

## ■ FORSCHUNGASPEKTE

### Qualifizierung von Grubenlehm zu Lehmaustoffen (Prof. Benz, Prof. Schad).

Ableiten eines Materialmodells zur numerischen Simulation mittels FEM. Definition der Anforderungen eines Qualität-Sicherungsprozess. Experimentelle Ermittlung notwendiger Materialkenngrößen (Festigkeiten, Steifigkeiten, Wärmeausdehnung, Kriechverhalten, Wärmeleitfähigkeit usw.).



### Konstruktion Holz-, Stahl- und Stahlbeton Lehmverbunddecke (Prof. Schänzlin, Prof. Fitik)

Konstruktion einer Verbunddecke mit Lehm-Querlastabtrag sowie anteiligen Lehm-Längslastabtrag. Untersuchung der Verbund-Festigkeiten und Steifigkeiten in Abhängigkeit unterschiedlicher Verbundkonzepte. Experimentelle Untersuchung der Konstruktionen in Kleinversuchsreihen aber auch am Großversuch. Abschließend soll ein Bemessungskonzept für alle drei Verbundkonstruktionen entwickelt und mittels der Großversuche validiert werden.

### Brandschutz (Prof. Stumpf)

Untersuchung der Brandwiderstandsfähigkeit von Lehmdecken im Großversuch.

### Schallschutz (Prof. Zeitler)

Untersuchung des akustischen Verhaltens von Lehmdecken, sowohl in der Raumakustik als auch im Schallschutz. Außerdem soll untersucht werden, ob mittels Körperschallüberwachung von Lehmdecken das Versagensverhalten (bspw. Kervenbruch) dieser überwacht werden kann.

### Kreislaufrückführung (Prof. Uckelmann)

Entwicklung eines digitalen Systems zur Speicherung aller relevanten Kenngrößen der Baustoffe in den Bauteilen selbst (bspw. mittels RFID-Chips) um die Hürden zur Rückführung in einen Stoffkreislauf der Lehmaustoffe nach Ablauf der Lebensdauer möglichst niederschwellig zu gestalten.

**Baubetriebliche Produktion** (Montage- und Rückbaukonzept) (Prof. Denzer) Entwicklung von Produktionsprozessmodellen anhand von zuvor durchgeführten Anforderungsanalysen. Aus Nachhaltigkeitsaspekten werden unter Berücksichtigung des gesamten Stoffkreislaufs vom Grubenlehm zur fertigen Decke Stoffstrommodelle erarbeitet. Dazu gehört zudem die Erarbeitung eines baulogistischen Montage- und Rückbaukonzeptes. Dabei muss der Konstruktionsentwurf allen Anforderungen eines wirtschaftlichen aber auch nachhaltigen baubetrieblichen Herstellungsablaufs genügen.

**Baulogistik** (Prof. Denzer) Entwicklung eines Logistikkonzepts sowohl für den Transport der Deckenkonstruktion von der Produktion zur Baustelle als auch für die InSitu-Produktion. Die Grundlage des Konzepts bildet eine Anforderungsanalyse, in der zuvor die Rahmenbedingungen der baulogistischen Handlungsfelder identifiziert werden.

**Entwurfsprinzipien** (Prof. Stumpf) Sicherstellung der praktischen Anwendbarkeit der Konstruktionsentwürfe sowie Ableitung von Entwurfsgrundsätzen.

**Übergeordnete Nachhaltigkeit** (Prof. Grossarth) Zusammenführung der unterschiedlichen Entwicklungsstränge der einzelnen Arbeitspakete unter Berücksichtigung einer möglichst nachhaltigen Optimierung und Lösungsfindung. Erstellung einer umfänglichen Ökobilanzierung aller Deckenkonstruktionen.

## Neugierig geworden?

Wir beraten gerne in einem persönlichen Gespräch!

