

# Betrachtungen zu Hohlböden aus der Sicht eines Schadensachverständigen, insbesondere in der Kombination von Naturwerksteinbelägen auf Verbund-Doppelböden

Bernhard Schmelmer

## Statik von Hohlböden

Die Festigkeits- und Verformungsbewertung von Hohlböden bedürfen einer besonderen Betrachtung. Dagegen ist die leider gerne gewählte Betrachtungsweise einer Bemessung nach Flächenbelastung, gegebenenfalls als Ableitung der Gebäudebemessung, nicht brauchbar.

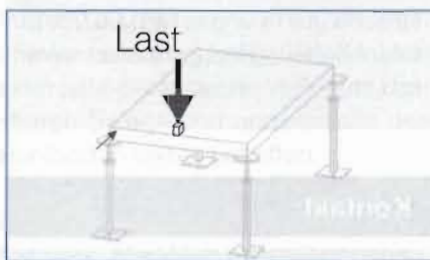
Die Bewertung der Tragfähigkeit von Hohlböden erfolgt generell gemäss SN ENs 12825 und 13213 im Kurzzeitversuch am schwächsten Belastungspunkt des Systems gegen eine Einzelast, mit einer Aufstandsfläche von 25 mm x 25 mm und unter Berücksichtigung einer maximal zulässigen Verformung (Bild 3).

Für die praktische Anwendung wird davon ausgegangen, dass in der Nutzung der Bodenflächen je Rasterfläche eine Nennlast auftritt.

Bei Hohlböden werden grundsätzlich die kompletten Bauarten (Tragschicht und Unterkonstruktion gemeinsam) in ihrer Leistung beurteilt und klassifiziert. Lediglich zum Zweck der Qualitätssicherung werden Baustoffeigenschaften wie Biegezugfestigkeit, Druckfestigkeit, etc. ermittelt.

Im Gegensatz zu sonstigen Unterböden wird nicht von einer allgemeinen Bauanleitung ausgegangen, sondern es wird mit Rücksicht auf die individuelle Ausführung das fertige Bodensystem in seiner Leistung bewertet.

Anders herum betrachtet, ist eine Be-



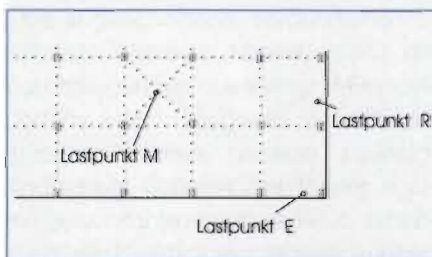
Skizze 1: Belastungsbeispiel an einem SDoppelboden

wertung der Leistungseigenschaften von Hohlböden auf der alleinigen Kenntnis der Komponenteneigenschaften nicht möglich.

Bei Hohlböden besteht nicht nur eine Gefahr von Rissbildung und damit eine Schädigung des Bauteils, sondern tatsächlich auch die Möglichkeit, dass Maschinen, sonstige Auflasten oder gar Personen in den Boden einbrechen.

Tragfähigkeitsprobleme ergeben sich neben ordinären Ausführungsfehlern häufig auch aus Fehleinschätzungen zu tatsächlich einwirkenden Lasten.

Eine regelmässig auftretende Fehleinschätzung ist etwa das Negieren von Auswirkungen bewegter Lasten.



Skizze 2: Beispiel möglicher Lastenleitungs-punkte in eine Hohlraum- oder Verbund-Doppelbodenfläche

Bild 1 zeigt das Resultat einer dynamischen Beanspruchung durch ein Essenswagengespann in einer Klinik.

## Verbund-Doppelböden mit Natursteinbelag

### Statik

In neuerer Zeit ergaben sich Schadensfälle durch ungünstige Materialkombinationen, insbesondere in der Form eines fest applizierten Naturwerksteinbelags auf Verbund-Doppelböden.



