

Einflüsse auf die Horizontalverschiebung von Pflastersteinen und Platten in der ungebundenen Bauweise

Beeinflussung des Verschiebewiderstandes von Pflasterdecken durch
Einsatz von Betonpflastersteinen mit besonderen Eigenschaften

Einflüsse von Bettung, Fuge, Tragschicht sowie der Pflastersteine

von Dipl.-Ing.(FH) Oliver Mann

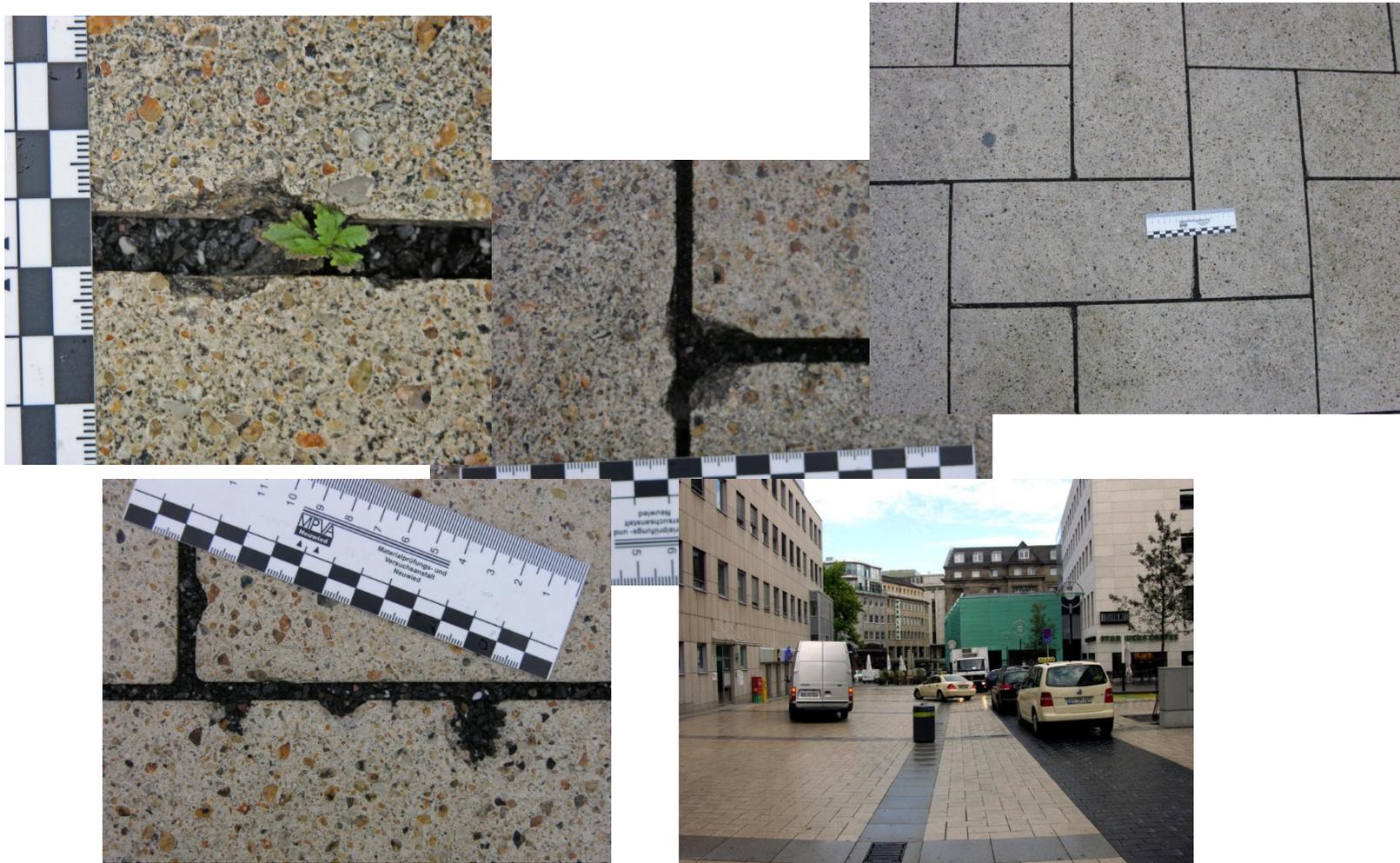
- **Allgemeines**
 - Vertikale Verschiebungen
 - Horizontale Verschiebungen

- **Horizontale Verschiebungen**
 - Nachweismethoden
 - Einflüsse auf die Verschiebungswiderstand

Allgemeines

Bauschäden an Pflasterdecken

Verschiebewiderstand



Bauschäden an Pflasterdecken Verschiebewiderstand



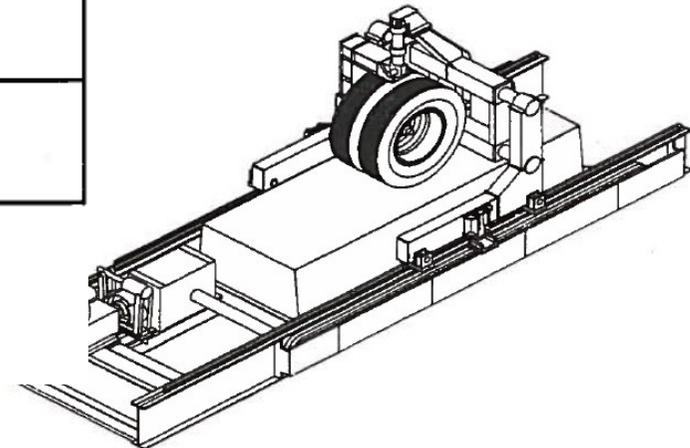
Vertikale Verschiebungen

Bauschäden an Pflasterdecken

Vertikale Verschiebungen

Aufbauvarianten	Einfluss auf den vertikalen Verformungswiderstand	
Tragschichtmaterial: Kalkstein HMV-Asche Asphalt	groß	+ o ++
Bettungsmaterial: Diabas 0/8 mm Diabas 0/5 mm Diabas 2/5 mm Natursand-Kies 0/5 mm	mittel	++ ? ? ?
Steinform: Rechteckstein (quer) Doppel-T-Verbundstein Uni-Verbundstein	gering	++ + o
Steinmaterial: Beton Klinker	gering	o o
Verband: Fischgrätverband diagonal Läuferverband quer Läuferverband längs	gering	++ + -

- + = Einfluss in positiver Richtung vorhanden
- ++ = Einfluss in positiver Richtung stärker vorhanden
- = Einfluss in negativer Richtung vorhanden
- o = Einfluss von geringer Bedeutung
- ? = Einfluss unklar

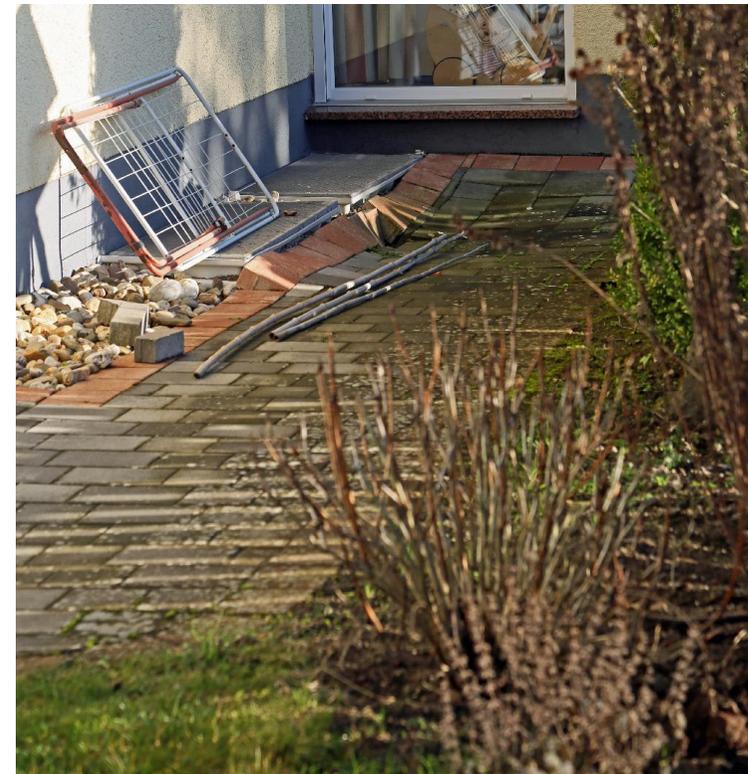


Veröffentlichungen
der Herren Rohleder, Prof. Carsten Koch und Prof. Wellner

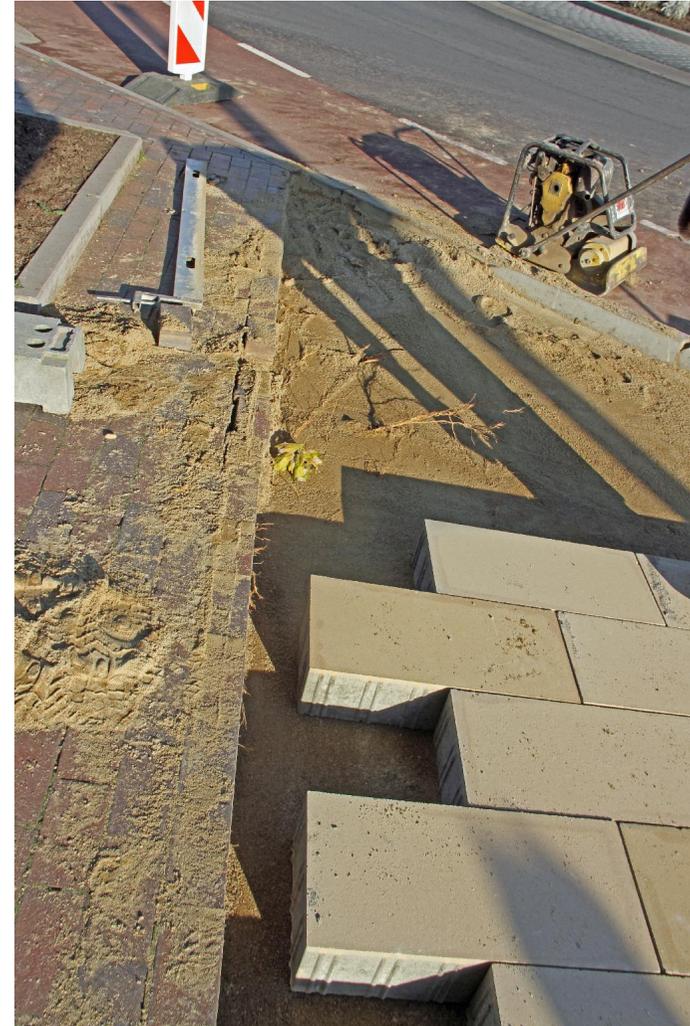
Bauschäden an Pflasterdecken

Vertikale Verschiebungen

- Vertikale Verschiebungen an Pflasterdecken werden in erster Linie durch die Tragschicht und zum Teil auch durch die Bettung beeinflusst

