

# Rüttelböden unter Verwendung großformatiger Platten

Dem Modetrend nach immer größeren Formaten von Bodenbelägen folgend, wurden in der Vergangenheit immer häufiger Rüttelböden unter Verwendung von großformatigen keramischen Platten (z. B. mit den Abmaßen 30 x 90 cm, 60 x 60 cm oder 90 x 90 cm) hergestellt. Aufgrund der mit den Großformaten in Verbindung stehenden Problemen (Verbundprobleme zwischen den Platten und dem Bettungsmörtel, große Überzähne, hohe Kosten der keramischen Platten, hohe Sanierungskosten) verzichteten einige Bauherren mittlerweile auf die Verwendung dieser Großformate.

Entscheidet sich der Bauherr dennoch für die Einbringung großformatiger keramischer Platten, dann sollte sowohl dem Planer als auch dem Verleger bewusst sein, dass es sich bei Rüttelböden, die unter Verwendung großformatiger keramischer Platten hergestellt werden, um Sonderkonstruktionen handelt. Diese Bauart ist durch den Anwendungsbereich der einschlägigen Technischen Regelwerke [1] und [2] nicht oder nur eingeschränkt abgedeckt. So sind in der AKQR-Richtlinie [1] im Allgemeinen nur keramische Platten mit einer Kantenlänge von 30 cm bzw. einer Plattenfläche von 900 cm<sup>2</sup> geregelt. Konkret heißt es in der AKQR-Richtlinie:

»Bei angepasster Vorgehensweise ist auch die Verlegung von Fliesen im Format von 20 cm x 40 cm, 40 cm x 40 cm oder 30 cm x 60 cm möglich.« [...]

»Bei der Verlegung von Fliesen mit größeren Formaten (z. B. 30 cm x 60 cm) sollten Haftschlämmen verwendet werden.« [1]

Darüber hinausgehende Plattenformate werden in der AKQR-Richtlinie [1] nicht behandelt. Die KKS-Richtlinie [2] enthält als größtes genanntes Plattenformat zwar Platten mit Abmaßen von 450 mm x 600 mm, aber auch diese Richtlinie deckt nicht alle in der Praxis eingesetzten Großformate ab.

**Anmerkung:** Bei Anwendung der KKS-Richtlinie [2] ist zu beachten, dass die Kontaktschicht eine gleichmäßige Dicke von mindestens 3 mm aufweisen muss und ausschließlich Haftschlämmen einzusetzen sind (kein Pudern). Zusätzlich fordert die KKS-Richtlinie [2] für den fertigen Boden eine Verbundfestigkeit von mindestens 0,5 N/mm<sup>2</sup>.

Wer Rüttelböden mit Großformaten plant oder ausführt, muss sich demnach bewusst sein, dass er sich außerhalb oder aber, selbst bei günstigster Auslegung des Anwendungsbereiches der Technischen Regelwerke, zumindest am Rande der einschlägigen Technischen Regelwerke bewegt.

Die beteiligten Gruppen müssen weiterhin beachten, dass bislang nur wenige Langzeiterfahrungen mit entsprechenden Flächen vorliegen und im Regelfall auch Anpassungen bei der Art der Verlegung dieser Böden zu berücksichtigen sind. So ist

nicht alles, was bei Kleinformaten funktioniert, auch sachgerecht bei der Verlegung von Großformaten anwendbar. Deshalb sind u. a. die nachfolgend genannten Punkte bei der Verlegung von Großformaten zu beachten:

1. Anpassung des Rüttelverfahrens auf die Verlegung von Großformaten,
2. Auswahl der keramischen Platten und deren Eigenschaften,
3. Auswahl eines geeigneten Verlegeverbandes und Information des Bauherrn über die Größenordnung der nicht vermeidbaren bzw. sogar zu erwartenden Überzähne,
4. Festlegung von Solleigenschaften des Systems in der fertigen Fläche.

## 1 Anpassung des Einbauverfahrens

Die Verdichtung von Rüttelböden sollte bei kleinformatigen keramischen Platten normalerweise mittels maschineller Verdichtung erfolgen. So zeigten die Ergebnisse von Verdichtungsversuchen der Säurefliesner-Vereinigung, dass die Rammmaße bei der maschinellen Verdichtung kleinformatiger Platten mehr als doppelt so groß sind, wie bei der händischen Verdichtung [8]. Diese Aussage deckt sich mit den Erfahrungen aus einer Vielzahl von Untersuchungen an in der Praxis ausgeführten Rüttelböden.

**Anmerkung:** Zur Vorgehensweise bei der Verlegung kleinformatiger keramischer Platten im Rüttelverfahren siehe [5], [6], [7].

Im Gegensatz dazu steigt das Risiko für Schäden bei der Verlegung großformatiger keramischer Platten in erheblichem Maße an, wenn die Großformate nur unter Einsatz »üblicher maschineller Rüttelverfahren« verlegt werden. So sind die eingesetzten Flächenrüttler aufgrund ihrer begrenzten Verdichtungsleistung und der im Vergleich zu den großen Plattenformaten geringen Größe der Rüttelplatte i. d. R. kaum in der Lage, das System aus großen keramischen Platten, Kontaktschlämme und Bettungsmörtel in einem ausreichenden Maße zu verdichten. Verdichtungsprobleme, bevorzugt an der Unterseite des Bettungsmörtels, sind häufig die Folge.

Zur orientierenden Abschätzung der Verdichtungsqualität kann die Rohdichte des Bettungsmörtels herangezogen werden. So hat sich im Rahmen der Untersuchung ausgeführter Objekte gezeigt, dass ein sachgerecht eingebrachter Bettungsmörtel eine Mörtelrohichte im Bereich über 2,0 kg/dm<sup>3</sup> erreichen sollte [5]. Bei geringeren Rohdichten steigt die Gefahr für die Entstehung von Schäden massiv an, sodass der eingebrachte Bettungsmörtel im Objekt keine sachgerechte Festigkeit aufweist.