## ■ ANSPRECHPARTNER

### Konstantin Nille-Hauf

Wissenschaftlicher Mitarbeiter,  
Institut für Holzbau  
+49 (0) 7351 582-527  
nille-hauf@hochschule-bc.de

### Eric Wente

Wissenschaftlicher Mitarbeiter,  
Hochschule für Technik Stuttgart  
+49 (0) 711 8926-2876  
eric.wente@hft-stuttgart.de

## ■ FÖRDERPROJEKT

Fördermittelgeber  
Ministerium für Wissenschaft,  
Forschung und Kunst  
Baden-Württemberg (MWK)  
Europäischer Fonds für regionale  
Entwicklung (EFRE)  
Projektaufzeit: 01.10.2023 - 30.09.2027  
Fördersumme: 2,4 Mio. €



Kofinanziert von der  
Europäischen Union



Baden-Württemberg



## ■ KONSORTIUM

### Forschungseinrichtungen

Hochschule Biberach:  
Prof. Schänzlin (Projektleitung),  
Prof. Denzer, Prof. Grossarth, Prof. Schad  
Hochschule für Technik Stuttgart:  
Prof. Fitik, Prof. Zeitler, Prof. Uckelmann,  
Prof. Stumpf, Prof. Benz

### Kooperationspartner

REGUPOL BSW GmbH  
(Arbeitsbereich Schallschutz)  
Holzmeier Ingenieure  
(Arbeitsbereich Bemessungsmodelle)  
Energieberatung Blessing  
(Arbeitsbereich Wärmeschutz)  
Müller Planung  
(Arbeitsbereich Baubetrieb)  
Konstruktionsgruppe Bauen AG  
(Arbeitsbereich Bemessungsmodelle)  
Peikko Deutschland GmbH  
(Arbeitsbereich Stahl-Lehm Verbund)  
Wolf & Müller GmbH & Co. KG  
(Arbeitsbereich Baulogistik, Baubetrieb)  
Stemshorn kopp (Arbeitsbereich Entwurf)  
Eurodata Council Institute e.V.  
(Arbeitsbereich Datenstandards,  
Kreislaufrückführung)



## INDUSTRIELLE BAUWEISE

# DECKENKONSTRUKTIONEN AUS LEHMVERBUND

Unser Ziel ist die Integration von Lehm als tragendes Element in modernen Verbunddeckenkonstruktionen. Dabei betrachten wir die Konstruktion ganzheitlich und erforschen sowohl alle notwendigen mechanischen und bauphysikalischen Kenngrößen, als auch die Interaktion der Deckenkonstruktion mit baubetrieblichen und logistischen Fragestellungen bis hin zu dem Anforderungsprofil im Entwurfs-Stadium. Umrahmt wird das Projekt von einem ökologischen Controlling-Ansatz bei dem sämtliche Entscheidungen neben ihrer kontextuellen Optimierungsebene immer auch auf eine möglichst nachhaltige Lösung optimiert werden sollen – unterstützt durch das ITAS-Begleitforschungsvorhaben des KIT.

Stand: 01-2024, Print vorbehaltlich

**HBC.**  
HOCHSCHULE  
BIBERACH  
UNIVERSITY  
OF APPLIED SCIENCES

Ein Verbund-Projekt von:

**InDeckLe**  
Innovative Deckenkonstruktionen  
aus Lehmverbund

## DECKENKONSTRUKTION

Beton-Lehm-Verbund

### Konstruktion:

- Stahlbetonträger in z.B. C25/30
- Trägerabstand 75 cm
- Gesamtquerschnitt bestehend aus Lehm in der Biegedruckzone und bewehrtem Beton in der Biegezugzone
- Lastabtrag über Verbundfugenkonstruktion (verzahnte Ausführung)
- Üblicher weiterführender Fußboden aufbau
- Ausbildung als Wandkopfabschluss möglich



### Anwendungsgebiet:

Geschossbau, tragende Innendecke, einachsig gespannt. Höchste brandschutztechnische Anforderungen. Spannweite L = 6 m, Verkehrslast  $q = 5 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$