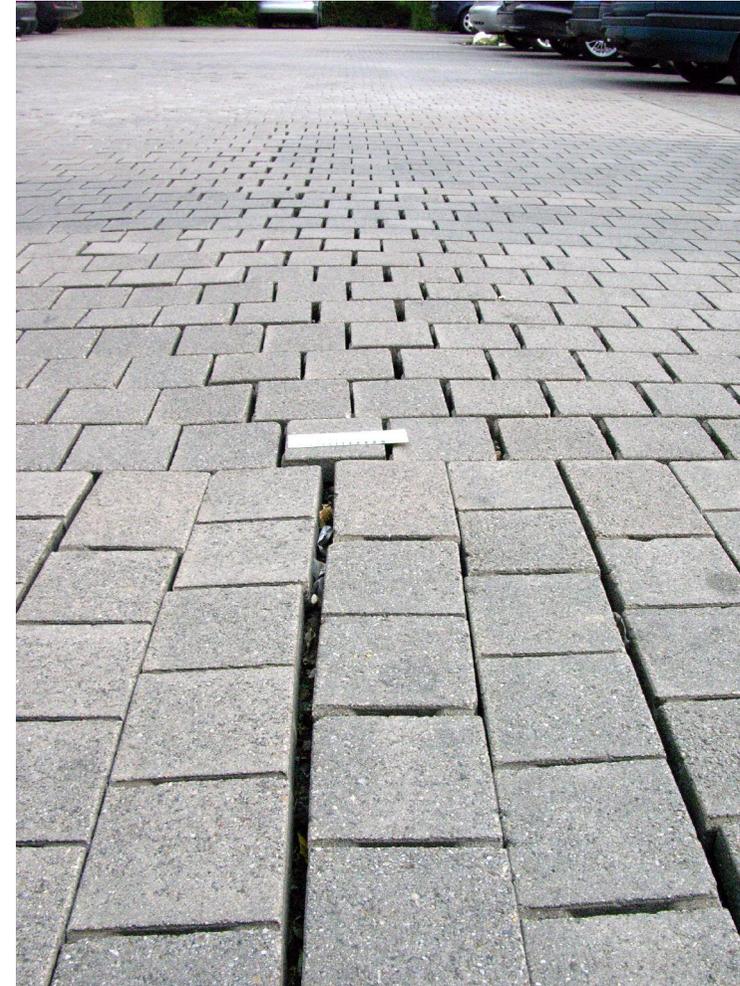


Bauschäden an Pflasterdecken Vertikale Verschiebungen



Horizontale Verschiebungen

Bauschäden an Pflasterdecken Horizontale Verschiebungen

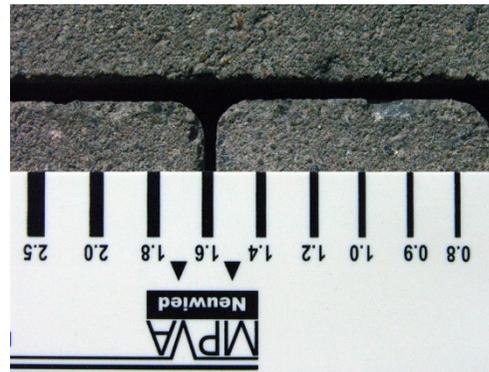


5. SLG-Fachtagung Betonpflasterbauweisen



MPVA Neuwied GmbH
Sandkauerweg 1
56564 Neuwied

Bauschäden an Pflasterdecken Horizontale Verschiebungen



5. SLG-Fachtagung Betonpflasterbauweisen



MPVA Neuwied GmbH
Sandkauerweg 1
56564 Neuwied

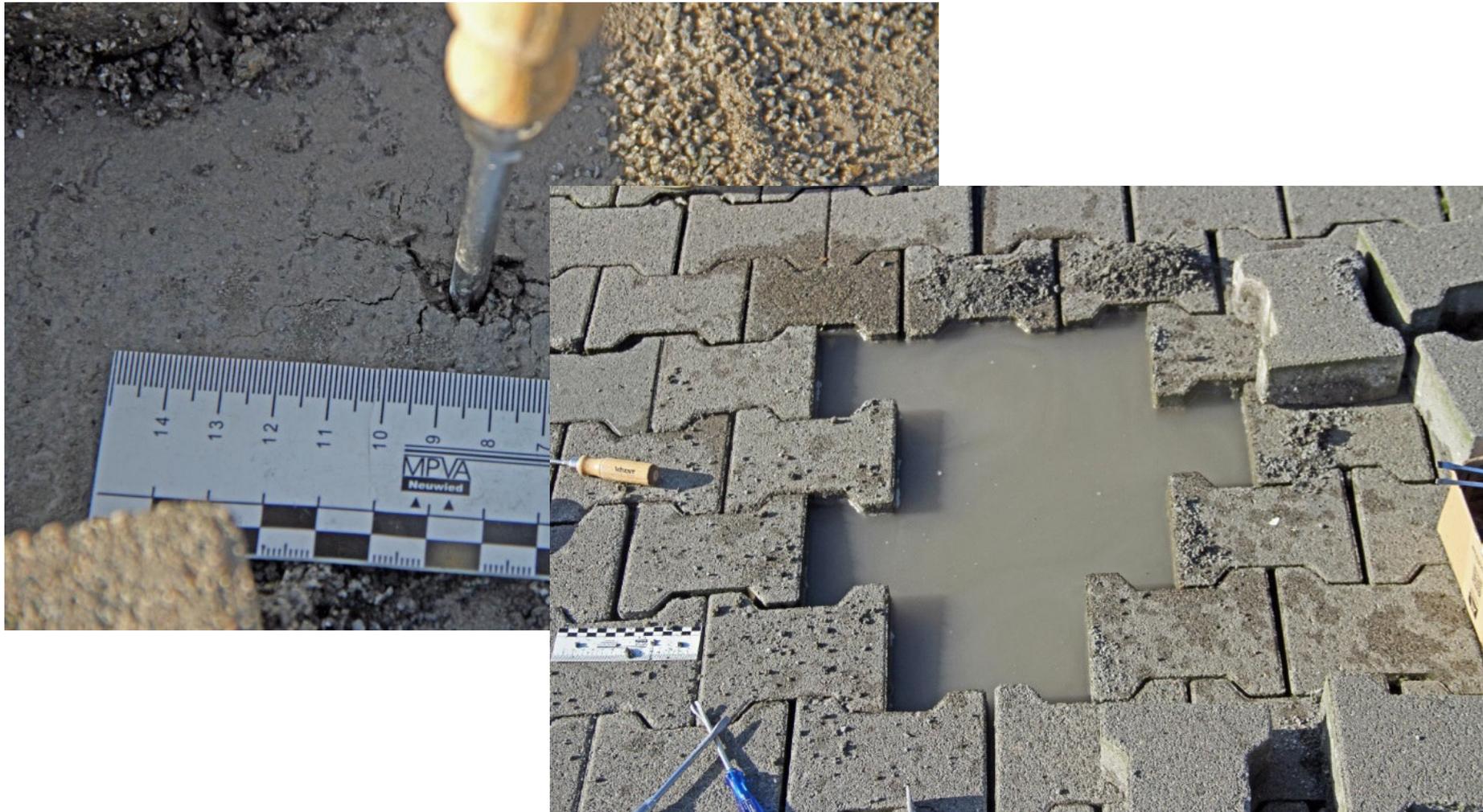
Bauschäden an Pflasterdecken

Horizontale Verschiebungen

- Horizontale Verschiebungen an Pflasterdecken werden in erster Linie durch die Pflasterdecke und die Verbundwirkung zwischen Stein, Fuge und Bettung beeinflusst



Bauschäden an Pflasterdecken Horizontale Verschiebungen



Bauschäden an Pflasterdecken Horizontale Verschiebungen



Bauschäden an Pflasterdecken Horizontale Verschiebungen



Bauschäden an Pflasterdecken

Horizontale Verschiebungen

- Das Ziel im Rahmen der Reduzierung von Horizontalverschiebungen von Pflasterdecken muss in der **guten Einbindung der Pflastersteine in die Bettung** und in einer **guten Verkrallung der Pflastersteine untereinander** liegen.



Bauschäden an Pflasterdecken

Horizontale Verschiebungen

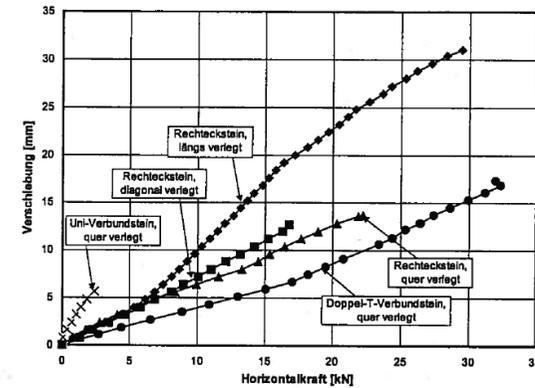
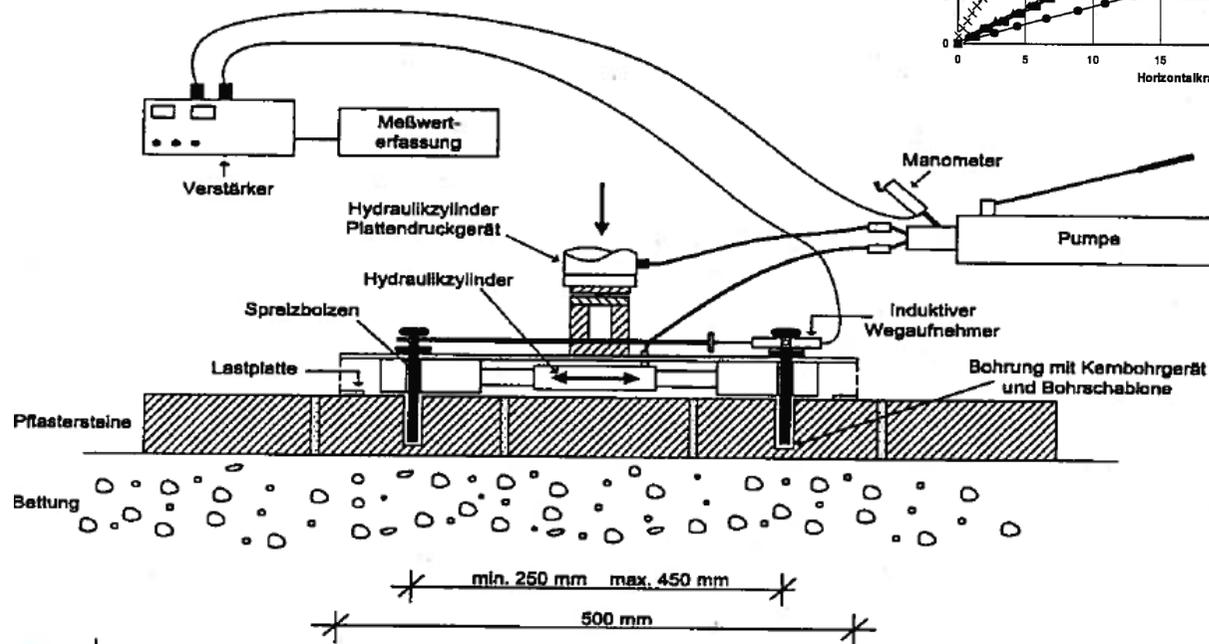