**Anmerkung:** Um derartige Verdichtungsgrade auch bei der Verlegung großformatiger Platten zu erreichen, wurden zum Teil neue Verdichtungsmaschinen entwickelt, die eine deutlich höhere Verdichtungsleistung ermöglichen. Neben der Anpassung des Verlegeverfahrens und der Verdichtungsgeräte sind u. a. die nachfolgend beschriebenen Punkte bei der Einbringung großformatiger Platten besonders zu beachten:

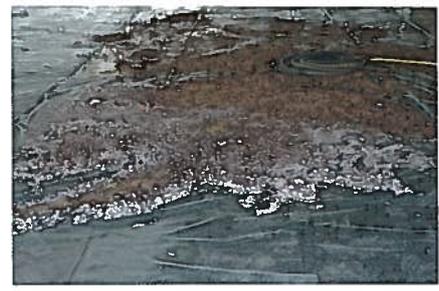
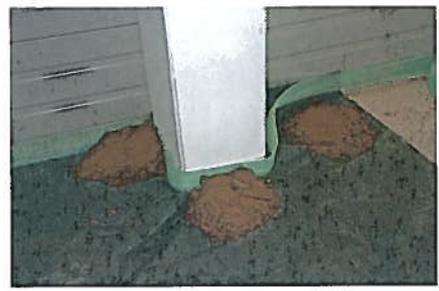
- Es sollte ein möglichst schwindarmer Bettungsmörtel verwendet werden. Das Ziel sollte dabei aber nicht unbedingt in der Entwicklung eines Mörtels mit einer im Labormaßstab hohen Mörtelfestigkeit liegen. So ist festzustellen, dass die im Labor zu erreichende Druckfestigkeit des Bettungsmörtels bei der Verwendung im Objekt häufig nur eine untergeordnete Rolle spielt, während sich dessen Verarbeitbarkeit massiv auf die erreichbare Qualität des Bettungsmörtels und damit des Rüttelbodens auswirkt. Vor diesem Hintergrund spielt auch gerade der zu verwendende Mörtelsand eine wesentliche Rolle. So ist die Herstellung guter Bettungsmörtel in bestimmten Regionen (wie z. B. in der Gegend von München, wo kaum gewaschene Sande zur Verfügung stehen) generell nur schwer möglich.
- Die Zeit bis zur Einbringung des Bettungsmaterials sollte bei maximal zwei Stunden liegen. Je mehr Zeit die Einbringung des Bettungsmörtels in Anspruch nimmt, desto größer ist die Gefahr für die Entstehung von Schäden an der Rüttelbodenkonstruktion.

**Anmerkung:** Gemäß der AKQR-Richtlinie [1] sollte die Zeit bis zur Einbringung des Bettungsmörtels eine Zeitspanne von fünf Stunden nicht überschreiten.

Eine Zeitspanne bis zur Einbringung des Bettungsmörtels von fünf Stunden ist vor dem Hintergrund der im Objekt üblicherweise vorliegenden Baustellenbedingungen (Temperatur, Zugluft, u. s. w.) als ausgesprochen kritisch zu bewerten, da im Regelfall keine Maßnahmen zur Vermeidung der Austrocknung (»Verdursten«) des Mörtels ergriffen werden. Genau aus diesem Grund sollte der Bettungsmörtel auch nicht über längere Zeit auf der Baustelle zwischengelagert, sondern direkt nach der Herstellung verarbeitet werden. An dieser Stelle sei nochmals auf die extrem große Bedeutung der Vermeidung von Zugluft hingewiesen. Leider werden bei der Herstellung von Rüttelböden in der Ausführungspraxis immer wieder offen ste-



**Abb. 1 a-c:**  
»Verdursten« des vorgelegten Bettungsmörtels



hende Türen, Fenster und Fassaden vorgefunden, die in erheblichem Maße zur Entstehung von Schäden an Rüttelbodenkonstruktion beitragen.

- Zur Reduzierung der Gefahr des Verdurstens des Bettungsmörtels sollte dieser auch nicht zu weit vorgelegt werden, da der auf der Fläche verteilte Mörtel ansonsten ggf. vertrocknet. Auch sollte der Bettungsmörtel nicht zum Fixieren der Folie auf der Bodenplatte verwendet werden, wie dies beispielhaft in Abb. 1 dargestellt ist.
- Um nicht den Ablauf der Arbeiten verändern zu müssen, haben sich einige Verarbeiter für die Verwendung verzögerter Bettungsmörtel entschieden, welche die Gefahr des »Verdurstens« des Bettungsmörtels reduzieren sollen. Dies ist allerdings ein Irrglaube.

So verlängern Verzögerer zwar die Bearbeitungszeit des Bettungsmörtels, die Verzögerer sind aber nicht in der Lage, die Gefahr des »Verdurstens« zu reduzieren. Ganz im Gegenteil hat die Verzögerung des Mörtels sogar zur Folge, dass die Bettungsmörtel das zur Hydratation erforderliche Wasser erst sehr viel später chemisch binden und aus diesem Grund sogar größere Wassermengen an die Raumluft abgeben werden. Die Gefahr des Verdurstens steigt demnach in der Regel bei Verwendung verzögerter Bettungsmörtel an.

- Bei der Einbringung von Bettungsmörteln ist zu beachten, dass diese möglichst ohne Entmischung und mit guter Verarbeitbarkeit bis zum Einbauort gepumpt werden müssen. Schlauchlängen von 50 m (maximal 75 m) sollten nicht überschritten werden. Bei größeren Schlauchlängen nimmt die Gefahr für die Entstehung von Entmischungen deutlich zu.
- Aufgrund der bereits mehrfach angesprochenen Probleme bei der Verdichtung von Bettungsmörteln in Rüttelbö-

den, sollten diese gerade bei Verwendung großformatiger Platten vorverdichtet werden. Ist die Intensität der Vorverdichtung zu gering, dann reicht die Verdichtungsenergie des abschließenden Rüttelvorgangs nicht aus, um eine ausreichende Qualität des Bettungsmörtels über dessen gesamte Höhe sicherzustellen. Ein zu intensives Vorverdichten ist aber ebenfalls zu vermeiden. So lassen sich die keramischen Platten bei zu intensiver Vorverdichtung bei der abschließenden Verdichtung nicht mehr sachgerecht in den Bettungsmörtel hinein verdichten. Dies ist auch der Grund dafür, warum Bettungsmörtel normalerweise nicht mit maschinellen Geräten vorverdichtet werden sollten. In der Praxis werden Bettungsmörtel aus diesem Grund häufig durch die Mitarbeiter manuell gestampft. Anschließend ist weiterer Mörtel aufzubringen und die Oberfläche des Bettungsmörtels abziehen.