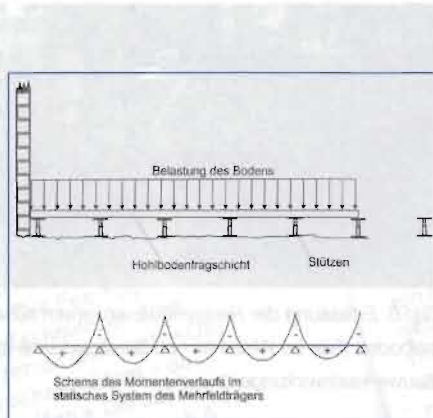
Bild 1: Einbruchstelle in eine Hohlbodenanlage nach dynamischer Belastung

Bei Beschränkung auf eine reine Festigkeitsbetrachtung lässt diese Kombination nämlich zunächst völlig unauffällig erscheinen. Tatsächlich müssen die Materialien aber in Art und Dimension auch auf ihre Steifigkeitseigenschaften überprüft werden.

Die bei Verbund-Doppelböden im Rahmen ihrer internen Systemeignung zulässige Durchbiegungsbegrenzung von Rastermass/300 (Bild 3) ist für einen als vergleichsweise starr anzunehmenden Naturwerkstein häufig zu viel. Das heisst aber nur, dass die bei der Prüfung der Hohlböden festgestellte nominale Tragfähigkeit nicht auf den Gesamtaufbau mit Oberbelag übertragbar ist. Genaugenommen müsste jeweils eine Einschätzung vorgenommen werden, inwieweit welcher Naturwerksteinbelag auf welchen Verbund-Hohlboden ausgeführt werden kann, da die Anbindung eines Naturwerksteinbelages die Tragfähigkeitseigenschaften des Verbund-Doppelbodens ganz entscheidend beeinflusst.



Skizze 3: Beispiel eines Verbund-Doppelbodens im Schema



Skizze 4: Betrachtung zum statischen Prinzip

Die beiden miteinander verbundenen Schichten verhalten sich wie zwei übereinander gelegte unterschiedlich steife Blattfedern.

Für eine «gute» Kombination wären in erster Betrachtung ähnliche Biegesteifigkeiten wünschenswert. Um die Belagsschicht zu schonen, sollte die Tragschicht des Verbund-Doppelbodens sogar steifer sein als der Naturwerksteinbelag, oder der Naturwerksteinbelag ist bereits so dimensioniert, dass er sich und die Verkehrslasten quasi selber tragen kann.

Zur Verdeutlichung dieser Einflussgrösse sei darauf hingewiesen, dass das E-Modul linear in die Biegesteifigkeit eingeht, die Dicke aber in dritter Potenz. Eine doppelte Dicke führt also zu einer 8-fachen Biegesteifigkeit oder anders herum, zum Erreichen einer doppelten Biegesteifigkeit reicht es aus, die Dicke um 26 % zu erhöhen, also zum Beispiel von ca. 30 mm auf ca. 38 mm.

- Ist der Naturwerksteinbelag z.B. sehr starr (dick und/oder hohes E-Modul), wird an die Tragschicht des Verbund-Doppelbodens keine oder nur wenig Biegekräft über die Verformung abgegeben, so dass der Naturwerksteinbelag im Ergebnis sich selbst überlassen bleibt

- Ist der Naturwerksteinbelag biegsam (dünn und/oder niedriges E-Modul), wird an die Tragschicht des Verbund-Doppelbodens Biegekräft übertragen, es erfolgt eine unterstützende Bettung.
- Ist der Verbund Doppelboden zu biegsam (zu dünn), reicht die Bettung für den Naturwerksteinbelag gegebenenfalls nicht aus und es kommt zu Rissen im Naturwerksteinbelag, ohne dass zwangsläufig auch ein Mangel/Schaden am Verbund-Hohlboden vorliegt/auftritt.

Diese Rahmenbedingungen werden natürlich durch die Bruchfestigkeiten der jeweiligen Naturwerksteinbeläge überlagert, die in der Praxis ganz erheblich variieren (etwa zwischen 3 – 40 N/mm<sup>2</sup>) sowie auch durch die Art und die Qualität der Anbindung über die Klebemörtelschicht.

