

**Zeitschrift:** Cementbulletin  
**Herausgeber:** Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton (TFB AG)  
**Band:** 58-59 (1990-1991)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Verstärkung alter Holzbalkendecken mit Leichtbeton  
**Autor:** Meyer, Bruno  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-153749>

#### 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:** 09.02.2026

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

# CEMENTBULLETIN

OKTOBER 1990

JAHRGANG 58

NUMMER 10

---

## Verstärkung alter Holzbalkendecken mit Leichtbeton

Probleme bei Altbauten. Hinweise für Planung und Ausführung.

Die Holzbalkendecke war bis vor etwa 40 Jahren im Hochbau weit verbreitet. Man baute Häuser mit Mauern von 40–60 cm Dicke, die Zimmer waren etwa 4 mal 6 m gross. Die Deckenkonstruktion bestand aus einzelnen Holzträgern, die als einfache Balken in den Mauern aufgelagert wurden. Auf die Holzbalken wurde ein Blindboden aus Brettern oder Platten verlegt, der als Unterlage des definitiven Bodenbelags diente. An der Unterseite der Holzbalken wurden Gipsplatten befestigt und für die Untersicht der Zimmerdecke verputzt oder gestrichen. Zur Verbesserung von Schall- und Wärmedämmung wurde zwischen den Balken ein Schrägboden (Zwischenboden) eingezogen, der dann mit allerlei Füllmaterial aufgeschüttet wurde. Abb. 1 zeigt schematisch einen Deckenaufbau. Bestehende Häuser weisen allerdings eine Vielzahl von Variationen auf.

Seit solche Bauten nicht unbedingt abgebrochen, sondern saniert werden, lassen sich auch ihre Holzbalkendecken noch besser nutzen. Der Eigentümer wünscht sich dabei eine Komfortverbesserung. Die oft grosse Durchbiegung soll verringert werden, die Decke soll nicht mehr schwingen, wenn sie begangen wird, und das Knarren des Bodens soll verschwinden. Eventuell wünscht man eine höhere Nutzlast oder eine andere Nutzung des Raums (z.B. als Nassraum). Gleichzeitig müssen die Anforderungen betreffend Schall-, Wärme-, Brand- und evtl. Denkmalschutz beachtet werden, wie sie in den

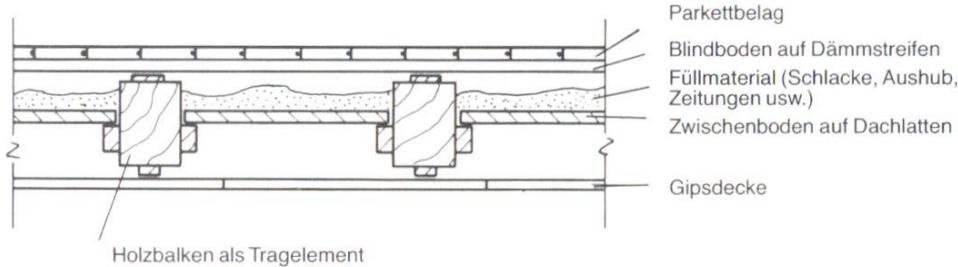


Abb. 1 Aufbau einer herkömmlichen Holzbalkendecke. Bei Sanierungen muss der Ist-Zustand am Bau genommen werden (Höhenlage und Abstand der Balken, Zustand von Holz und Auflager)

heute geltenden Vorschriften aufgestellt sind. Solche Vorschriften sind inzwischen teils Gesetz, teils Regeln der Baukunde. Als konstruktive Lösung braucht es eine stabile, lastverteilende neue Decke. Die baulichen Randbedingungen für eine neue Deckenkonstruktion ergeben sich aus jenen Bauelementen, die bei einer Sanierung noch belassen werden, und aus dem gewünschten Aufbau des neuen Bodens. Berücksichtigt werden dabei bestehende Türschwellen, Treppen, Balkone, Täfer usw. Bei der Decke wird man entscheiden müssen, ob nur die Balken oder auch die Zwischen- bzw. Blindböden bestehen bleiben. Allenfalls muss man noch wertvolle Deckenuntersichten unversehrt erhalten.