Nachweis- methoden

Bauschäden an Pflasterdecken

Abschätzung des Verschiebewiderstandes

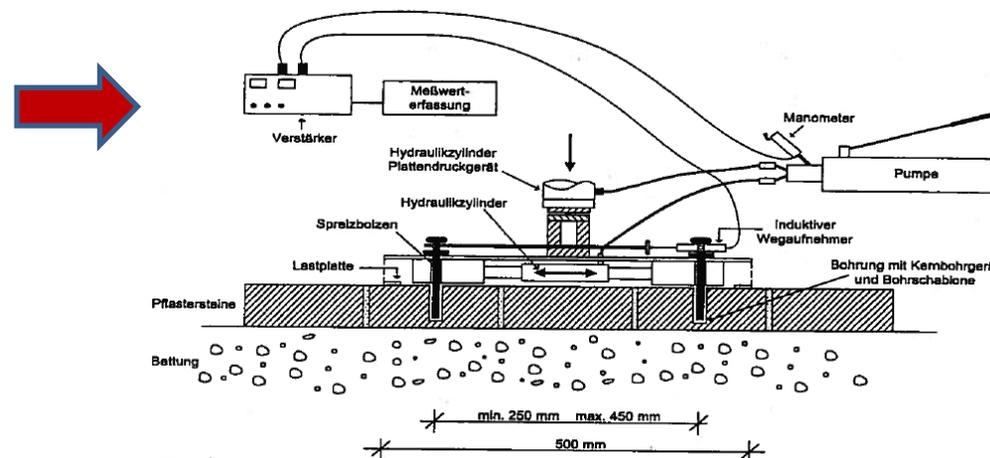
- Spreizversuche nach Leutner



Bauschäden an Pflasterdecken

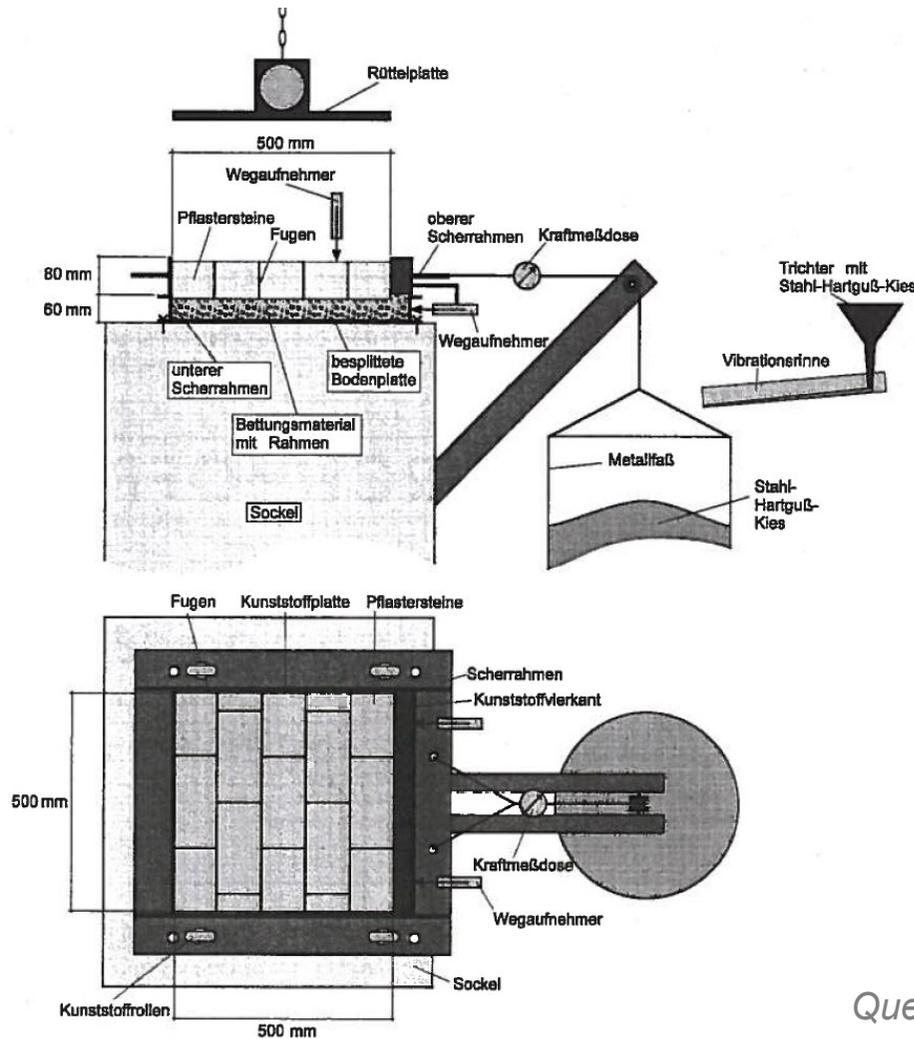
Abschätzung des Verschiebewiderstandes

- Spreizversuche nach Leutner
 - Stahlbolzen werden in zwei Pflastersteinen verankert
 - Die Kraft, die zum Auseinanderziehen dieser Bolzen erforderlich ist, wird ebenso wie die resultierende Verschiebung ermittelt
 - Es resultieren Kraft-Verschiebungskurven (große Steigung = geringer Verschiebewiderstand)

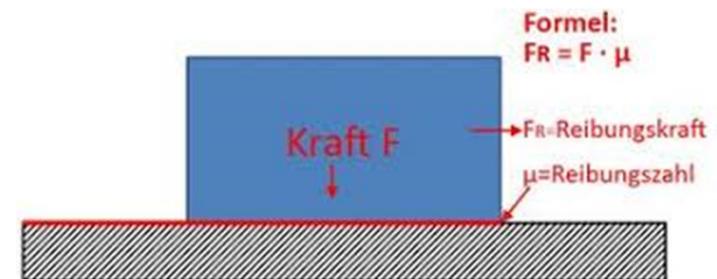


Bauschäden an Pflasterdecken

Abschätzung des Verschiebewiderstandes



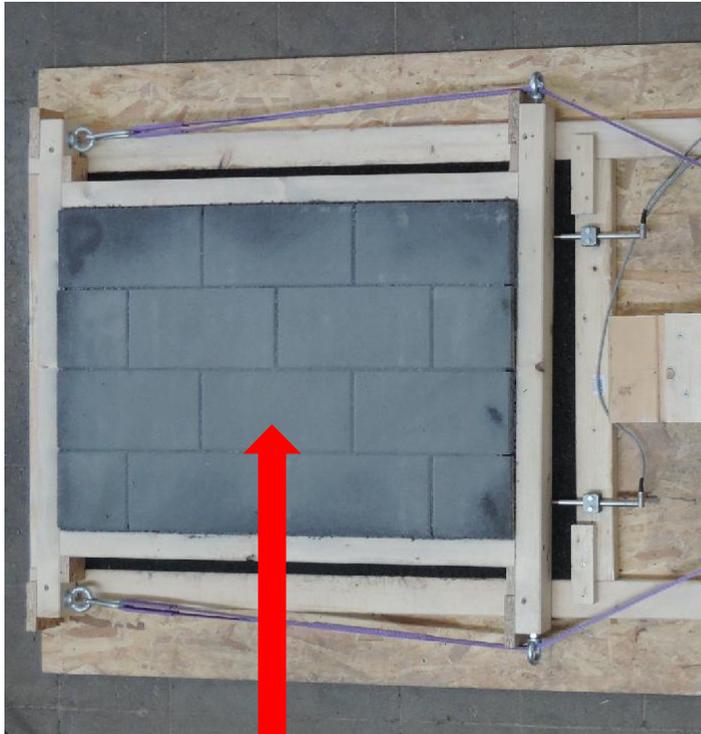
$$\mu = \frac{Gh}{Gv}$$



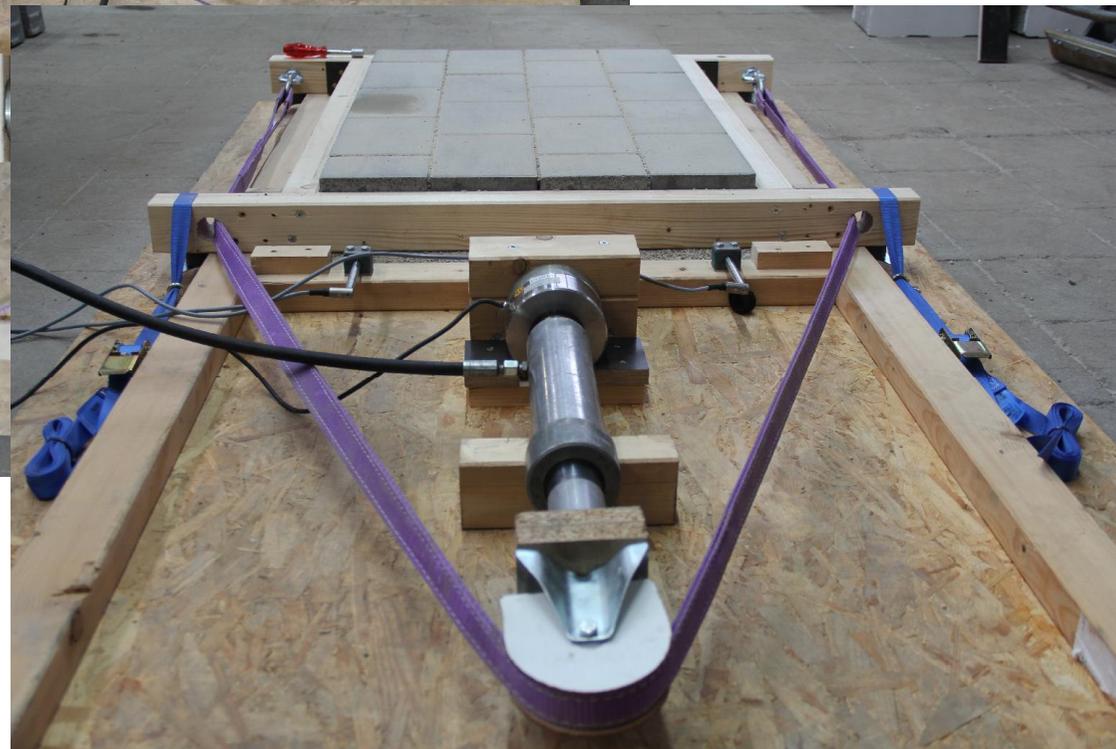
Quelle Prof. Dr.-Ing. Klaus Krass, Uni Bochum

