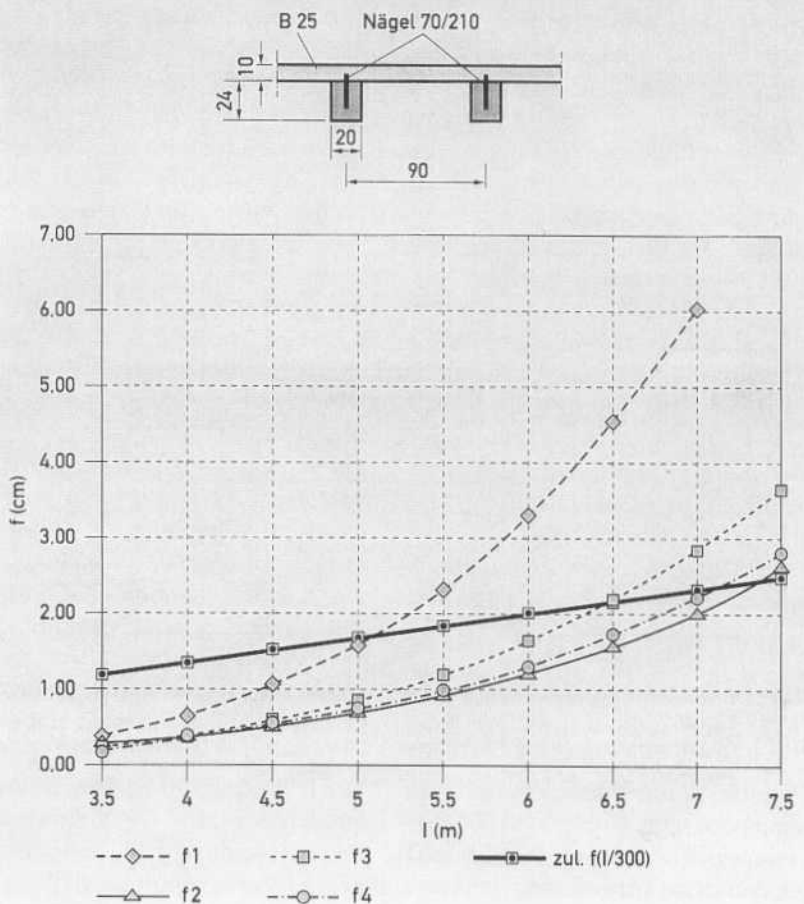


Bild 2. Stadler-Verbund-Element vor dem Betonieren einer Versuchsdecke (Traglastversuch bei der EMPA Zürich)

Fig. 2. Stadler compound-element before concreting the test floor (test at EMPA, Zurich)

Übersicht über die Durchbiegungen der einzelnen Verbundmöglichkeiten:



[f1]: Durchbiegung der Decke ohne Verbund

[f2]: Durchbiegung der Decke mit Verbund durch Stadler-Element

[f3]: Durchbiegung der Decke mit Verbund durch Nägel 70/210 (Berechnung nach DIN 1052)

[f4]: Durchbiegung der Decke mit Verbund durch Nägel 70/210 (Berechnung nach Godycki)

[zul f]: l/300 nach DIN 1052

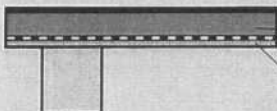
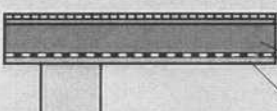
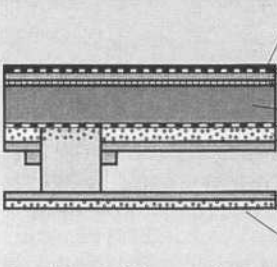
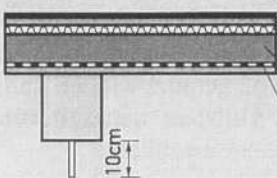
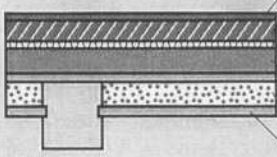
| Deckenaufbau Gebäudeart | $L'_{nT,w}$ [dB] | TSM [dB] | $D'_{nT,w}$ [dB] | R'_w [dB] |
|--|---------------------|-------------|---------------------|----------------|
|  Teppich (geklebt) 8 bis 10cm Stahl-Beton Plastikfolie Schalung | 41 | 21 | 43 | 44 |
| Wohnhaus, Neubau, Massivbauweise | | | | |
|  Holzriemen Lattung auf Filz 8 bis 10cm Stahl-Beton Plastikfolie Schalung | 51 | 11 | 55 | 56 |
| Wohnhaus, Neubau, Massivbauweise | | | | |
|  Teppich 5mm Sempflex 4cm Spanplatte 15mm Trittschallschutz 8 bis 14cm Stahl-Beton Plastikfolie Füllung 16mm Holzleisten 4cm Gipsdecke 12,5mm Gipskarton | 30 | 32 | 57 | 58 |
| Grand Hotel, Altbausanierung, Außenwände aus Bruchstein | | | | |
|  Teppich 3cm Spanplatte 3cm Isolierung 8 bis 10cm Stahl-Beton Plastikfolie Schalung 10cm Gipskartonplatte | 30 | 32 | 59 | 60 |
| Grand Hotel, Altbausanierung, Außenwände aus Bruchstein | | | | |
|  22mm Eichenparkett 7cm Zement-Unterlags- boden 20/18mm Trittschallplatte 8cm Beton Holzschalung ca. 8cm Sand/Kies Schrägboden | 47 | 53 (+10) | 61 | 59 |
| Hotel und Restaurant, Außenwände aus Bruchstein | | | | |