Deckenkonstruktionen und insbesondere ihre Verstärkungen sind eine *Ingenieraufgabe*. Dabei kann sich ein Entwurf nicht auf Statik beschränken, sondern soll auch die bauphysikalischen Anforderungen mitberücksichtigen. Ferner hängen die Entscheide, ob Bestehendes belassen werden soll oder nicht, von den neuen Lösungen ab und umgekehrt. Deshalb muss der Ingenieur bereits bei den ersten Abklärungen des Ist-Zustandes mitwirken können. Er wird dabei die neue Nutzungsart in Erfahrung bringen und den Bauvorgang grob festlegen. Als Lösungen bieten sich an:

- Änderung des Tragsystems der Holzbalken
- Unabhängige Überkonstruktion auf den Holzbalken (zusätzliche Massivdecke oder Stahlträger einziehen)
- Verbundkonstruktion aus bestehenden Holzbalken und neuer Betonplatte

Die Verbundkonstruktion ist eine preisgünstige Lösung. Technisch gesehen zeichnet sie sich durch geringe Durchbiegungen aus. Damit sie ausgeführt werden kann, muss über den Holzbalken genügend Platz für Konstruktionsbeton verfügbar sein. Diese Ebene ist dann gleichbedeutend wie OK Beton einer üblichen Deckenkonstruktion. Normalerweise folgen darüber eine Dämmschicht, ein

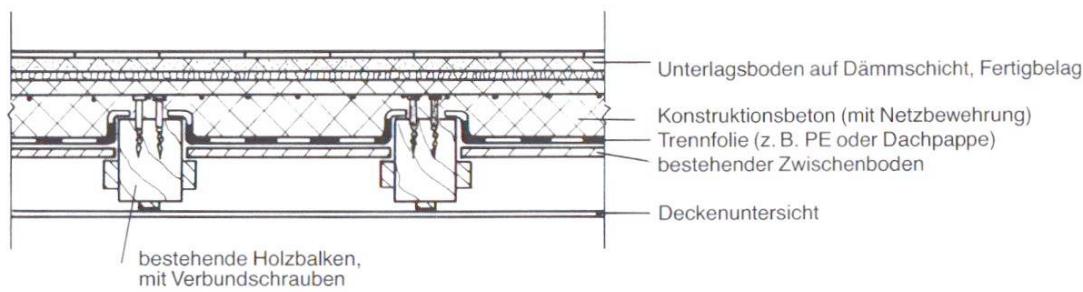
3 schwimmender Unterlagsboden und der Fertigbelag, so dass zwischen bestehenden Holzbalken und Schwellen mindestens 13 cm gegeben sein müssen. Geringere Werte sind allenfalls möglich, sofern der Unterlagsboden aus Fliessmörtel hergestellt wird oder wenn er aus Schallschutzgründen gar nicht erforderlich ist. Als Konstruktionsbeton wählt man Normal- oder vermehrt auch Leichtbeton. Mit Normalbeton erhält man einen besseren Schallschutz und etwas geringere Durchbiegungen. Mit Leichtbeton reduziert man die Eigenlast, was infolge des neuen Bodenaufbaus oder der Gesamtkonstruktion erforderlich sein kann. Als Unterlagsboden werden zement- oder anhydritgebundene Mörtel verwendet. Bei engeren Platzverhältnissen baut man Holzspanplatten oder Gipselemente ein. Sofern es schalltechnisch zulässig ist, kann man einen Plattenbelag im Mörtelbett direkt auf den Konstruktionsbeton verlegen. Die Verbundkonstruktion kann auch bei Teilsanierungen in bewohnten Bauten von Vorteil sein.

## Hinweise zur Planung

Für den Deckenaufbau gibt es keine Einheitslösung, die Randbedingungen sind zu verschieden. Statt dessen braucht es ein Abwagen von Vor- und Nachteilen, um zu einer technisch und wirtschaftlich günstigen Lösung zu kommen. Abb. 2 zeigt zwei Beispiele. Die notwendige Konstruktionshöhe ergibt sich aus Schraubenhöhe (etwa 5 cm) und Betondeckung (2,0 cm). Innerhalb der Konstruktionshöhe können wie üblich Rohrleitungen für Installationen eingelegt werden, sollten aber sorgfältig geplant sein. Insbesondere darf der moderne Bedarf nicht unterschätzt werden (Abb. 7). Am oberen Plattenrand wird außerdem noch eine Netzbewehrung verlegt. Hat man diese Höhe von min. 7 cm nicht, kann keine Verbundwirkung erzielt werden, man muss eine andere Variante suchen.

Bei Planungsbeginn muss der *Zustand der Balken* überprüft werden, und zwar auf Insektenfrass, Pilzbefall, Fäulnis. Dies gilt insbesondere für die Balkenköpfe, weil ihr Versagen die Sicherheit der ganzen Konstruktion direkt beeinflusst. Die Spannweiten entsprechen den gegebenen Raumabmessungen. Bekannt sind Lösungen bis zu 9 m. Als statisches System der Verbundträger kann der einfache Balken gewählt werden. Durchgebogene Balken bewirken in Balkenmitte mehr Konstruktionshöhe, aber auch mehr Auflast. Für die Auflagerkräfte genügt es in der Regel auch bei verstärkten Decken, die Lasten nur über die Holzbalken in die Mauern abzuleiten. Bei grösseren Spannweiten sind manchmal bereits die beste-

- a) In diesem Fall konnte der bestehende Zwischenboden als verlorene Schalung benutzt werden