- Aufbringung einer Haftschrämme in einer Dicke von ca. 3 mm ggf. im »buttering-and-floating-Verfahren«. Leider ist das »buttering-and-floating-Verfahren« aus Kostengründen im Regelfall nicht umsetzbar, obwohl bei Anwendung dieses Verfahrens deutlich bessere Verbundfestigkeiten des Rüttelbodens erreichbar sind.

Bei der Auswahl geeigneter Haftschrämmen sind deren Labordaten (Druck- oder Haftzugfestigkeit) häufig nur begrenzt aussagekräftig. Vielmehr spielt auch bei der Auswahl der Haftschrämme deren Verarbeitbarkeit eine wesentliche Rolle.

Nach der Aufbringung der Haftschrämme sind die keramischen Platten in die frische Haftschrämme einzuarbeiten, wobei die Platten im Gegensatz zum »Rüttelverfahren bei kleinformatigen Platten« nicht allein mit maschinellen Verfahren in den Bettungsmörtel eingerüttelt werden

sollten. Vielmehr sind großformatige Platten idealerweise zusätzlich mit einem Gummihammer händisch einzuarbeiten.

**Anmerkung:** An dieser Stelle stellt sich die Frage, ob es sich bei einer derartigen Platteneinbringung noch um ein übliches »Rüttelverfahren« handelt. Sind die einschlägigen Technischen Regelwerke bei dieser Art der Einbringung anwendbar?

Allgemein ist festzustellen, dass die Verbundfestigkeit zwischen den Komponenten der Rüttelböden bei mindestens 0,4 bis 0,5 N/mm<sup>2</sup> liegen sollte. Sofern die oben beschriebenen Arbeitsschritte sachgerecht ausgeführt werden, liegen sehr positive Erfahrungen mit dieser Ausführungsvariante vor. So wurden in fertigen Flächen nicht selten Verbundfestigkeiten zwischen 0,8 N/mm<sup>2</sup> und 1,5 N/mm<sup>2</sup> vorgefunden (siehe Abb. 2).

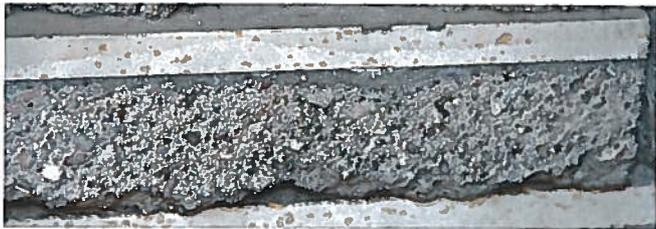


Abb. 2: Guter Verbund des »Rüttelbodens« bei ausreichend dicker Haftschlämme

## 2 Besondere Anforderungen an die Auswahl der keramischen Platten

Neben den immer größeren Plattenformaten stellen auch die immer stärker gebrannten und damit auch dichten Unterseiten der keramischen Platten ein Problem bei der Herstellung von Rüttelböden dar. Derartige keramische Platten weisen oft nur sehr geringe Wasseraufnahmen und damit sehr hohe Festigkeiten auf (siehe Abb. 3).



Abb. 3: dicht gebrannte Plattenunterseite

Gerade keramische Platten mit dichten Plattenunterseiten haben eine deutlich reduzierte Verkrallungsfähigkeit der Haftschlämme zur Folge. Wie in [5], [6], [7] ausführlich beschrieben wurde, hat aber gerade das Verbundverhalten zwischen den keramischen Platten, den Haftschlämme und dem Bettungsmörtel einen wesentlichen Einfluss auf das Tragverhalten der Rüttelböden.

Somit muss eines der wesentlichen Ziele bei der Herstellung von »Rüttelböden« darin bestehen, keramische Platten zu verwenden, die einen guten Verbund zur Haftschlämme ermöglichen. Vor diesem Hintergrund sind keramische Platten mit einer sehr glatten und dichten Plattenunterseite, welche sehr geringe Wasseraufnahmen aufweisen, hinsichtlich ihrer Verbundwirkung als kritisch zu bewerten. Wie dies Beispiel zeigt, führt die Verbesserung der Materialeigenschaften von Einzelkomponenten (geringere Wasseraufnahme und höhere Festigkeit der keramischen

Platten) nicht immer zu verbesserten Systemeigenschaften. Dies ist auch der Grund dafür, dass in der KKS-Richtlinie die Verwendung von keramischen Platten mit einer Wasseraufnahme von ca. 0,3 M.-% (und nicht von < 0,3 M.-%) empfohlen wird [2].

## 3 Verlegeverband und zu erwartende Überzähne

Gemäß der AKQR-Richtlinie [1] sind keramische Platten im Rüttelverfahren standardmäßig mit einem engen Fugennetz (Knirsch-Verlegung) auszuführen. Die Verlegung mit breiten Fugen ist gemäß der AKQR-Richtlinie mit einem höheren Aufwand verbunden. Ähnliche Formulierungen finden sich auch in der KKS-Richtlinie [2].

Bei der Verlegung großformatiger Platten (ab dem Format 30 cm x 60 cm) weist die AKQR-Richtlinie allerdings darauf hin, dass diese »nicht im Halbverband verlegt werden« sollten [1]. Begründet wird diese Forderung dadurch, dass die materialbedingten Maßtoleranzen mit zunehmender Plattengröße ansteigen. Zusätzlich nehmen die verlegebedingten Höhenunterschiede bei immer größer werdenden Plattenformaten zu, sodass hier mit deutlich größeren »Höhenversätzen« zwischen benachbarten Platten zu rechnen ist.

**Anmerkung:** Höhenunterschiede zwischen benachbarten Fliesen- und Plattenkanten werden auch als »Höhenversätze« oder »Überzähne« bezeichnet.

Diesem Tatbestand tragen alle relevanten technischen Regelwerke Rechnung. So finden sich z. B. in der ZDB-Richtlinie die in der Tabelle 1 aufgeführten Angaben zu zulässigen Überzähnen [3].