Bauschäden an Pflasterdecken

Abschätzung des Verschiebewiderstandes

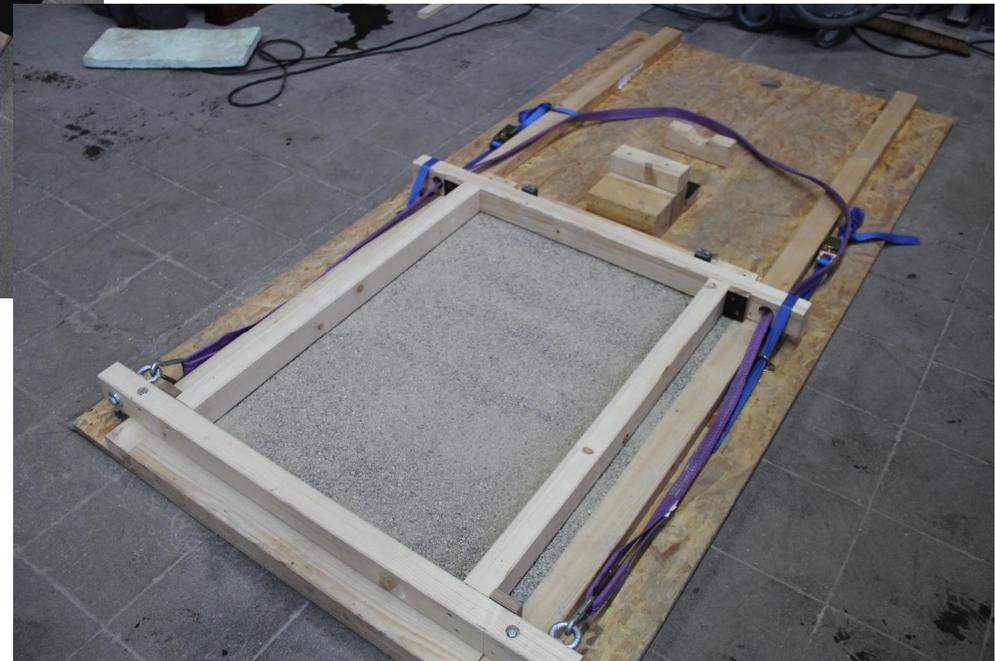


$A = 0,6 \text{ bis } 0,7 \text{ m}^2$



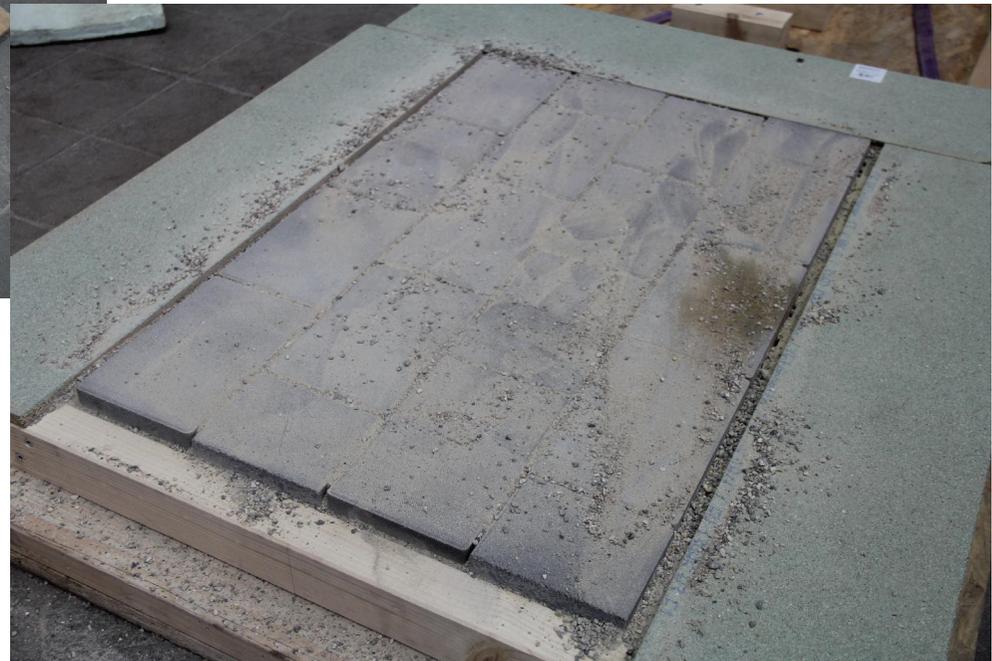
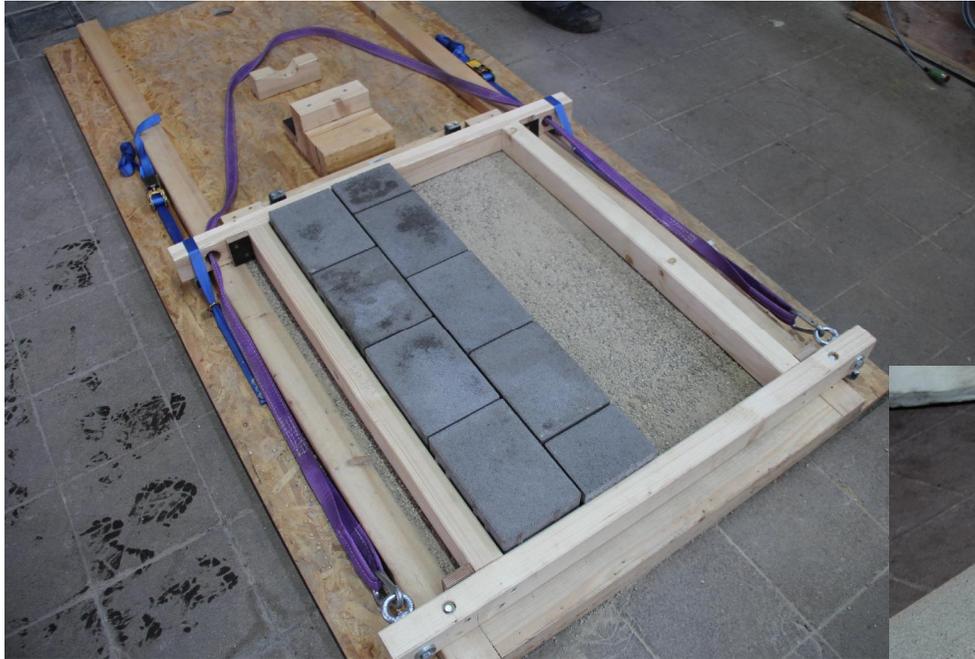
Bauschäden an Pflasterdecken

Abschätzung des Verschiebewiderstandes



Bauschäden an Pflasterdecken

Abschätzung des Verschiebewiderstandes



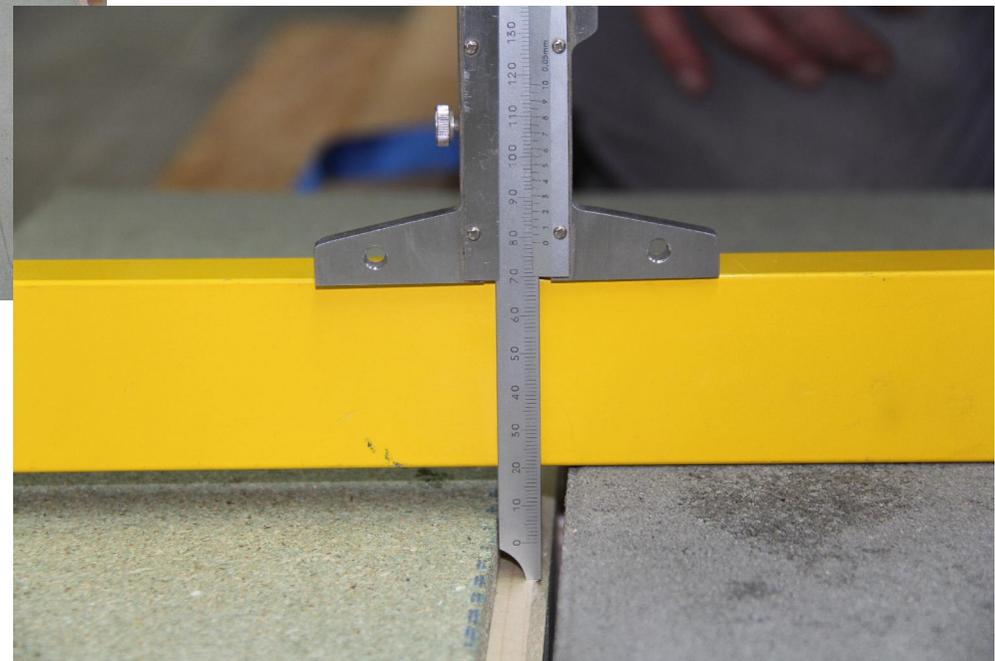
Bauschäden an Pflasterdecken

Abschätzung des Verschiebewiderstandes

- **Mögliche Variationen dieses Versuchsaufbaus**
 - Bettungsmaterial
 - Pflastersteinform / Pflastersteindicke
 - Pflastersteine mit / ohne Verschiebeschutz
 - Verschiebeschutzarten
 - Verlegebild der Pflastersteine
 - Fugenbreite
 - Fugenmaterial