- b) In diesem Fall wurde der Blindboden als verlorene Schalung benutzt. Dämmschicht nachträglich von unten her angebracht

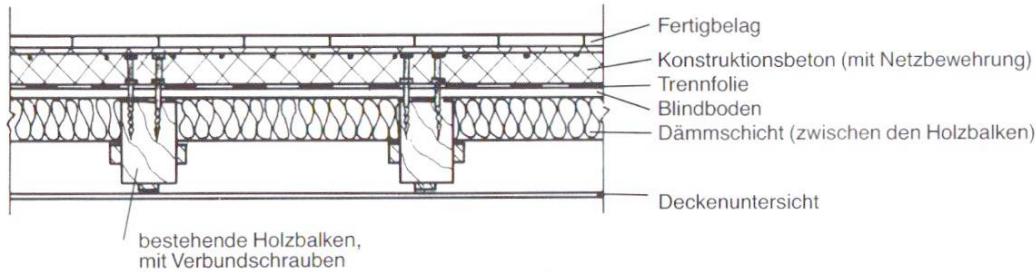


Abb. 2 Aufbau einer verstärkten Holzbalkendecke

henden Balken als Durchlaufträger ausgebildet (Abb. 6). Ausgeführt wurden auch schon durchlaufende Systeme, bei denen Holzbalken mit angrenzenden massiven Betondecken zusammengehängt wurden (zwecks Reduktion der Durchbiegungen).

Eine Deckenverstärkung ist nur möglich, wenn Holzbalken und Überbeton schubfest miteinander verbunden sind. Als *Verbundmittel* werden Holzschrauben, Spezialschrauben oder Nägel versetzt (Abb. 3–5). Eine untergeordnete Bedeutung haben Kerben und Kleber. Schrauben haben den Vorteil der besseren Verbundwirkung. Als Spezialschrauben gibt es Verbundelemente, die eigens für den Zweck verstärkter Holzbalken entwickelt wurden (Abb. 3). Die Verbundmittel können in den Baumeisterarbeiten ausgeschrieben werden. Ihre Anordnung folgt dem Verlauf der Schubkraft, d.h. der Querkraft im Träger. Im Bereich der Auflager ist die Anzahl am dichtesten und wird gegen das Feld abnehmen. Der Schraubenplan kann als Papierschablone auf die Baustelle geliefert werden, oder der Unternehmer wird aufgrund von Skizzen eine Lehre herstellen. Man ist bestrebt, den bestehenden *Blindboden* zu belassen und als Schalung zu benutzen (Abb. 2b). Für eine Verbundkonstruktion ist er aber nur brauchbar, wenn er auf den Holzbalken satt aufliegt. Wurden Dämmstreifen (Abb. 1a) oder Schiftungen eingebaut, muss er entfernt werden (Abb. 2a sowie 3–5).