### Technische Größen:

Rohdeckenhöhe	$h_{\text{Roh}, L=6} = 28 \text{ cm}$
Lehmsteinabmessungen	$L / B / T = 75 / 25 / 20 \text{ cm}$
Steingewicht	$g_{\text{Stein}} \approx 50 \text{ kg}$
Filigranplatte	$h = 6,5 \text{ cm}$ $a_{\text{sw}} = \emptyset 14-10$

**Bauverfahren:** Zuerst wird die Längstragsstruktur (Stahlbetonträger, Wandköpfe) hergestellt. Diese können mit entsprechenden Formschalungen als Ort beton aber auch als Fertigteil hergestellt werden. Fertigteile erhöhen die Maßhaltigkeit der Verbundfuge und sind zu bevorzugen. Anschließend sind die Lehmsteine an den Kontaktstellen vollflächig im Dünnbettmörtelverfahren zu vermauern. Die Steine müssen bauzeitlich vor Feuchteintrag geschützt werden.

### Vorteile:

- Einhaltung höchster Komfortkriterien wie Schwingverhalten, Schalldämmung
- Thermische Masse für sommerlichen Hitzeschutz
- Im Vergleich zur Beton-Flachdecke erheblich geringeres global warming potential (GWP)
- Vollständige regionale Produktionskette
- Reduzierung des verbauten Betonvolumens durch vollständig kreislauffähige Lehmabstoffe in der Druckzone
- Hohe Feuerwiderstandsfähigkeit durch eine unterseitige Betondeckung
- Kombination von Stahlbetonwänden (bei entsprechendem Wandkopf) mit Holzlängsträgern bei gleichem Lehmstein möglich

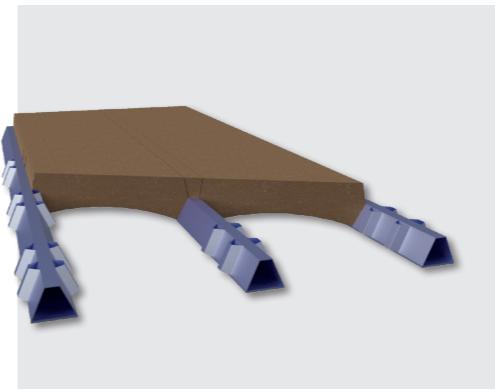
### Nachteile:

- Durch mechanisch geringere Leistungsfähigkeit von Lehm gegenüber Beton in der Druckzone werden höhere Rohdeckenhöhen bei gleichen Randbedingungen erwartet
- Erhöhter Aufwand bei der Vorfertigung der Fertigteilelemente

## STAHL-LEHM-VERBUND

### Konstruktion:

- Stahlträger (T-Profil/Trapezprofil)
- Quer-Achsabstand 75 cm
- Lehmsteinaufschaltung
- Querlastabtrag über Lehmsteinbogenwirkung
- Beteiligung am Längslastabtrag durch Kerven
- Horizontalkraft über Scheibenwirkung der Lehmplatte
- Übliche Fußbodenauflagen anwendbar, keine zusätzliche Abdichtung notwendig



### Anwendungsgebiet:

Geschossbau, tragende Innendecke, einachsig gespannt. Raumklima insb. Feuchtehaushalt. Spannweite L = 8 m, Verkehrslast  $q = 5 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$

### Technische Größen:

Rohdeckenhöhe	$h_{\text{Roh}, L=8} = 28 \text{ cm}$
Lehmsteinabmessungen	$L / B / T = 75 / 30 / 20 \text{ cm}$
Steingewicht	$g_{\text{Stein}} \approx 65 \text{ kg}$
Stahlträger Trapezprofil	Unterflansch BL 150 x 10 S355

**Bauverfahren:** Herstellung Primärstruktur (Stahlträger) entsprechend der Spannweite ggf. mit bauzeitlicher Unterstützung (Überhöhung). Einsetzen der Deckensteine mit Mauerkrat (vgl. K+S Steinsetzverfahren). Die Steine sind an Kontaktstellen zu Stahl und an den Stirnflächen vollflächig im Dünnbettmörtelverfahren zu vermauern. Die Decke muss vor bauzeitlichem Feuchteintrag geschützt werden. Der Stahlträger kann für einen erhöhten Feuerwiderstand ausbetoniert werden.