Bauschäden an Pflasterdecken

Abschätzung des Verschiebewiderstandes



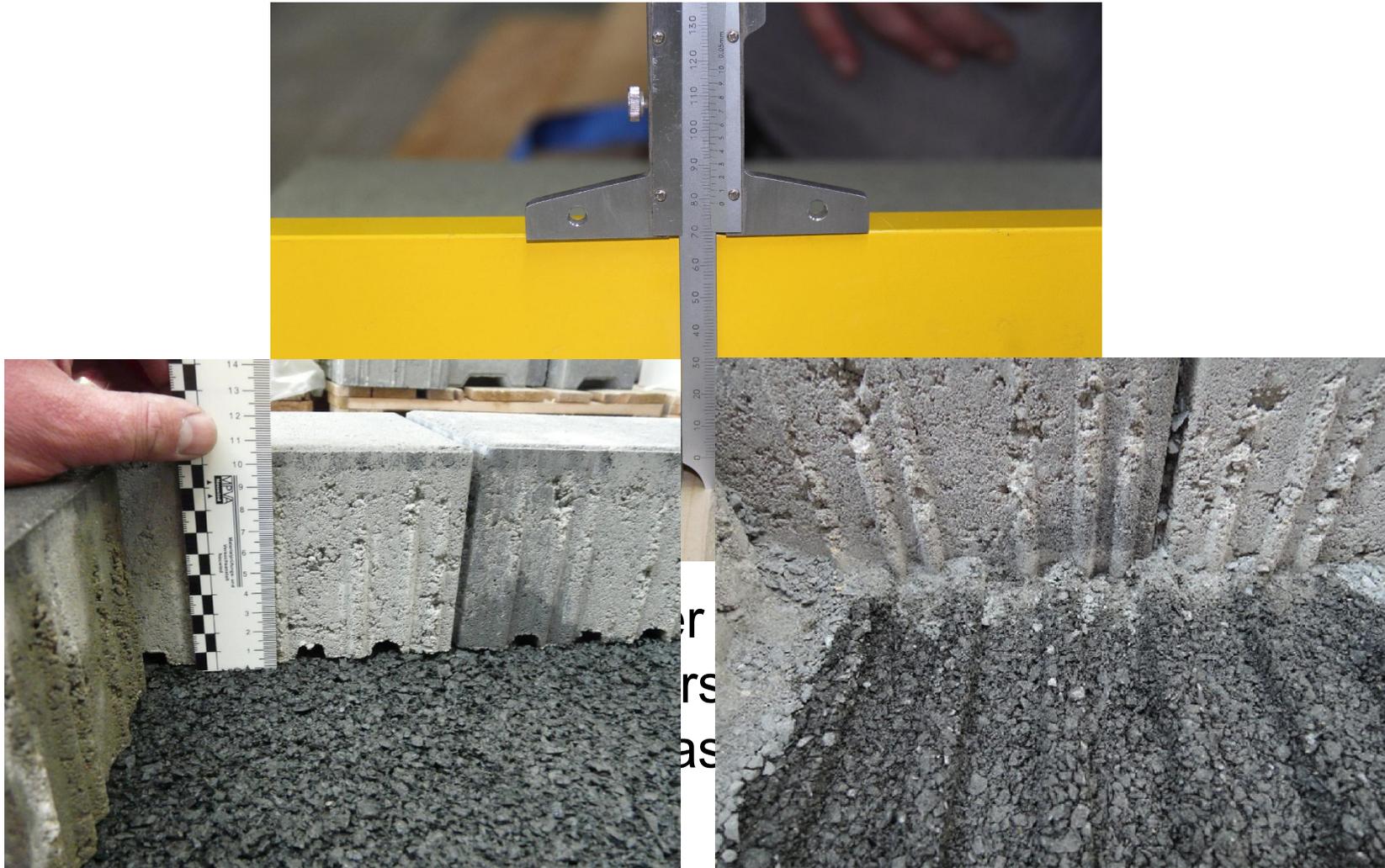
Bauschäden an Pflasterdecken

Abschätzung des Verschiebewiderstandes



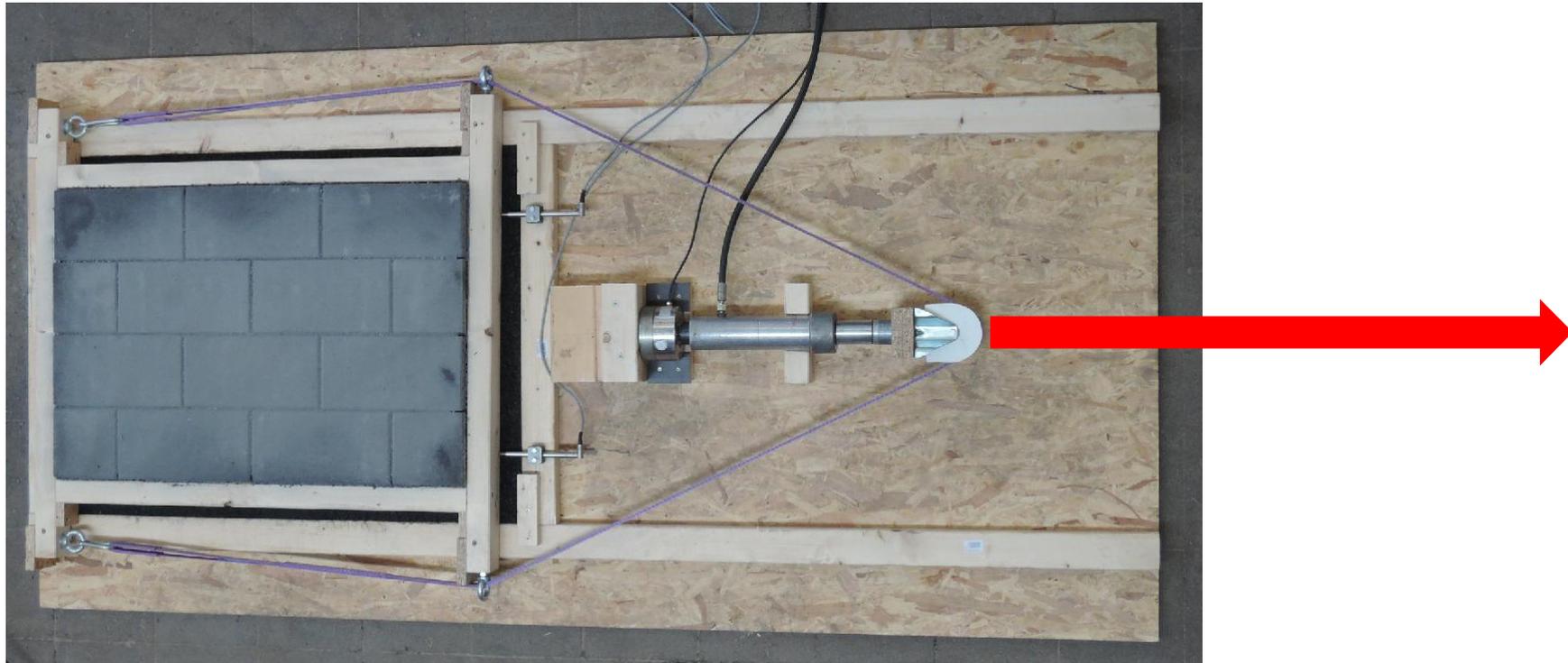
Bauschäden an Pflasterdecken

Abschätzung des Verschiebewiderstandes



Bauschäden an Pflasterdecken

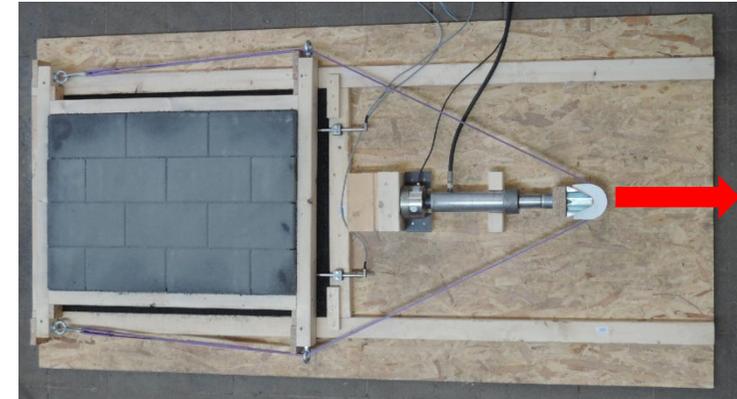
Abschätzung des Verschiebewiderstandes



Kleines Schätzspiel

Bauschäden an Pflasterdecken

Abschätzung des Verschiebewiderstandes



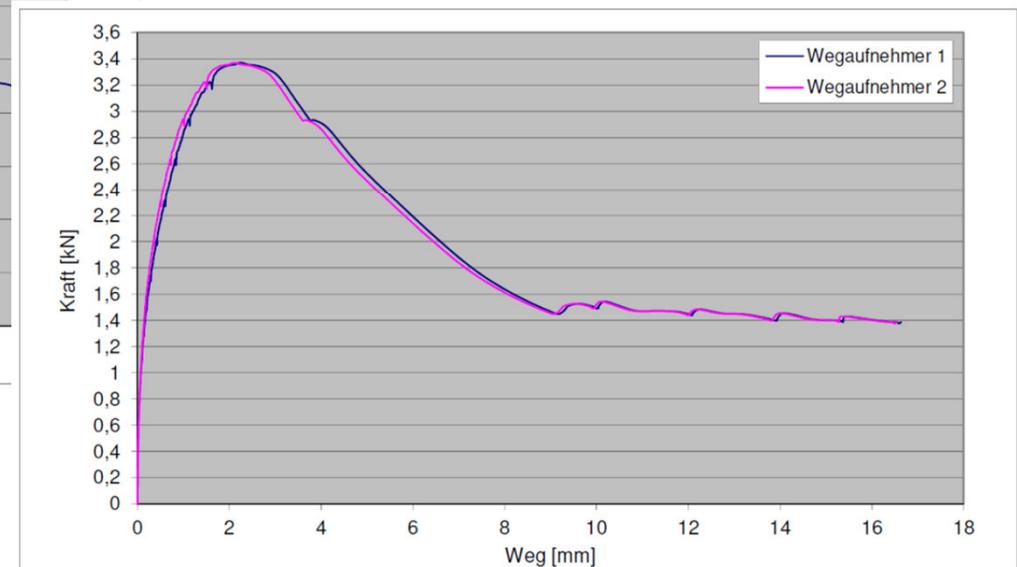
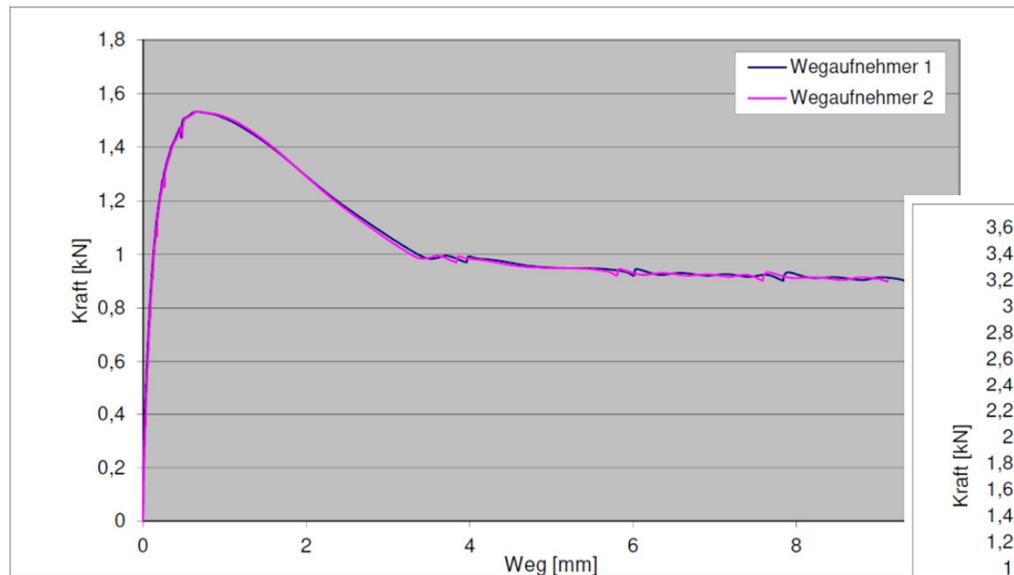
- **Verlegung im Läuferverband mit Halbversatz**

- 10er Pflaster glatt auf Rundkorn **1,50 kN** + 26%
- 10er Pflaster glatt auf gebrochenem Korn **1,90 kN** + 80%
- 10er Pflaster mit VS auf gebrochenem Korn **2,70 kN** + 100%
- 10er Pflaster mit VS auf gebrochenem Korn (*Ellbogen*) **3,00 kN**
- 14er Pflaster mit VS auf gebrochenem Korn **3,40 kN** + 127%

Bauschäden an Pflasterdecken

Abschätzung des Verschiebewiderstandes

- **Verlegung im Läuferverband mit Halbversatz**
 - 10er Pflaster glatt auf Rundkorn **1,50 kN**
 - 14er Pflaster mit VS auf gebrochenem Korn **3,40 kN**



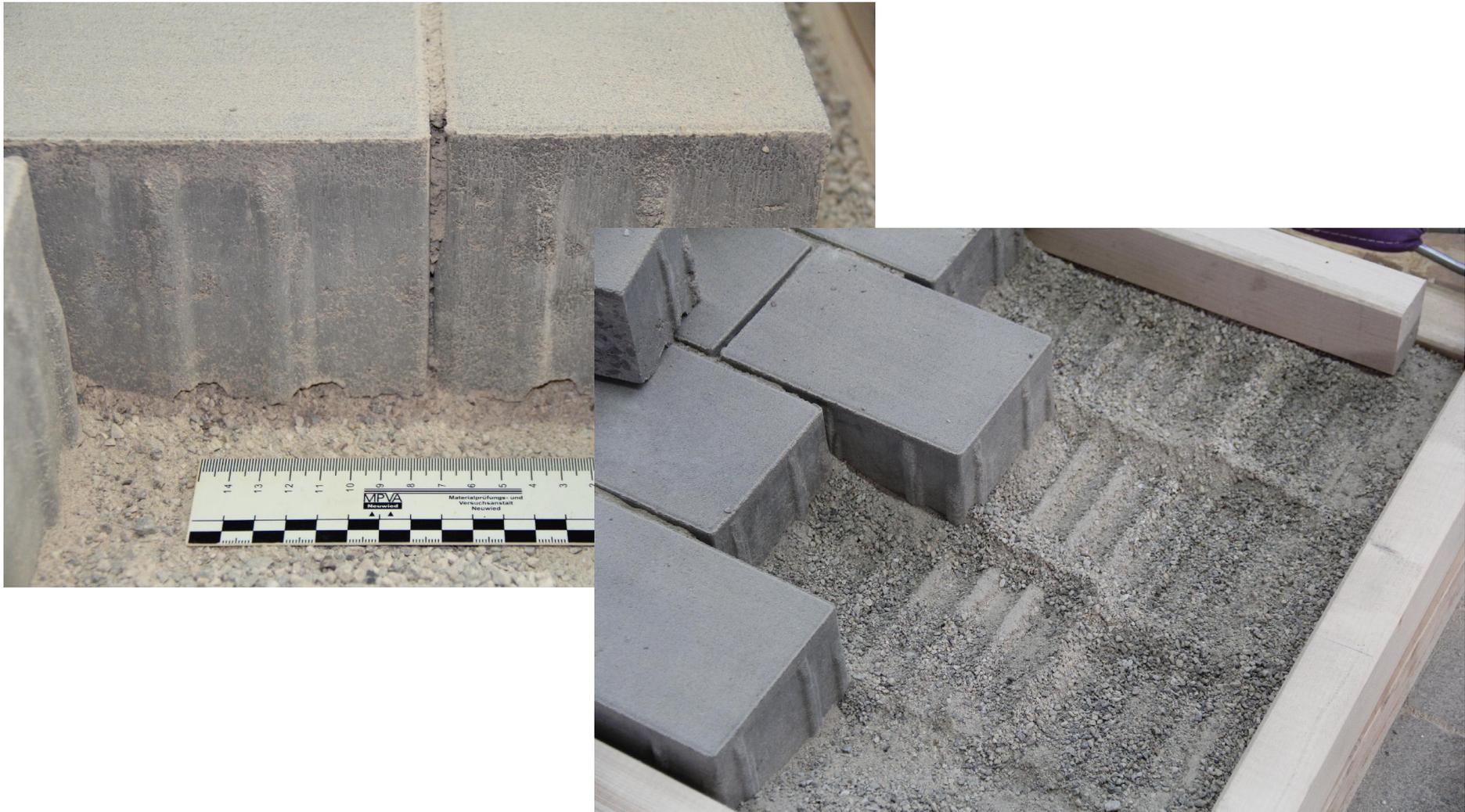
Bauschäden an Pflasterdecken

Abschätzung des Verschiebewiderstandes



Bauschäden an Pflasterdecken

Abschätzung des Verschiebewiderstandes



Bauschäden an Pflasterdecken

Einflüsse auf die Verschiebungsneigung

Erkenntnisse aus den Versuchen

- Fugenbreite: Eher geringen Einfluss
- Bettungsmaterial: Deutlicher Einfluß
- Steindicke: Sehr deutlicher Einfluß (!?)
- Verlegebild: Sehr deutlicher Einfluß
- Profilierung: Signifikanter Einfluß

Verschiebe- widerstand