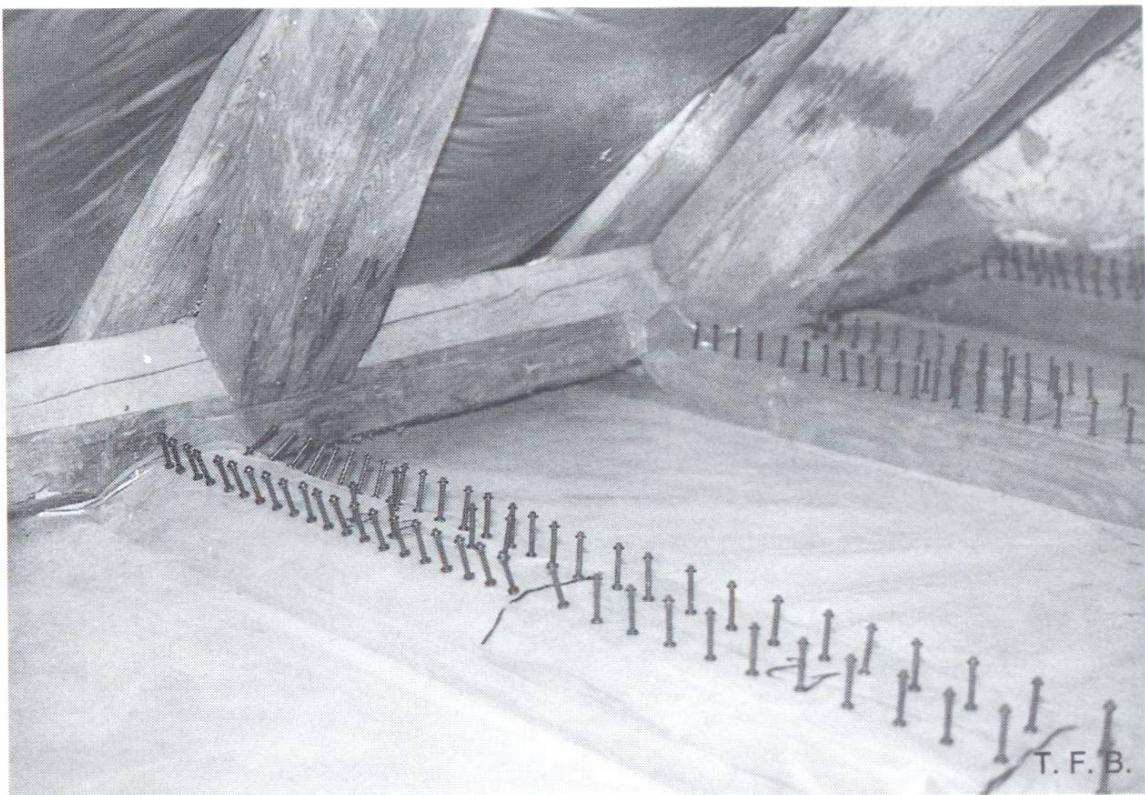


Abb. 3 Aufbau mit Spezialschraube (Stadler Verbundelement VB-48-6,5 x 100 mm). Arbeit im Dachstock. In diesem Gebäude konnte mit Normalbeton gearbeitet werden. Die Schrauben folgen der Balkenoberschicht und den beschränkten Platzverhältnissen beim Eindrehen

Abb. 4 Aufbau mit Holzschraube ( $\varnothing$  12 mm). Decke über Erdgeschoss. In diesem Gebäude musste Leichtbeton verwendet werden

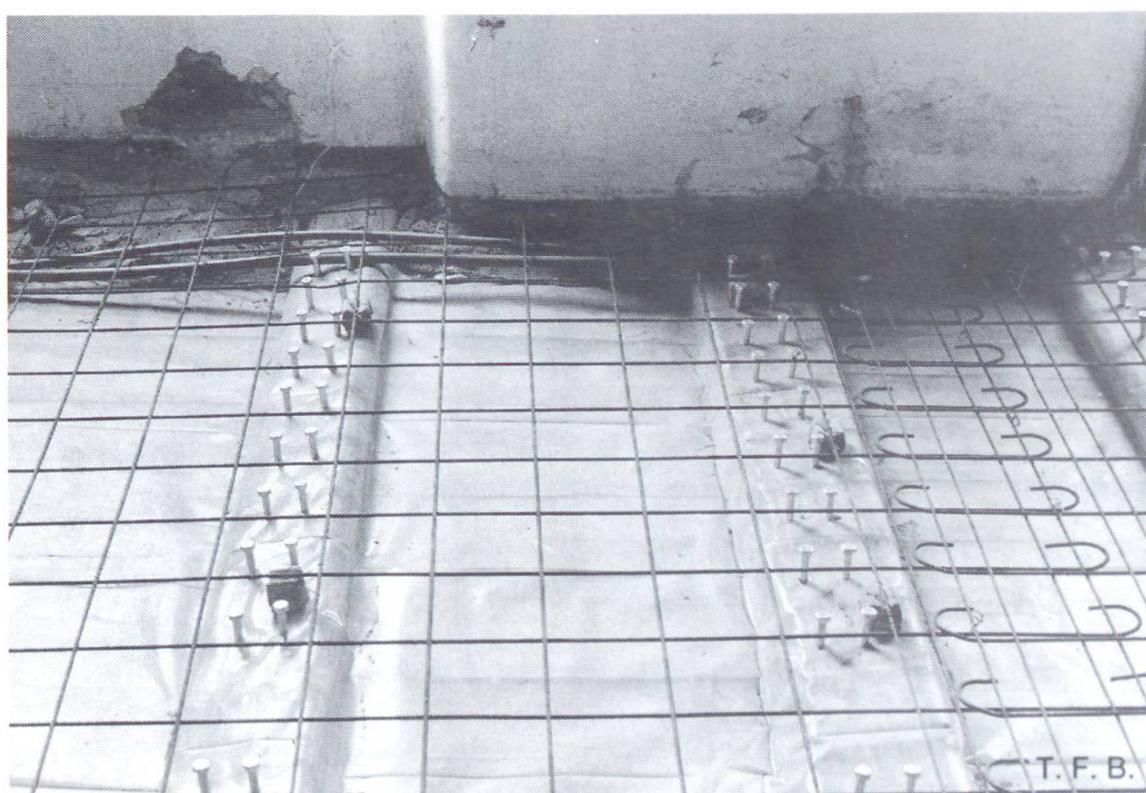




Abb. 5 Aufbau noch mit Nägeln. Beispiel aus dem Jahre 1967/68. In diesem Gebäude wurde mit Leichtbeton gearbeitet