Da die Betreiber von Lebensmittelmärkten Überzähne in den o. g. Größenordnungen im Normalfall nicht akzeptieren, geht sowohl die AKQR-Richtlinie [1] als auch die KKS-Richtlinie [2] deutlich über die o. g. Anforderungen hinaus. So begrenzt die AKQR-Richtlinie die Überzähne bei üblichen Plattenformaten auf 1,3 mm und bei größeren Plattenformaten auf 1,6 mm. Die KKS-Richtlinie lässt (unabhängig vom Plattenformat) sogar nur Überzähne von maximal 1,0 mm zu.

Diese Werte sind aber, wenn überhaupt, nur dann erreichbar, wenn die Maßtoleranzen der Fliesen deutlich reduziert werden,

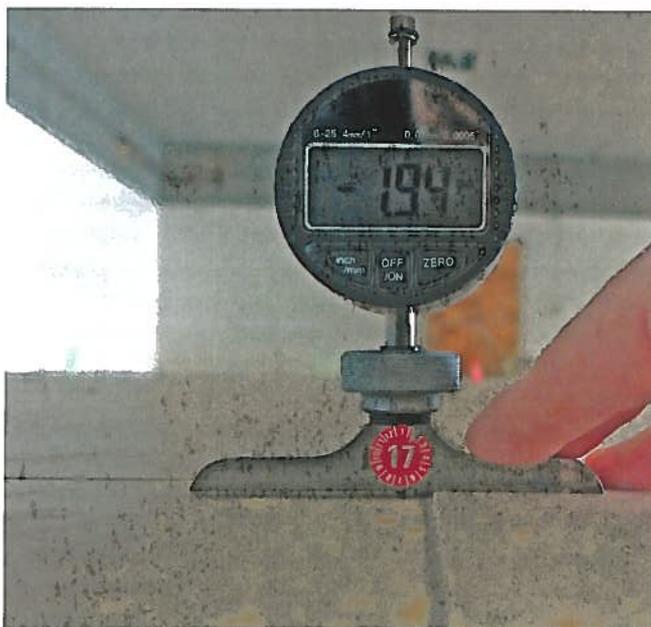


Abb. 4: Resultierende Überzähne bei Einhaltung der halben Normwerte aber inkl. Verlegetoleranz

weshalb viele Planer von Lebensmittelmärkten die »halben Toleranzen« für die Ebenheit der keramischen Platten fordern.

**Anmerkung:** Nach DIN EN 14 411 dürfen keramische Platten sowohl eine Kanten- als auch eine Mittelpunktwölbung von  $\pm 0,5\%$  der Diagonale aber maximal von 2 mm aufweisen.

Aber selbst wenn diese erhöhten Kundenanforderungen (halbe Normwerte) von den keramischen Platten erfüllt werden, lassen sich verhältnismäßig große Überzähne nicht vollständig vermeiden (siehe Abb. 4).

Berücksichtigt man ferner, dass neben den reinen Baustofftoleranzen auch noch Einbautoleranzen vorliegen, dann ist es kein Wunder, dass die Oberflächen entsprechender Rüttelböden in der Praxis häufig wie in Abb. 5 und nicht wie in Abb. 6 dargestellt aussehen.

So zeigen die keramischen Platten von Rüttelböden häufig ein »Aufwölben« der Plattenecken, was zu optisch sehr auffälligen und auch unter normalen Belichtungsbedingungen zu gut erkennbaren Überzähnen führt. Diese Überzähne treten bevorzugt bei im Halbverband verlegten Platten in Erscheinung. Die in Abb. 7 aufgeführte Systemskizze zeigt eine im Halbverband verlegte Fliesenfläche. Das linke Teilbild 7 stellt exemplarisch den Belag eines Rüttelbodens aus Sicht des Pfeils (d. h. auf Höhe der Bodenbeläge) dar.

Im rechten Teilbild 7 ist erkennbar, dass die hinter der grauen Fliese liegenden Ecken der keramischen Platten (trotz der Einhaltung der Normwerte, aber ohne Berücksichtigung weiterer Verlegetoleranzen) ca. 2 mm über die erste (grau markierte) keramische Platte hinausragen. Aus den genannten Gründen sollte die Verlegung auf Kreuzfuge gerade bei großformatigen Platten bevorzugt werden.

**Anmerkung:** Die Anforderung an die Überzähne von maximal 1,0 mm ist bei der Verle-



Abb. 6: sachgerechte Höhenversätze benachbarter Platten

Halbverband mit Kantenwölbungen im Toleranzbereich der DIN EN ISO 10545

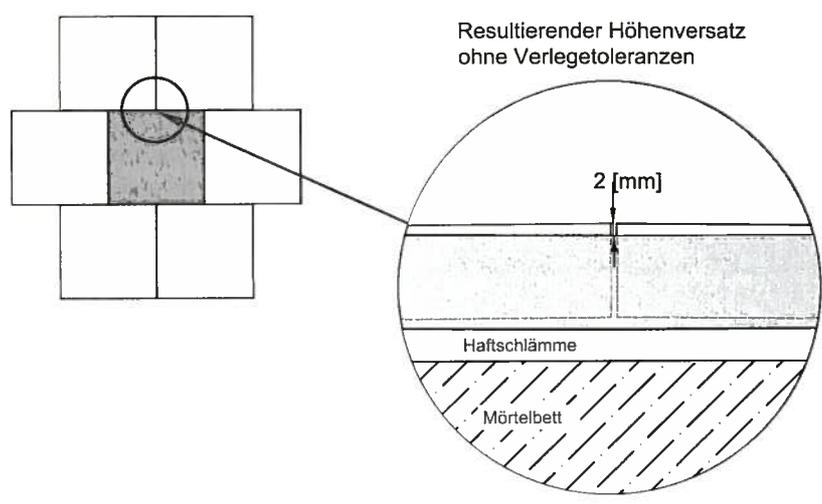


Abb. 7: Systemskizze zum Einfluss des Verlegeverbandes auf die Größenordnung der Überzähne (Ansatz der normativen Fliesentoleranzen, aber ohne Berücksichtigung von Verlegetoleranzen)

gung großformatiger Platten nicht zielsicher erreichbar, sodass bei derartigen vertraglichen Vereinbarungen eine erhöhte Menge an Austauschplatten einzuplanen ist. Berücksichtigt man ferner, dass großformatige Fliesen (> 60 x 60 cm) mittlerweile teilweise ca. 100 Euro pro Quadratmeter kosten, kann dies zu einem erheblichen Kostenfaktor werden.