Horizontale Verschiebungen

Bauschäden an Pflasterdecken

Einflüsse auf die Verschiebungsneigung

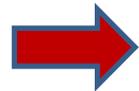
- Tragschicht**
- Die Tragschicht hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Gefahr für die Bildung von Horizontalverschiebungen



Bauschäden an Pflasterdecken

Einflüsse auf die Verschiebungsneigung

- Bettung**
- Die Verwendung von Rundkorn ist ungünstig
 - Der Verschiebewiderstand nimmt bei gebrochenen Materialien mit abnehmendem Größtkorn zu (bessere Verkrallung bei größerem Größtkorn mit den Pflastersteinen)



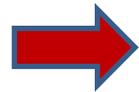
Vorsicht: Der vertikale Verschiebewiderstand wird durch ein geringeres Größtkorn im Gegensatz dazu reduziert

Deutlicher
Einfluss

Bauschäden an Pflasterdecken

Einflüsse auf die Verschiebungsneigung

- Bettung**
- Eine dickere Bettung wirkt sich günstig aus, da sich die Steine hier besser mit der Bettung verkrallen lassen
 - Demnach wirkt sich eine Vorverdichtung der Bettung ungünstig aus



Vorsicht: Eine Vorverdichtung wirkt sich aber sehr positiv auf den vertikalen Verschiebewiderstand aus

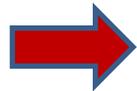
Deutlicher
Einfluss

Bauschäden an Pflasterdecken

Einflüsse auf die Verschiebungsneigung

Bettung

- Die Auswahl des geeigneten Bettungsmaterials kann entscheidend sein
→ **Marktpotential für die Hersteller (?)**
- Mit steigendem Wassergehalt der Bettung reduziert sich der Scherwiderstand, weshalb der horizontale Verschiebungswiderstand reduziert wird



Deutlicher Einfluss

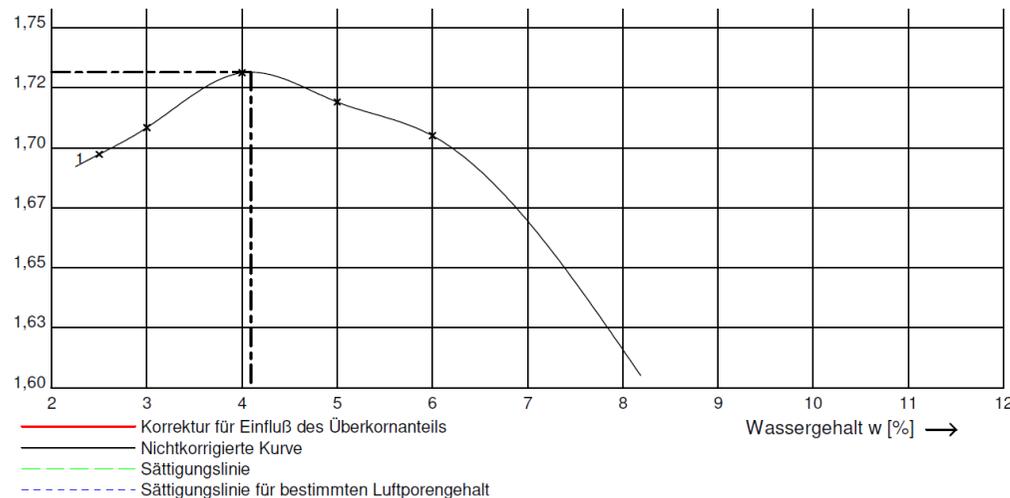
Vorsicht: Beim vertikalen Verschiebewiderstand wirkt sich der Wassergehalt über die Verdichtbarkeit des Mineralstoffgemisches aus