Bild 4. Erreichbare Schallschutzwerte bei Holzbalkendecken und Holz-Beton-Verbunddecken

Fig. 4. Possible sound protection values of timber-beam floors and timber-concrete-compound floors

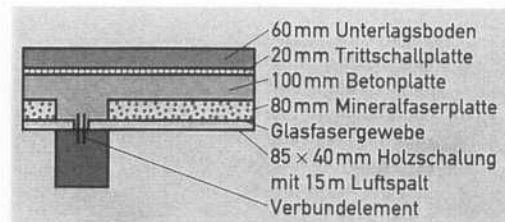


Bild 5. Decke im Neubau eines Schulgebäudes in Eidmatt/Schweiz
Fig. 5. Floor in a school building in Eidmatt, Suisse

niert, d.h., ihre Tragfähigkeit ist auch noch nach 60 Minuten Brandbeanspruchung gewährleistet.

Bewährt hat sich die Holz-Beton-Verbund-Decke außerdem in Ein- und Zweifamilienhäusern. Bild 6 zeigt eine Decke in einem Zweifamilienhaus mit Holzbalken durchlaufend über zwei Felder und einer Spannweite von 4,15 m.

Analoge Effekte erhält man bei Altbaudecken. Häufig ist die Tragfähigkeit der Decken nicht ausreichend, oder bei Spannweiten ab 4 m findet man schwingende Decken mit ungenügender Steifigkeit vor.

Ein vollständiger Ersatz der Altbaudecken durch Deckenarten mit höherer Tragfähigkeit und Steifigkeit ist nicht erforderlich, d.h., die vorhandene Substanz kann, wenn größere Holzschädigungen an den Balken ausgeschlossen werden oder die Balken instandgesetzt werden können, optimal genutzt werden.

Gegenüber der Abbruchlösung und dem vollständigen Ersatz der Altbaudecken lassen sich Kosteneinsparungen bis zu 40 % erreichen. Gleichzeitig verbessert sich der Brand- und Schallschutz. Hier sind Werte erreichbar, die den Forderungen an Decken bei Mehrfamilienhäusern entsprechen. Beim Umbau eines Gasthofs in Vaduz (Fürstentum Liechtenstein) aus dem 15. Jahrhundert erreichte man

Bild 6. Holz-Beton-Verbund-Decke in einem Zweifamilienhaus in Igist/Schweiz, 1986 gebaut
Fig. 6. Timber-concrete-compound floor in a two-families-house in Igist, Suisse, built in 1986





Bild 7. Umbau eines Gasthofes einschließlich Scheune zu einem Hotel in Vaduz, Fürstentum Liechtenstein

Fig. 7. Restoration of an inn including a barn for a hotel in Vaduz, Liechtenstein

durch die Nutzung der Verbundwirkung Spannweiten für die Decke von 7,0 m bei gleichzeitiger Erhöhung der Nutzlasten (s. Bild 7). Gleiches gelang auch beim Umbau eines Gewerbegebäudes in St. Gallen, wo Spannweiten von 5,61 m bei einer Nutzlast von 500 kN/m² erreichbar waren (s. Bild 8).

Häufig steht man in historischen Bauten vor der Forderung der unbedingten Erhaltung historisch wertvoller Deckenkonstruktionen, wie z.B. Stuckdecken. Die Decke soll aber im Zuge einer Umnutzung neue Lasten aufnehmen, d.h., die Deckenkonstruktion darf in ihrem historischen konstruktiven Aufbau nicht verändert werden. Beim Umbau des Grandhotels Hof Ragaz in Bad Ragaz/Schweiz konnte durch Nutzung der Verbundwirkung die Decke ohne Eingriff in die historische Substanz vollständig erhalten werden (s. Bild 9).