#### 4 Nutzungszeitpunkt

Aufgrund der immer kürzeren Bauzeiten ist es heutzutage üblich, dass eingebrachte Rüttelböden bereits kurz nach deren Herstellung durch die Folgegewerke massiv

belastet werden (Abb. 8). Zur Reduzierung der Gefahr von Folgeschäden sind die nachfolgend genannten Zeiten für die Herstellung von Rüttelböden in Bestandsbauwerken zu berücksichtigen:

- ca. 2 Tage für das Fräsen des bestehenden Bodens,
- ca. 5 – 7 Tage für das Verlegen des neuen Rüttelbodens,
- 7 Tage Ruhezeit des eingebrachten Rüttelbodens.

In dieser Zeit sollte der Boden aus Gründen der erreichbaren Qualität nicht durch andere Handwerker betreten werden.

Der Regelfall sieht aber eher so aus, dass Paletten mit Deckenbaustoffen oder Trockenbauwänden (häufig mit einem Gesamtgewicht von bis zu ca. 2 Tonnen) bereits nach drei oder vier Tagen auf die gerade eingebrachten Rüttelböden aufgebracht werden.

Neben der zu frühen Belastung der Böden stellt auch die Größenordnung der Beanspruchung eine wesentliche Rolle bei der Entstehung von Schäden dar. So werden immer wieder Flächenlasten von 10 kN/m<sup>2</sup> (also eine Tonne pro Quadratmeter) bei der Planung entsprechender Böden genannt. Tatsächlich spielen diese Flächenlasten aber keine signifikante Rol-

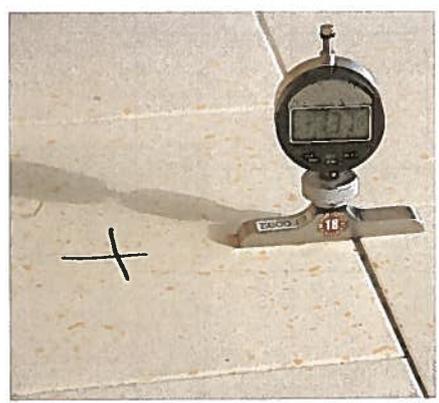
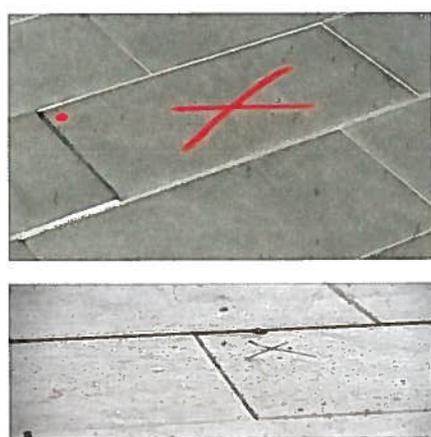


Abb. 5 a-c: Höhenversätze benachbarter Platten



**Abb. 8:** Folgegewerke auf einem frisch hergestellten Rüttelboden

**Tabelle 1:** Zulässige Überzähne nach der ZDB-Richtlinie [3]

Fliesengröße	Zulässige Überzähne
10 / 10 cm	1,2 mm
30 / 30 cm	1,6 mm
40 / 40 cm	1,8 mm
30 / 60 cm	1,9 mm
50 / 50 cm	2,0 mm
60 / 60 cm	2,2 mm

le. Vielmehr stellen in erster Linie Punktlasten die ausschlaggebende Beanspruchung dieser Böden dar, besonders wenn diese auch noch bewegt werden (Abb. 9). Konkrete Anforderungen an die zu erbringenden Punktlasten sind in den Leistungsverzeichnissen im Regelfall aber nicht enthalten.

So führen u. a. auch Flurfördergeräte zu erheblichen Beanspruchungen der Rüttelböden. Zwar werden mit diesen Flurförderzeugen meist »nur« Lasten von bis zu einer Tonne bewegt, doch erfolgt die Lastenleitung in die keramischen Platten üblicherweise über sehr kleine Hartgummirollen, woraus sehr hohe Punktlasten resultieren. Der Zusammenhang zwischen der Pressung auf die Plattenoberfläche und

Art der Bereifung	mittlere Pressung in Abhängigkeit vom Gesamtgewicht des Fahrzeugs
Luftbereifung	0,7 – 0,9 N/mm <sup>2</sup>
Vollgummibereifung	0,9 – 3,5 N/mm <sup>2</sup>
Super-Elastik-Bereifung	1,0 – 3,0 N/mm <sup>2</sup>
Vulkollan	3,7 – 5,5 N/mm <sup>2</sup>
Polyamid	12 – 20 N/mm <sup>2</sup>
Stahlräder	70 – 150 N/mm <sup>2</sup>



**Abb. 9 a-c:** Fahrzeuge mit hohen Punktlasten

**Tabelle 2 a+b:** Einfluss des Radmaterials der Flurfördergeräte auf die Pressung der Bodenbeläge gemäß dem ZDB-Merkblatt [4]

Mechanische Belastung nach Gruppen		
Beanspruchungsgruppe	Bruchkraft F(N) DIN EN ISO 10545-4	Anwendungsbereiche Mechanische Beanspruchung
I	< 1.500	Wohnungsbau und Bodenbeläge mit vergleichbarer mechanischer Beanspruchung, z. B. Hotelbadezimmer, Räume des Gesundheitsdienstes
II	1.500 – 3.000	Verwaltung, Gewerbe und Industrie (befahrbar mit luftbereiften Fahrzeugen), z. B. Großküchen, Kantinen, Verkehrszonen, KFZ-Ausstellungs- und Wartungsräume, Verkaufsräume, jeweils ohne Flurförderfahrzeugverkehr <b>Pressungen bis 2 N/mm<sup>2</sup></b>
III	3.000 – 5.000	Gewerbe und Industrie (Flurförderfahrzeugverkehr mit Superelastik, Vollgummi- und Vulkollanbereifung), z. B. im Lebensmittel-Einzel- und Großhandel, Nonfood-Einzel- und Großhandel, Ladenpassagen <b>Pressungen von 2 bis 6 N/mm<sup>2</sup></b>
IV	5.000 – 8.000	Gewerbe und Industrie; Anwendungsbereiche wie Gruppe III, jedoch befahrbar mit Polyamidrollen <b>Pressungen von 6 bis 20 N/mm<sup>2</sup></b>
V	> 8.000	Gewerbe und Industrie; Schwerlastbereiche mit Flurförderfahrzeugverkehr mit Polyamidrollen; Kollern von Metallteilen; wie z. B. in Fabrikations-, Montage- und Lagerhallen, Reparaturwerkstätten für Maschinen und schweres Gerät <b>Pressungen &gt; 20 N/mm<sup>2</sup></b>