Bauschäden an Pflasterdecken

Einflüsse auf die Verschiebungsneigung

■ Allgemeine Anforderungen an Bettungsmaterialien nach M FP

- Die Bettung muss ausreichend verdichtbar sein (Sachgerechter Wassergehalt bei Einbau – Proctorkurve)



„Der Verleger konnte die Ausblühungen nicht sehen, da es tagelang geregnet hat !!!“

Bauschäden an Pflasterdecken

Einflüsse auf die Verschiebungsneigung

Fuge

- Gröberes Fugenmaterial wirkt sich positiv aus (Stützkorn)
- Rundkorn ist eher ungünstig, da sich dieses weniger stark an den Steinflanken verkrallt (allerdings besser verdichtbar)
- 5 mm-Fuge ist besser als 3 mm-Fuge (da sich die Bettung hier besser in die Fuge eindrückt) → Fuge = Rille

Eher geringer
Einfluss

Bauschäden an Pflasterdecken

Einflüsse auf die Verschiebungsneigung

Fuge und Fugenfüllung



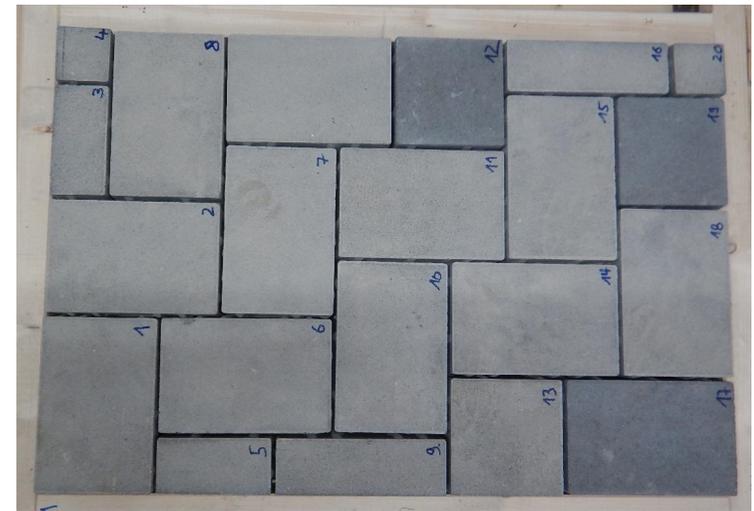
Bauschäden an Pflasterdecken

Einflüsse auf die Verschiebungsneigung

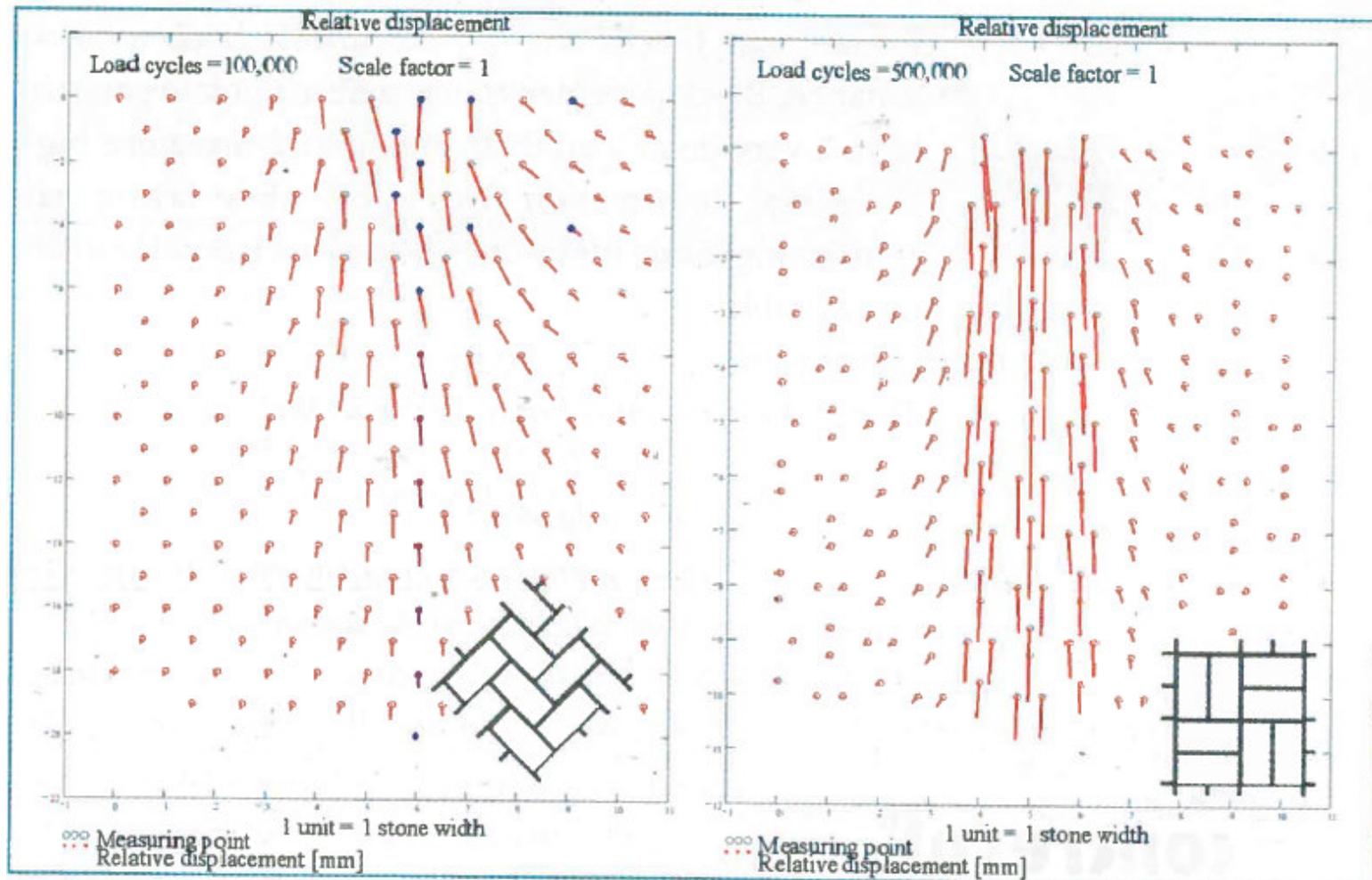
Verlegebild

- Als Verlegeverband hat sich der Fischgrät- oder Ellbogenverband bewährt, während im Läuferverband in Fahrtrichtung verlegte Steine im Regelfall „schlechter“ sind (*... und quer zur Fahrtrichtung?*)

großer Einfluss



Bauschäden an Pflasterdecken Einflüsse auf die Verschiebungsneigung



Bauschäden an Pflasterdecken

Einflüsse auf die Verschiebungsneigung

Pflaster- steindicke

- Dickere Pflastersteine haben ein höheres Eigengewicht und ermöglichen die Aufnahme größerer Horizontalkräfte
- Bei der Ermittlung des Reibungsbeiwertes wird dieser Effekt nicht sichtbar, da das Eigengewicht in die Formel eingeht.

Berechnung des Reibungsbeiwertes μ :

großer
Einfluss

$$\mu = \frac{F(\text{horizontal})}{F(\text{vertikal})}$$

Bauschäden an Pflasterdecken

Einflüsse auf die Verschiebungsneigung

Pflaster- stein

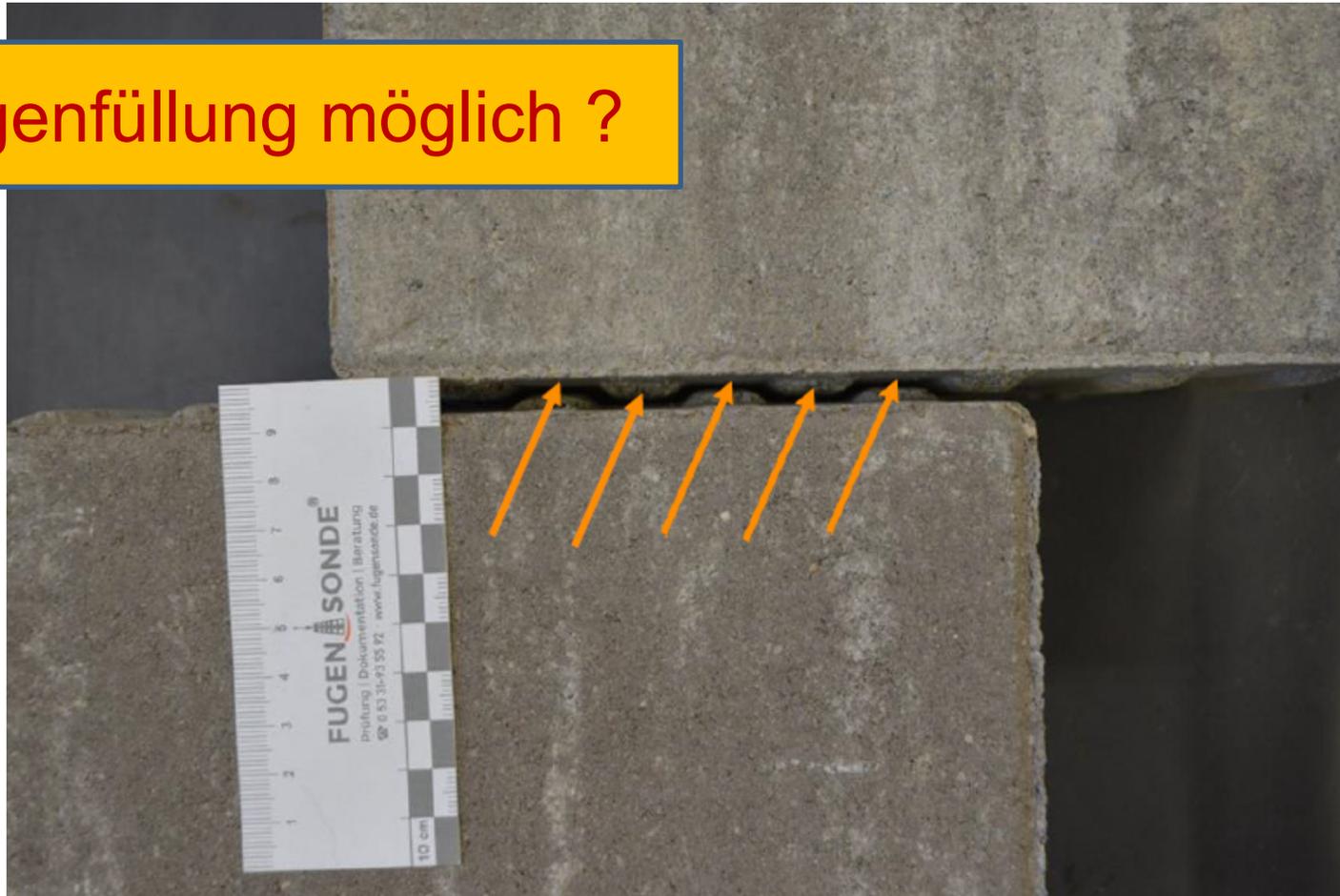
- Den deutlichsten Einfluss hat die Wahl der Pflastersteine und besonders deren unterseitige Topografie
- Verbundpflastersteine mit rauen bzw. profilierten Steinflanken oder Verzahnungen wirken sich positiv aus
- Unterseitige Rillen oder Verschiebesicherungen haben einen großen Einfluss
- Es ist sogar ein (kleiner) Unterschied zwischen kalibrierten und nicht-kalbrierten Pflastersteinen feststellbar.