Der *Leichtbeton* muss die Qualität von Konstruktionsbeton haben. Als Zuschlag hat sich Blähton bewährt. Man erreicht damit Mindestwerte der Würfeldruckfestigkeit von  $10 \text{ N/mm}^2$  und mehr. Die Rohdichte lässt sich beim Mischungsentwurf je nach Bedarf einstellen. Die Grenzen liegen zwischen 1,3 und  $2,0 \text{ kg/dm}^3$ . Zu beachten ist, dass sich mit der Rohdichte auch die Festigkeit ändert. Der Elastizitätsmodul ist von der Festigkeit abhängig. Er beträgt etwa die Hälfte des Werts für Normalbeton, liegt in der gleichen Größenordnung wie Holz und ist für Langzeitbelastung etwas tiefer einzusetzen als für Kurzzeitbelastung. Der Wärmeausdehnungskoeffizient ist etwas geringer als jener von Normalbeton. Genauere Angaben sind in Produktdokumentationen enthalten, vgl. z.B. [1].

Kritische Werte, die bei der *Bemessung* nachgewiesen werden müssen, sind die Durchbiegung, die Querkraft in den Holzbalken, die Auflager in den Mauern und die Anordnung der Verbundmittel. Die Normalspannungen sind meist kein Problem, da man an Konstruktionshöhe gewonnen hat. Die Durchbiegungen lassen sich gemäss klassischer Biegelehre berechnen, wobei man bei der Steifigkeit die unterschiedlichen Elastizitätsmoduli berücksichtigt. Die Verbundmittel können gemäss den Normen für den Holzbau bemessen werden [2]. (Zur Berücksichtigung des elastisch nachgiebigen Verbunds siehe [3, 4].) Bruchversuche zeigen ein duktiles Verhalten der Kon-

7 struktion, d.h., ein Versagen kündigt sich durch auffallende Durchbiegungen an, was sicherheitstechnisch erwünscht ist.

Als *Schalung* ist der Blindboden bzw. der Zwischenboden meistens noch brauchbar. Für die Ausführung muss er von oben mit einer Trennfolie (z.B. aus PE oder Dachpappe) abgedeckt werden. Die Folie soll verhindern, dass das Holz dem Frischbeton Wasser entzieht oder den Abbindevorgang stört und dass Zementleim durch Spälte ausläuft. Die Abspriessung von Balken und Boden ist zu überprüfen.

In den Plänen soll der Leichtbeton wie folgt bezeichnet werden (als Beispiel): LB 20/10, PC 350 kg/m<sup>3</sup>, Rohdichte 1,6 kg/dm<sup>3</sup>, Größtkorn 20 mm.

Gegenüber herkömmlichen Holzbalkendecken gewährleisten Verbundkonstruktionen dank ihrer Betonplatte einen erhöhten *Brand-schutz*. Das effektive Brandrisiko wird geringer, weil der Anteil der immobilen Brandbelastung durch das Entfernen des brennbaren Füllmaterials kleiner wird. Bei Decken ist vor allem aber die Untersicht gefährdet, denn im Brandfall steigt die Hitze von unten nach oben. Lässt man die Holzbalken frei sichtbar, ergibt sich je nach Balkendimension ein Feuerwiderstand bis F30, sofern auch die anderen tragenden Konstruktionsteile diesen Wert erreichen. Bei der Sanierung bestehender Gebäude können Holzbalkendecken mit feuerwiderstandsfähiger Untersicht (d.h. Verkleidung der Balken oder Einziehen einer Unterdecke) einen Feuerwiderstand bis F90 erreichen, vgl. [5–7].

Beim *Schallschutz* müssen Tritt- und Luftschallschutz ausreichend bemessen sein. Dies gelingt am einfachsten mit der «zweischaligen» Konstruktion (Abb. 2a), bestehend aus Konstruktionsbeton, Dämmschicht und Unterlagsboden. Ist dies nicht möglich, wird man eine andere Lösung suchen oder einen Kompromiss eingehen müssen. Empfehlenswert ist eine Bemessung durch einen Bauphysiker. Gemäss Lärmschutz-Verordnung [8] sind die Anforderungen der Norm SIA 181 verbindlich, können aber auf Gesuch hin von der Behörde niedriger angesetzt werden. Für das System mit Spezialschrauben bestehen Schallschutzmessungen [9].

Der *Wärmeschutz* ist meist ein untergeordnetes Problem und kann – sofern erforderlich – mit einfachen zusätzlichen Isolationen erreicht werden.

Wie ältere ausgeführte Objekte zeigen, ist die *Dauerhaftigkeit* der Grundmaterialien und der Verbundkonstruktion gegeben (Abb. 5). Voraussetzung ist allerdings, dass die Holzbalken trocken gelagert und die Hohlräume durchlüftet sind. Vor allem die Balkenköpfe

8 müssen vor Wasserzutritt geschützt sein und dürfen nicht im Bereich des Taupunkts liegen.