der Auswahl des Rollenmaterials der Flurförderzeuge wird sehr anschaulich im ZDB-Merkblatt für »Mechanisch hoch belastbare keramische Bodenbeläge« dargestellt [4]. Die wesentlichen Inhalte sind den Tabellen 2 a+b zu entnehmen.

Das Hauptproblem bei der Bewertung entsprechender Schäden besteht darin, dass im Frühstadium entstandene Überlastungsschäden häufig nicht direkt sichtbar werden. So können die Schäden zwar im Bettungsmörtel angelegt sein, doch treten die tatsächlichen Risse, Ablösungen oder Ausbrüche häufig erst bei der wiederholten Überfahung der vorgeschädigten Teilflächen in Erscheinung.

## 5 Schadensursachen an Rüttelböden

Auf die Bedeutung des Verbundverhaltens zwischen keramischen Platten, der Haftschrämme und dem Bettungsmörtel wurde vor dem Hintergrund der erreichbaren Tragfähigkeit des Bodens bereits mehrfach hingewiesen. Daneben sind die Gründe für das Auftreten von Verbundstörungen an Rüttelböden vielgestaltig (siehe auch [5], [6], [7]). An dieser Stelle seien stichpunktartig nur einige wesentliche Ursachen genannt:

### Bettungsmörtel

- Einbringung eines zu trockenen, nicht mehr sachgerecht zu verdichtenden Bettungsmörtels,
- nicht sachgerechte Verdichtung des Bettungsmörtels,
- Einbringung eines Bettungsmörtels mit erhöhten Mengen an Zementlinsen (Abb. 10), sodass der tatsächlich wirksame Zementgehalt zu gering ist. Genau aus diesem Grund ist die Verwendung von werkgemischten Mörteln als ausgesprochen kritisch zu bewerten (siehe [5], [6], [7]),
- Verdursten des Bettungsmörtels z.B. aufgrund einer nicht sachgerechten Zwischenlagerung im Objekt oder aufgrund ungeeigneter Umgebungsbedingungen (Sonneneinstrahlung, Einbautemperaturen, Luftzug).

### Kontaktschicht

- Häufig werden gerade bei »geputzten« Kontaktschichten Probleme mit dem Verbundverhalten festgestellt. Die Schadensanfälligkeit dieser Ausführungsart ist darauf zurückzuführen, dass derartige Kontaktschichten keine definierten Eigenschaften (z.B. w/z-Wert und Abriebfestigkeit) aufweisen (siehe [5], [6], [7]).
- Zu große Liegezeiten des Bettungsmörtels vor der Aufbringung der Kontaktschlämme bzw. der Kontaktschlämme vor der Aufbringung der keramischen Platten.

Aus diesem Grund sollte der Bettungsmörtel nicht zu weit (im Regelfall nicht mehr als 3 m) vorgelegt werden;

- Eine zu geringe Dicke der Kontaktschlämme hat zur Folge, dass die Gefahr für die Entstehung von Hohlstellen z.B. aufgrund geschüsselter keramischer Platten ansteigt.

### Keramische Platten

- Verwendung von keramischen Platten mit sehr geringer Wasseraufnahme,
- Stark geschüsselte Großformate, die aufgrund der Plattenverformung in Verbindung mit einer zu geringen Dicke der Kontaktschlämme nur eine kleine Auflagerfläche aufweisen.



**Abb. 10:** Zementlinsen bei Verwendung werkgemischter Mörtel

### Nutzung

- Zu frühe Beanspruchung des Rüttelbodens z.B. durch die Nachfolgegewerke. Trotz der Vielzahl potentieller Schadensursachen finden sich nur sehr vereinzelt Anforderungen an das Verbundverhalten der Systemkomponenten keramischer Rüttelböden in den einschlägigen Technischen Regelwerken. So sind z.B. der AKQR-Richtlinie zwar Anforderungen an die Qualität des Bettungsmörtels und auch der keramischen Platten enthalten, hier finden sich aber keinerlei Anforderungen an die zu erreichende Verbundfestigkeit des Systemaufbaus (Bettungsmörtel + Kontaktschicht + keramische Platte) [1].

Die KKS-Richtlinie [2] geht hier einen deutlichen Schritt weiter. So wird der Rüttelboden erstmals als »Verbundsystem« betrachtet, was Konsequenzen sowohl auf die Durchführung der Bestätigungsprüfung, als auch auf die Anforderungen an die Verbundfestigkeit der Konstruktion im Objekt hat [2]. So werden hier zum ersten Mal Mindestwerte an die Verbundfestigkeit der Einzelschichten des fertigen Rüttelbodens definiert (Kleinstwert > 0,4 N/mm<sup>2</sup> und Mittelwert > 0,5 N/mm<sup>2</sup>). Hier stellt sich die Frage, wie das Verbundverhalten keramischer Platten zu bewerten ist, wenn

- keine Eindruckstellen der Profilierung der Unterseite der keramischen Platten in der Kontaktschlämme (roter Pfeil aus Abb. 11) erkennbar sind, oder
- keine Anhaftungen der Kontaktschlämme an der Unterseite der keramischen Platten (siehe Abb. 12) vorhanden sind.

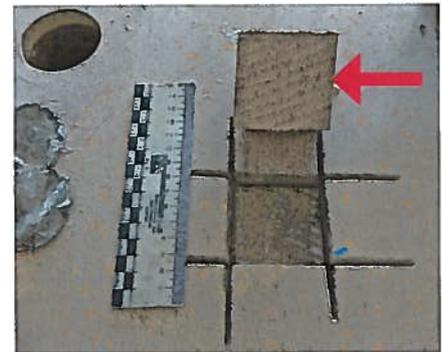
Sind diese Befunde als Beleg dafür zu werten, dass nie ein sachgerechter Verbund zwischen der Kontaktschlämme und der keramischen Platte vorgelegen hat?