### Vorteile:

- Einhaltung höchster Komfortkriterien wie Schwingverhalten, Schalldämmung, Raumklima insb. Feuchtehaushalt
- Thermische Masse für sommerlichen Hitzeschutz
- Geringes global warming potential (GWP)
- Vollständig kreislaufähige Konstruktion (keine Kunststoffe, Zemente oder synthetische Additive, Verwendung von R-Stahl)
- Sowohl industrielle als auch lokale Produktion und Herstellung möglich
- Große Spannweiten realisierbar.

### Nachteile:

- Durch mechanisch geringere Leistungsfähigkeit von Lehm gegenüber Beton werden höhere Rohdeckenhöhen bei gleichen Randbedingungen erwartet
- Komplexer Bauablauf aufgrund der Feuchteanfälligkeit
- Aufwendiger Brandschutz

## HOLZ-LEHM-VERBUND

### Konstruktion:

- Holzlängsträger (bspw. C24 oder GLH28)
- Quer-Achsabstand 75 cm
- Lehmsteinaufschaltung
- Querlastabtrag über Lehmsteinbogenwirkung
- Beteiligung am Längslastabtrag durch Kerven
- Horizontalkraft über Scheibenwirkung der Lehmplatte
- Übliche Fußbodenauflagen anwendbar, keine zusätzliche Abdichtung notwendig



### Anwendungsgebiet:

Geschossbau, tragende Innendecke, einachsig gespannt. Raumklima insb. Feuchtehaushalt. Spannweite L = 6 m, Verkehrslast  $q = 5 \frac{\text{Kn}}{\text{m}^2}$

### Technische Größen:

Rohdeckenhöhe	$h_{\text{Roh}, L=6} = 28 \text{ cm}$
Lehmsteinabmessungen	$L / B / T = 75 / 14 / 20 \text{ cm}$
Steingewicht	$g_{\text{Stein}} \approx 35 \text{ kg}$

Holzträgerabmessungen B / H = 12/28 cm

**Bauverfahren:** Fertigung als Fertigteilelementdecke (in Feldwerkstatt oder industriell) und anschließendes Einheben auf Tragstruktur (erhöhter Holzverbrauch). Fertigung als InSitu-Decke durch Montage der Holzlängsträger, ggfs. Hilfsunterstützung (zur Überhöhung bzw. Vorspannung des Tragsystems) und anschließendes Einsetzen der Lehmsteine, wobei die Stirn- und Verbundflächen mit Lehm-Dünnbettmörtel kraftschlüssig verbunden werden.

Dargestellt sind die vorläufigen Ergebnisse der Vordimensionierung im Rahmen des InDeckLe Forschungsprojekts (Laufzeit 09 / 23 – 09 / 27). Die Ergebnisse sind durch weiterführende Untersuchungen und Versuche zu validieren.

### Vorteile:

- Einhaltung höchster Komfortkriterien wie Schwingverhalten, Schalldämmung, Raumklima insb. Feuchtehaushalt
- Thermische Masse für sommerlichen Hitzeschutz
- Sehr geringes global warming potential (GWP)
- Vollständige regionale Produktionskette
- Vollständig kreislaufähige Konstruktion (keine Kunststoffe, Zemente oder synthetische Additive)
- Sowohl industrielle als auch lokale Produktion und Herstellung möglich

### Nachteile:

- Durch mechanisch geringere Leistungsfähigkeit von Lehm gegenüber Beton werden höhere Rohdeckenhöhen bei gleichen Randbedingungen erwartet
- Komplexer Bauablauf aufgrund der Feuchteanfälligkeit (Witterungsschutz)
- Bei InSitu-Decke abhängig von Einbautemperatur (Jahreszeitabhängig)