Die Preise hängen stark von den Gegebenheiten der Baustelle ab (Grösse, Zufahrt, Fördermöglichkeit usw.). Für Variantenvergleiche kann angenommen werden, dass Leichtbeton unter sonst gleichen Bedingungen etwa Fr. 80.–/m<sup>3</sup> teurer ist als Normalbeton.

## Hinweise zur Ausführung

Als Vorbereitung der Baustelle müssen die alten Bodenbeläge beseitigt werden. Die Holzbalken sollen gemäss Schalungsdruck infolge der Betonierarbeiten abgespriesst werden. Wird auch der Blindboden entfernt, so müssen die alten, teilweise leicht brennbaren Füllmaterialien sauber ausgeräumt werden. Dann legt man die Trennfolie aus. Bei Variante der Abb. 2a befestigt man sie an den Holzbalken und schlitzt sie über den Balken auf. Dadurch kann beim Betonieren die Luft entweichen, die zwischen Schalung und Folie eingeschlossen ist. Luftpölster sind hier aus Gründen der Statik zu vermeiden (guter Verbund zwischen Schrauben und der ohnehin knappen Betonschicht!).

Die Verbindungsmittel werden vom Ingenieur vorgeschrieben. Bei Schrauben ist der Arbeitsaufwand etwas grösser, besonders bei grossen Durchmessern und bei altem Holz. Nägel verursachen Erschütterungen und Lärm infolge Arbeiten mit dem Schlaghammer, was sich bei Teilsanierungen in bewohnten Gebäuden ungünstig auswirkt. Deshalb dürfte der Gesamtaufwand bei Schrauben geringer sein. Die Schrauben müssen sorgfältig versetzt werden. Ihre Lage ist besonders bei belassenem Blindboden genau anzulegen, damit die Schrauben auch im Holzbalken noch massgetreu versetzt sind (Abb. 2b). Die vorgebohrten Löcher dürfen nicht zu gross sein, sonst kann keine Verbundwirkung entstehen. Am meisten beansprucht wird die Schraube im Moment des Eindrehens. Bei Spezialschrauben ist ein Vorbohren allenfalls nicht notwendig, was eine erhebliche Zeiteinsparnis bringt (Abb. 3).

Leichtbeton kann über zahlreiche Transportbetonwerke bezogen werden. Man soll genässte Körner verwenden (spätestens 1 Stunde vorher vornässen, damit die Körner nicht zum Löschenblatt werden und dem Zementleim Wasser entziehen). Dem kleineren Grösstkondurchmesser entsprechend setzt man die Zementdosierung höher an. Zudem braucht Blähton infolge seiner rauheren Oberfläche etwas mehr Zementleim, so dass man üblicherweise 350 kg PC je m<sup>3</sup> wählt. Blähton verträgt alle Zusatzmittel und umgekehrt. (Wassergehalt beachten, da man mit weich-plastischer Konsistenz arbeitet.