### Teilfläche ohne Eindruckstelle der Profilierung der Unterseite der keramischen Platten in der Kontaktschlämme

Werden Teilflächen vorgefunden, in denen kein Eindruck der Profilierung der Plattenunterseite in der Kontaktschlämme



**Abb. 11:** Teilfläche ohne Eindruckstellen der Profilierung der Unterseite der keramischen Platten in der Kontaktschlämme



**Abb. 12:** Keramische Platten ohne Anhaftung der Kontaktschlämme

me (roter Pfeil aus Abb. 11) erkennbar ist, so sollte der Sachverständige zusätzlich die Zahnung der Kontaktschlämme prüfen. Normalerweise wird in diesen Teilflächen noch eine gut erhaltene Zahnung vorgefunden (siehe Abb. 14), was dann als Beweis für eine nicht sachgerechte Verdichtung des Rüttelbodens zu werten ist.

Bei einer guten Verdichtung des Rüttelbodens sollte die Zahnung der Kontaktschlämme eher wie in Abb. 14 aussehen.

### Keramische Platten ohne Anhaftung der Kontaktschlämme

Fehlende Anhaftungen der Kontaktschlämme an der Unterseite der keramischen Platten stellen im Gegensatz dazu keinen Beleg für eine reduzierte Verdichtung des Rüttelbodens dar. Vielmehr können auch dann sehr hohe Verbundfestigkeiten vorgefunden werden, wenn keine Anhaftungen der Kontaktschlämme an der Plattenunterseite vorliegen. Die Abb. 16 zeigt Teilflächen, bei denen nach der Prüfung der Haftzugfestigkeit quasi keine Anhaftungen der Kontaktschlämme an der Plattenunterseite vorgefunden wurden, aber hohe Haftzugfestigkeiten vorlagen.

Wie diese exemplarischen Beispiele zeigen, lässt sich aus dem Fehlen von Anhaftungen der Kontaktschlämme an der Unterseite der keramischen Platten nicht ableiten, dass kein sachgerechter Verbund zwischen der Kontaktschlämme und den keramischen Platten vorliegt.



Abb. 13 a+b: Noch gut erhaltene Zahnung der Kontaktschlämme

### 7 Tragfähigkeitsnachweise an Rüttelböden

Bei Rüttelböden handelt es sich um Verbundkonstruktionen, deren Tragfähigkeit u.a. von den nachfolgend genannten Faktoren abhängt:

- Biegezugfestigkeit des Bettungsmörtels,
- Biegezugfestigkeit der keramischen Platten,
- Verbundfestigkeit zwischen dem Bettungsmörtel und den keramischen Platten.

Aus diesem Grund ist die Vorgehensweise in der AKQR-Richtlinie fachlich falsch, bei der die Tragfähigkeit der Konstruktion allein über den Nachweis der Biegezugfestigkeit des Bettungsmörtels in Anlehnung an DIN 18560 erfolgt. Wie eine Vielzahl von Untersuchungen gezeigt hat, spielt die Biegezugfestigkeit des Bettungsmörtels (gerade bei Rüttelböden auf Trennschicht) nur eine untergeordnete Rolle bei der Bewertung der Tragfähigkeit der Rüttelbodenkonstruktion. Was hilft eine hohe Biegezugfestigkeit des Bettungsmörtels, wenn die keramischen Platten signifikante Hohllagen oder keinen sachgerechten Verbund zum Bettungsmörtel aufweisen und aus diesem Grund brechen?

Tatsächlich wird die Schadensanfälligkeit von Rüttelböden auf Trennschicht in erster Linie durch die Verbundfestigkeit zwischen dem Bettungsmörtel und den keramischen Platten bestimmt. Deshalb ist die Bestätigungsprüfung von Rüttelböden (sofern erforderlich) sachgerechterweise an Verbundkörpern und nicht allein am Bettungsmörtel durchzuführen. Noch sinnvoller ist der Nachweis der Tragfähigkeit des Rüttelbodens im Objekt, da hierbei



Abb. 14 a+b: Zahnung der Kontaktschlämme bei sachgerechter Verdichtung

keine imaginäre Biegezugfestigkeit sondern direkt die Tragfähigkeit des Rüttelbodens bestimmt wird, wie dies in Abb. 16 am Beispiel der Tragfähigkeitsprüfung an einer Estrichkonstruktion dargestellt ist.

Mittels des in Abb. 16 dargestellten Versuchsaufbaus kann konkret die Tragfähigkeit des Rüttelbodens im Objekt nachgewiesen werden. Die völlig undefinierten Vorhaltemaße der DIN 18560 spielen bei

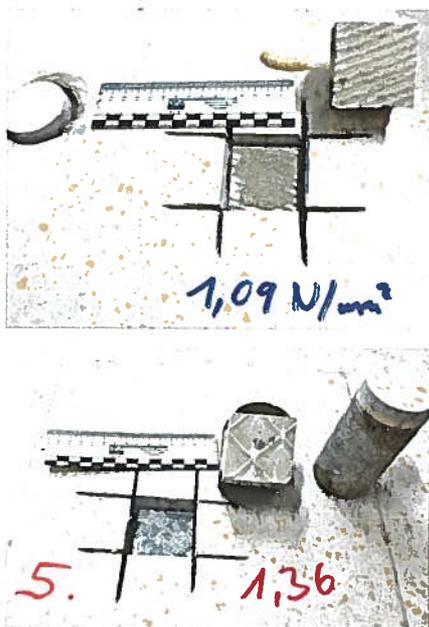


Abb. 15: Keramische Platten ohne Anhaftung an der Kontaktschlämme

diesem Versuch keine Rolle. Vielmehr ist es möglich, konkrete Vorhaltemaße zu definieren und im Rahmen dieser Prüfung anzuwenden. Auch werden bei dieser Prüfung Einflüsse der Lastübertragung auf angrenzende Teilflächen berücksichtigt, die bei der rein normativen Bewertung nach DIN 18560 keine Rolle spielen.