Durch die namhaften Anbieter der Verbund-Doppelböden wird zu dieser Frage erfahrungsgemäss kompetent assistiert, wobei deren weitestgehend empirischen Betrachtungsansätze auf den ersten Blick durchaus divergent erscheinen mögen, meist aber zielführend sind. Bei kritischeren Material-Kombinationen oder grösseren Flächen empfiehlt sich aber eine detaillierte rechnerische Betrachtung bis hin zum Modellversuch (Bild 7)

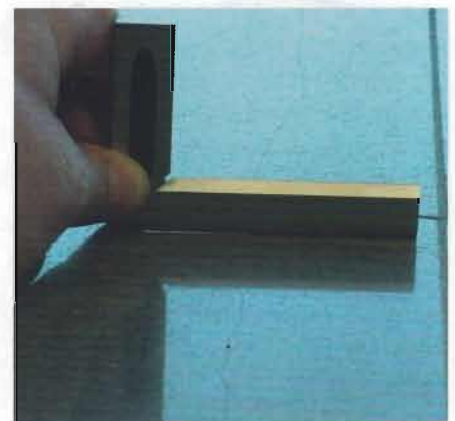


Bild 2: Typischer Fall; ein Riss kauft oberhalb einer Stützenposition

### Weitere Schadenursachen

Eine der häufigsten Schadenursachen ergibt sich aus einer schlechten Koordination der Gewerke von Naturwerksteinbelag und Verbund-Doppelboden gleich zu Beginn des gemeinsamen Daseins, wenn etwa die im Unterboden angelegten Fugen verschmiert oder überbrückt werden, oder Anmachwasser aus dem Verlegemörtel in die Gipsfaser-Tragschicht eindringt.



Bild 3: Tragfähigkeits- und Steifepfung an einem Verbund-Doppelboden

### Typische Schadenbilder

Sollte die Dimensionierung und/oder Ausführung, an welcher Stelle auch immer, nicht erfolgreich gewesen sein, führt dies in der Konsequenz zu Belagsablösungen (meist wegen ungeeigneter Klebung) oder weitaus schlimmer zu Belagsbrüchen.

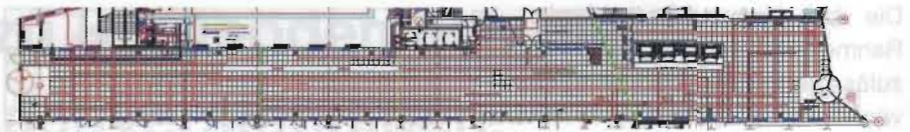
Die Belagsbrüche werden in der Regel das Auflageraster (Stützenraster) ganz oder partiell abbilden. Dies er-

gibt sich aus der statischen Belastungssituation und ist beinahe unabhängig von der Schadenursache. Mithin ist das Bruchbild eines solchen Schadens nicht geeignet, um auf seine Ursachen zu schliessen. Da muss im Einzelfall schon tiefer gegraben werden.

Die Bilder 4, 5 und 6 stellen Schäden mit ganz unterschiedlicher Ursache, aber zunächst fast gleichem Schadbild dar.



*Bild 4: Erfassung der Rissverläufe an einem schadhaften Naturwerksteinbelag auf Verbund-Doppelboden (hier Einwirkung aus Deckenverformungen)*



*Skizze 5: Rissplan zu Bild 6 (rote Linien sind Risse im Oberbelag, schwarze Linien ist das Belagsraster)*



*Bild 6: Erfassung der Rissverläufe an einem schadhaften Naturwerksteinbelag auf Verbund-Doppelboden (hier im Wesentlichen durch extreme klimatische Einflüsse im Bodenhohlraum und Bauwerkseinwirkungen)*



*Bild 7: Aufbau eines Modellversuchs*



*Bild 5: Riss an einem Verbund-Doppelboden (hier extreme Einzellast)*

## Kontakt:

**Bernhard Schmelmer**



dipl. Ing. FH für Holztechnik  
Eurlng (FEANI)

**Institut für Systembodentechnik**

Römerstr. 47  
D-63785 Obernburg am Main  
Deutschland

+49 6022 6235 64  
ist@schmelmer.net  
www.schmelmer.eu