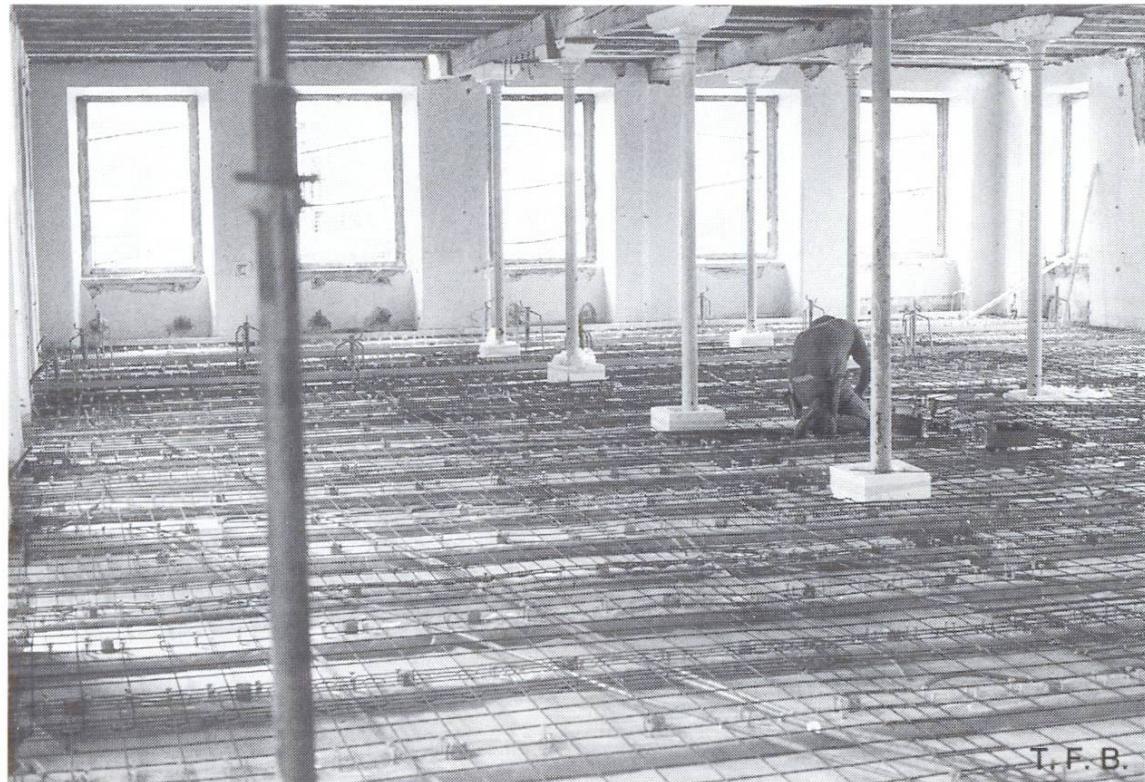


Abb. 6 Decke über Untergeschoss, zum Betonieren vorbereitet. Durchlaufträger über drei Felder (von links nach rechts)

Abb. 7 Rohrleitungen für Installationen

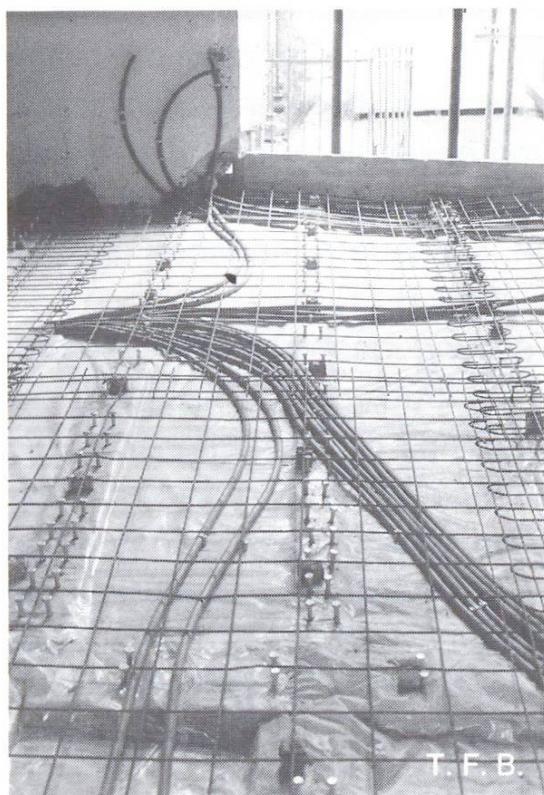
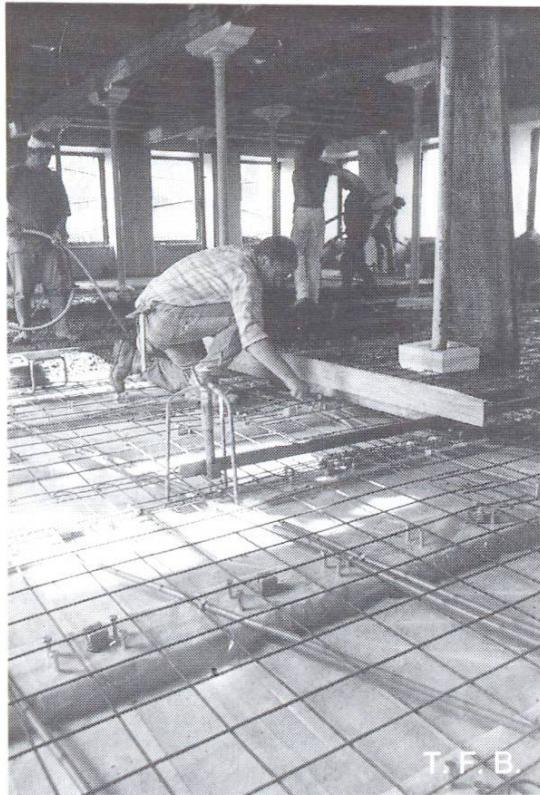


Abb. 8 Kontrolle mit Holzlatte ab fertig gerichteter Schiene. Letzte Korrektur durch Ein-drehen vorstehender Schrauben





T. F. B.

Abb. 9 Betonförderung mit Krankübel ab Umschlaggerät durch Seitenfenster. Transport mit Karrette und Einbringen

Abb. 10 Vorbivrieren mit Vibrator Ø 30 mm, Vibrieren mit Vibrierlatte



T. F. B.

11 Beton je nach Transportweg und Verarbeitung verzögern.) Fliessbeton ist in diesem Fall nicht möglich. Liefermenge und Termin sind wie üblich rechtzeitig abzusprechen.