Aus den genannten Gründen wurde im Rahmen derartiger Tragfähigkeitsnachweise häufig festgestellt, dass die Rüttelböden, trotz geringer Biegezugfestigkeit des Bettungsmörtels im Rahmen der Bestätigungsprüfung nach DIN 18560 oder der AKQR-Richtlinie, eine bei Weitem ausreichende Tragfähigkeit aufwiesen.

### 8 Zusammenfassung

Die Verwendung immer größerer Plattenformate zur Herstellung von Rüttelböden ist aus technischer Sicht als kritisch zu bewerten. So ist sowohl über die Anpassung des Verlegeverfahrens als auch über die Auswahl des Verlegeverbandes bei Verwendung großformatiger Platten nachzudenken, um die Gefahr für spätere Streitigkeiten aufgrund geringer Verbundfestigkeiten im Rüttelboden bzw. über das Auftreten größerer Überzähne zu reduzieren.

Abschließend stellt sich die formale Frage, ob es derzeit überhaupt ein Technisches Regelwerk für die Verlegung von großformatigen Platten gibt? Bei sachge-

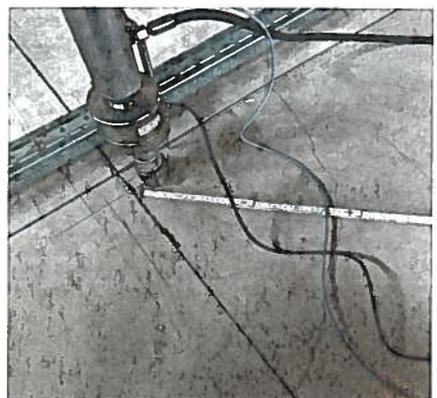


Abb. 16: Prüfaufbau zum Nachweis der Tragfähigkeit im Objekt

rechter Beantwortung dieser Frage ist festzustellen, dass man sich bei diesen Böden nur an andere Regelwerke [1] und [2] anlehnen kann. Aufgrund des Fehlens klarer Vorgaben in Technischen Regelwerken liegt demnach derzeit eine hohe Rechtsunsicherheit sowohl des Bauherrn als auch des Verleger vor.

## 9 Literaturverzeichnis

- [1] Arbeitskreis Qualitätssicherung Rüttelbelege (AKQR) (Hrsg.): Richtlinien für die Herstellung keramischer Bodenbeläge im Rüttelverfahren. Burgwedel, Januar 2015
- [2] Kompetenzkreis keramische Systemböden e.V.: Verlegerichtlinie zur die Herstellung keramischer Rüttel-Systemböden (KKS-Richtlinie), Fassung Juni 2014
- [3] Fachverband Fliesen und Naturstein im Zentralverband Deutsches Baugewerbe e.V. (ZDB) (Hrsg.): Höhendifferenzen. Höhendifferenzen in keramischen, Betonwerkstein- und Naturwerksteinbekleidungen und Belägen. Berlin, Oktober 2005
- [4] Fachverband Fliesen und Naturstein im Zentralverband Deutsches Baugewerbe e.V. (ZDB) (Hrsg.): Hoch belastete Beläge. Mechanisch hoch belastbare keramische Bodenbeläge. Berlin, Oktober 2005
- [5] Dr. Karl-Uwe Voß: Beläge für hohe Beanspruchungen, Teil 1. Fliesen und Platten, Nr. 4/2013, S. 24–29
- [6] Dr. Karl-Uwe Voß: Beläge für hohe Beanspruchungen, Teil 2. Fliesen und Platten, Nr. 5/2013, S. 24–27
- [7] Dr. Karl-Uwe Voß: Beläge für hohe Beanspruchungen, Teil 3. Fliesen und Platten, Nr. 6/2013, S. 30–33
- [8] Forschungsvorhaben der Säurefliesner-Vereinigung: Einfluss unterschiedlicher Rüttel- und Anklopffverfahren auf die Verbundfestigkeit von im Rüttelverfahren hergestellten keramischen Bodenbelägen (Fassung Januar 1989).

### Der Autor



**Dr. rer. nat.  
Karl-Uwe Voß**

Dr. Karl-Uwe Voß (1966), 1985 – 1992  
Chemiestudium und Promotion an der Westfälischen Wilhelms-Universität, Münster; 1992 – 1997 Sachbearbeiter und stellvertretender Prüfstellenleiter beim ZEMLABOR, Beckum; 1998 – 2000 technischer Geschäftsführer der Duisburger Bundesüberwachungsverbände und des Baustoffüberwachungsvereins Nordrhein-Westfalen; 2000 – 2002 Prüfstellenleiter beim ZEMLABOR; seit 2002 Geschäftsführer und Institutsleiter der Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied; seit 2005 von der IHK Koblenz als Sachverständiger für Analyse zementgebundener Baustoffe öffentlich bestellt und vereidigt; seit 2013 im Vorstand des QS-Pflaster; seit 2014 im Vorstand des LVS Rheinland-Pfalz; seit Dezember 2014 wurde der Bestellungstenor auf den Bereich der Flächenbefestigungen aus Betonpflastersteinen und anderen Betonwaren ausgedehnt

Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied GmbH  
Sandkauler Weg 1  
56564 Neuwied  
Tel. 02631/3993-23  
Fax 02631/3993-40  
voss@mpva.de



**WAHR  
ZEICHEN  
DER STADT**

**BEWAHRT  
MIT URETEK**

### URETEK IST IHR EXPERTE FÜR BETONBODENANHEBUNG, GRÜNDUNGSSANIERUNG UND BAUGRUNDVERSTÄRKUNG

Mir der innovativen und bewährten URETEK-Injektionshebeteknik wird ein Zweikomponenten-Expansionsharz in den Baugrund unter Verkehrswegen und -flächen injiziert. Dort sorgt es für Hohlräumeauffüllung, Stabilisierung und Anhebung. Sprechen Sie uns an, wir beraten Sie gerne.

URETEK bewahrt unter anderem:

- Brückenrampen
- Schienenwege
- Bahnübergänge
- Beton- und Asphaltfahrbahnen



Jetzt informieren unter  
[www.uretek.de](http://www.uretek.de)  
Oder ganz persönlich unter  
0800-3773250

**URETEK**<sup>®</sup>  
**BEWAHREN, WAS UNS TRÄGT**