Signifikanter
Einfluss

Bauschäden an Pflasterdecken

Einflüsse auf die Verschiebungsneigung

Fugenfüllung möglich ?



Quelle: Andreas Metzling (Fugensonde)

Bauschäden an Pflasterdecken

Einflüsse auf die Verschiebungsneigung



Bauschäden an Pflasterdecken

Einflüsse auf die Verschiebungsneigung

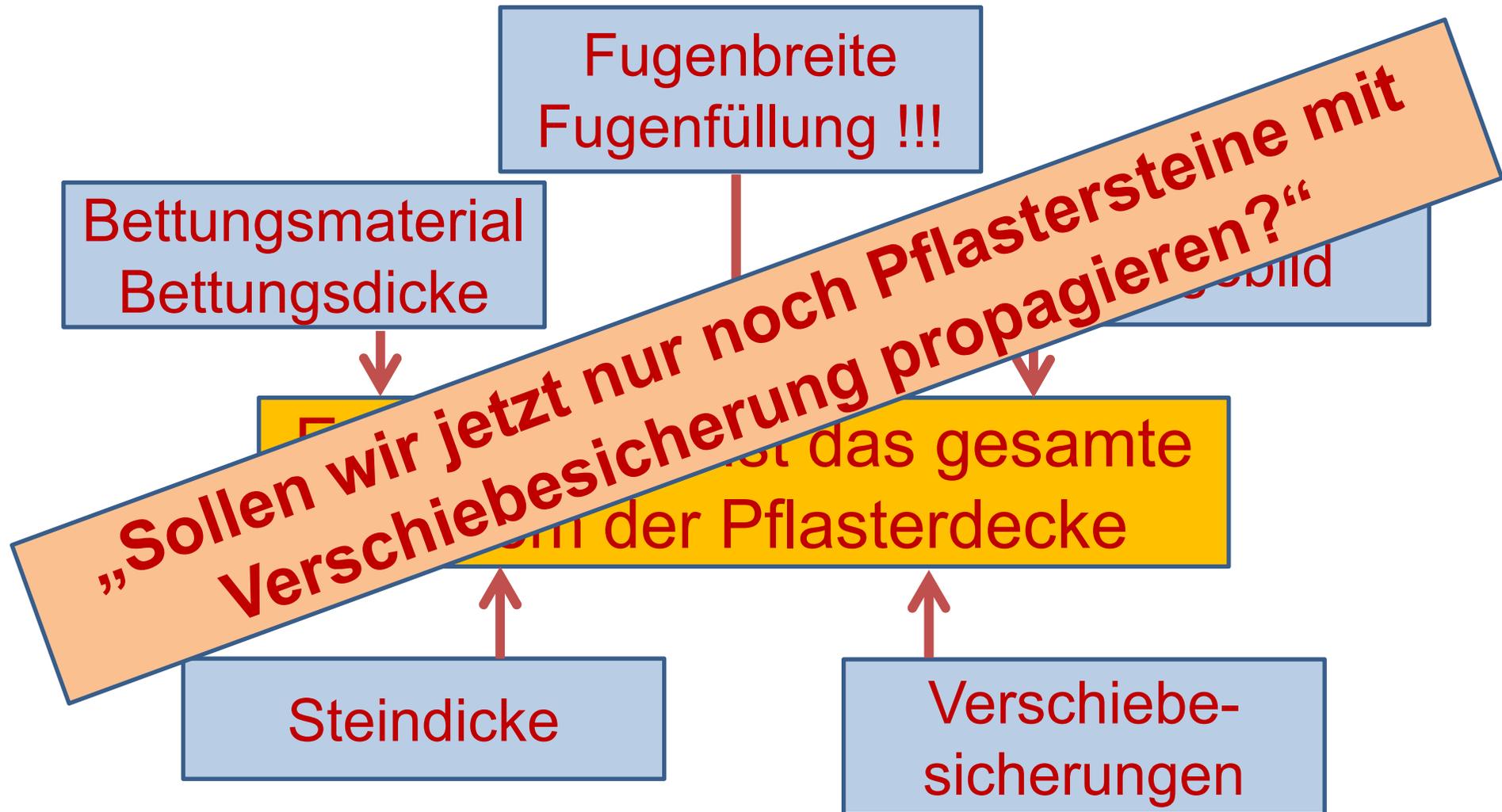
Gedanken für die Pflastersteinproduktion

- Ausführung von Rillen (Tiefe, Breite, Anzahl, Topografie, ...)?
- Ausführung alternativer Verschiebesicherungen (z. B. Bleche?)
- Lagesicherungen im Fugenbereich als Alternative?
- Eventuell quadratische Formate mit der Möglichkeit, die Rillen zu drehen?
- Liegt bei der Nutzung eine einaxiale Belastung vor?



Bauschäden an Pflasterdecken

Einflüsse auf die Verschiebungsneigung



Bauschäden an Pflasterdecken

Es geht auch so...!



Verlege- qualität

Bauschäden an Pflasterdecken

Vertikale Verschiebungen

- Was bringt ein geeigneter Pflasterstein bei nicht angepasster (maschineller) Verlegung?



Bauschäden an Pflasterdecken

Kantenschäden

- **Wartung!**



Bauschäden an Pflasterdecken

Kantenschäden

- Warum wird der Wartung so wenig Beachtung geschenkt?



Bauschäden an Pflasterdecken

Kantenschäden

Und wenn es dann doch der Stein Schuld sein soll....



Werbung 

Bauschäden an Pflasterdecken

Kantenschäden

Prüftechnischer Nachweis

Untersuchungsziele des Forschungsvorhabens waren

- Wie lassen sich materialbedingte Schäden erkennen?
- Wie viele Kantenabplatzungen sind baustofftypisch?
- Wie lässt sich die Produktion von Steinen mit hoher Kantenstabilität sicher stellen?

Werbung 

Bauschäden an Pflasterdecken

Kantenschäden

Prüftechnischer Nachweis

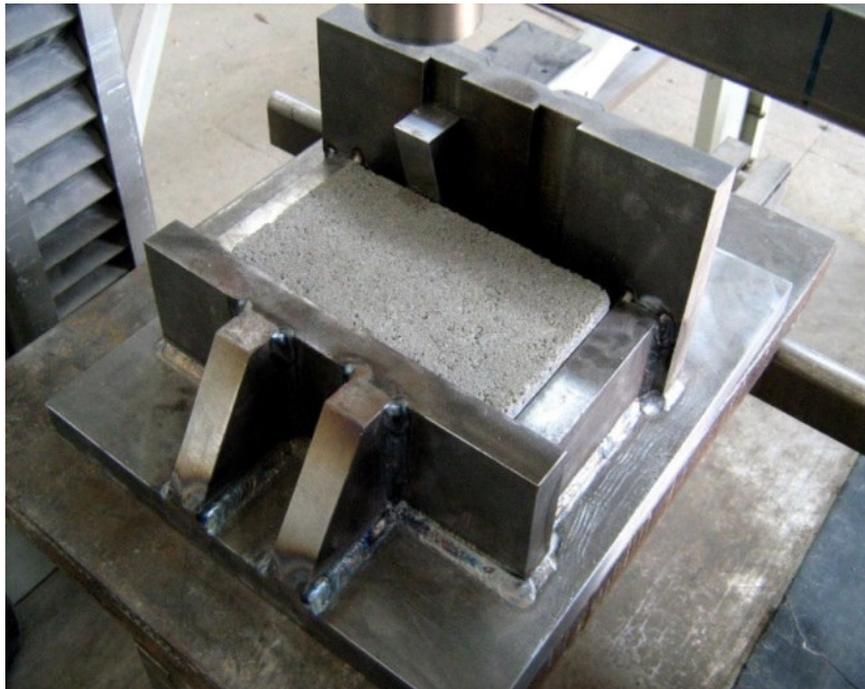
- BERDING BETON GmbH
- Betonverband Straße, Landschaft, Garten e.V.
- Betonwerk Eltersberg
- Betonwerk Lintel GmbH & Co.
- Betonwerk Godelmann
- Dyckerhoff AG
- Güteschutz Rheinland-Pfalz
- HeidelbergCement AG
- Horst Schulz Bauunternehmung GmbH
- Jakob Stockschläder GmbH & Co. KG
- KANN GmbH Baustoffwerke
- Kobra Formen GmbH
- Kronimus AG
- Lafarge Zement Wössingen GmbH
- Metten Stein + Design GmbH & Co. KG
- Meudt Betonsteinwerk GmbH
- Portlandzementwerke Wittekind Hugo Miesbach Söhne KG
- Rinn Beton- und Naturstein GmbH & Co. KG
- Schäfer & Schäfer Straßenbau GmbH & Co. KG
- Trasswerke Meurin Produktions- und Handelsgesellschaft mbH

Werbung 

Bauschäden an Pflasterdecken

Kantenschäden

Prüftechnischer Nachweis



Werbung (SM)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