Zur Betonförderung verwendet man Kübel und Aufzugsanlagen, evtl. auch Tragkübel (Trausen) oder Dumper. Oft wird man Rutschen und genügend Karretten bereitstellen müssen (Abb. 9). Für maschinelle Förderung eignet sich im Notfall die Mischerpumpe, wie sie bei Unterlagsböden bekannt ist. Hier ist aber grosse Vorsicht geboten, vor allem wenn die Mannschaft im Umgang mit diesem Gerät nicht geübt ist. Das Größtkorn ist dabei auf 10 mm zu beschränken, ausserdem muss man wegen Entmischungsgefahr mit Qualitätseinbussen rechnen. Bei grösseren Betonetappen lohnt sich allenfalls die Trockenförderung mit pneumatischen Spezialpumpen. Auf der Decke muss der Frischbeton regelmässig verteilt werden, d.h., es dürfen wegen Überbelastung keine Depots geschüttet werden. Leichtbeton ist hier als Konstruktionsbeton konzipiert und muss als solcher auch verdichtet werden. Stampfen wie beim Unterlagsboden genügt nicht. Als Verdichtungsgeräte benutzt man Balkenvibratoren oder Vibrierlatten, kombiniert mit dünnen Vibriernadeln zur Vorverdichtung (Abb. 10). Beim Verdichten ist darauf zu achten, dass man immer etwas Material vor sich her schiebt. Es dient als Auflast, da andernfalls die Verdichtung nicht vollständig wird. Die Ebenheit muss jener von rohen Betonkonstruktionen entsprechen. Falls kein Unterlagsboden vorgesehen ist, sind die Anforderungen höher, da der Fertigbelag vom Untergrund die Ebenheit von Schwimmenden Unterlagsböden verlangt. In diesem Fall kann man sich mit Mörtelüberzug (frisch in frisch) behelfen. Für die Nachbehandlung gelten die bekannten Regeln der Betontechnologie.

Feuchtigkeit ist für den Erhärtungsprozess des Betons erwünscht, hat aber zur Folge, dass der Beton – sei es Normal- oder Leichtbeton – auch nach mehreren Wochen noch Feuchtigkeit abgibt. Deshalb sollte man den Bauablauf so steuern, dass der Betonbelag erst nach 6–8 Wochen aufgebracht wird. Ausserdem wird empfohlen, auf dem Konstruktionsbeton eine Trennfolie als Dampfbremse zu verlegen. Sie kann auch mit der Dämmschicht kombiniert sein.

Die Verstärkung alter Holzbalkendecken erfordert planerisches und bautechnisches Geschick. Leichtbeton hat den Vorteil, dass er ein Konstruktionsbeton ist, dessen Eigenlast den gegebenen Randbedingungen angepasst werden kann. Ausgeführte Beispiele zeigen, dass dauerhafte Lösungen möglich sind.

Bruno Meyer

## 12 Literatur

- [1] Dokumentation «Leca-Beton». Olten: Hunziker Baustoffe
- [2] Norm SIA 164 (1981): Holzbauten. Zürich: Schweiz. Ingenieur- und Architektenverein
- [3] Künig, R. (1988): «Leichtbeton im Verbund mit Holz – eine Sanierungsmethode zur Verstärkung alter Holzdecken». Zement und Beton, Heft 1, S. 22–24
- [4] Godycki, T. u.a. (1984): «Verbunddecke aus Holzrippen und Betonplatte». Bauingenieur, S. 477–483
- [5] BVD-Blatt GE 5 (1988): Richtlinie für die Planung und Ausführung feuerwiderstandsfähiger Deckenkonstruktionen. Zürich: Brand-Verhütungs-Dienst für Industrie und Gewerbe
- [6] Wegleitung für Feuerpolizeivorschriften (1988): Baustoffe und Bauteile, Tragwerke; Teil A. Klassierung und Anforderungen. Bern: Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen
- [7] Lignum, Schweiz. Arbeitsgemeinschaft für das Holz (1984): Brandschutz im Holzbau. Zürich: Dokumentation SIA 83
- [8] Schweiz. Bundesrat: Lärmschutz-Verordnung vom 15. Dezember 1986
- [9] Holz-Beton Verbund Heerbrugg: SFS Provis AG (1990)

**Dank:** Wir danken folgenden Ingenieurbüros für die Mitteilung ihrer Erfahrung bei Verstärkungen alter Holzbalkendecken: Schubiger AG, Luzern; Wieland Engineering AG, Maienfeld; Wolf, Kropf und Zschabier, Zürich.

**Photos:** Abb. 3, 4, 6-10: TFB Wildegg; Abb. 5: Schubiger AG

---

**TFB**

Zu jeder weiteren Auskunft steht zur Verfügung die  
TECHNISCHE FORSCHUNGS- UND BERATUNGSSTELLE  
DER SCHWEIZERISCHEN ZEMENTINDUSTRIE  
Postfach 5103 Wildegg  
Lindenstrasse 10 Telefon 064 53 17 71  
Telefax 064 53 16 27