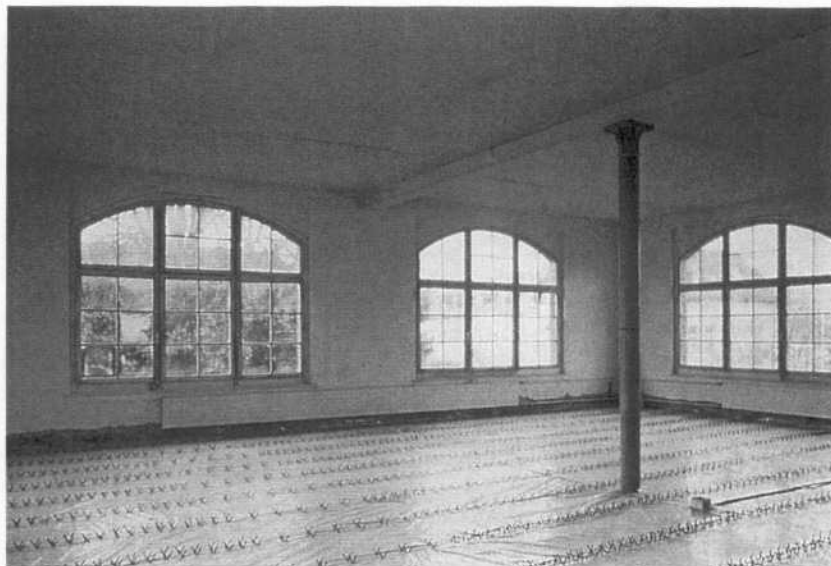


Bild 8. Umbau eines Gewerbegebäudes in St. Gallen, Schweiz
Fig. 8. Restoration of a business building in St. Gallen, Suisse

4 Zusammenfassung

Die statische Leistungsfähigkeit einer Holzbalkendecke lässt sich durch einen Verbund mit einer Betonplatte wesentlich verbessern. Gleichzeitig wird eine Verbesserung der Schall- und Brandschutzeigenschaften der Decke erreicht.

Dem Erhalt von Altbaudecken bei gleichzeitiger Verbesserung der Tragfähigkeit steht damit nichts mehr im Wege, lässt sich doch bei richtiger Verbindungsmittellösung die Tragfähigkeit verdoppeln und

die Steifigkeit verdreifachen. Ein Effekt, der auch bei neuen Wohn-, Gewerbe- und Industriebauten wirkungsvoll genutzt werden kann und dem Holzbau neue Anwendungsbereiche erschließt.

Literatur

- [1] Rug, W.: Beispiele der Holzverwendung im Bauwesen. Bautechnik 72 (1995) (in Vorbereitung).
- [2] Timmermann, K.; Maierhofer, U.A.: Holz/Beton – Verbundkonstruktionen. EMPA, Bericht 115/30, Zürich Oktober 1993.

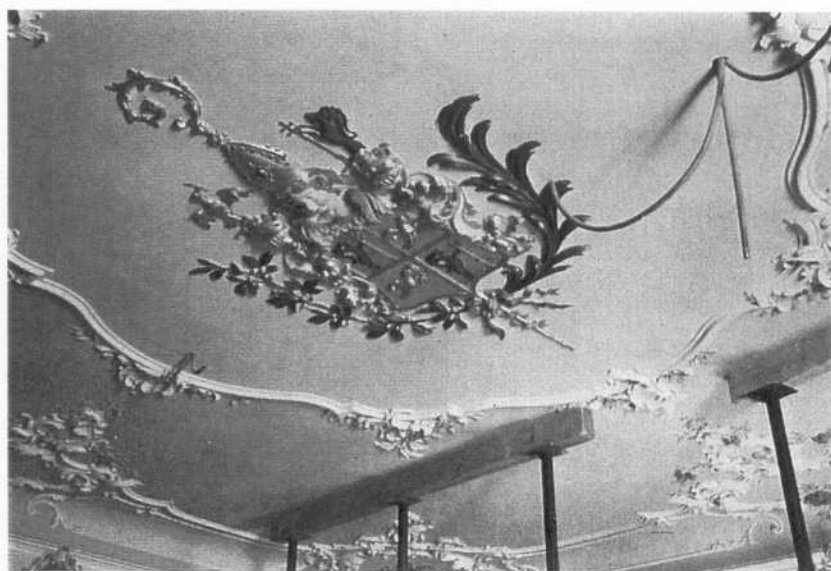


Bild 9. Umbau des Grandhotels Hof Ragaz in Bad Ragaz, Schweiz
Fig. 9. Restoration of the Grand Hotel „Hof Ragaz“ in Bad Ragaz, Suisse