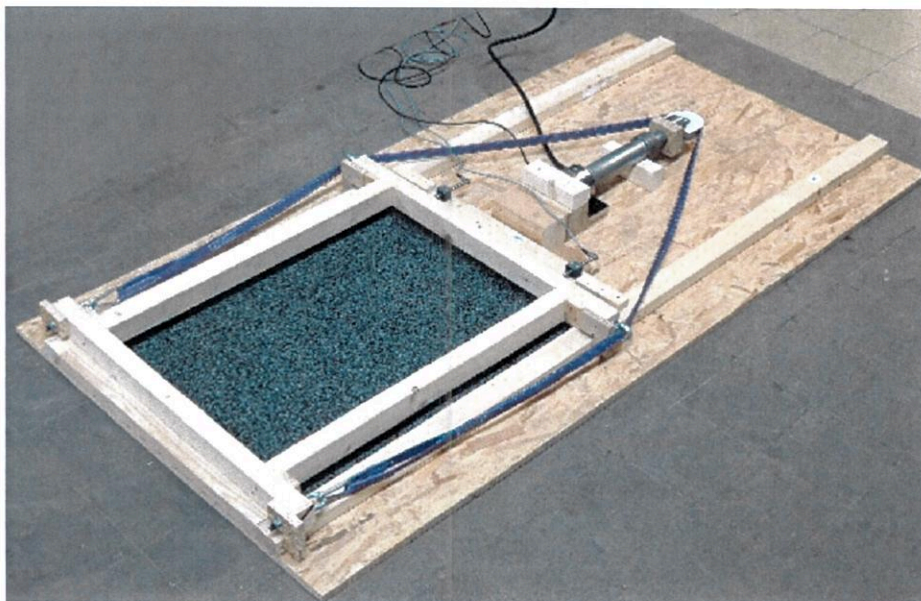




Gutachterliche Stellungnahme



Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen



Dr. rer.nat. Karl-Uwe Voß
von der Industrie- und Handelskammer zu Koblenz ö. b. u. v.
Sachverständiger für
„Analyse zementgebundener Baustoffe insb. Flächenbefestigungen aus Betonpflasterstein und Betonwaren“
☎ +49 (0) 26 31 / 39 93-23
E-Mail Voss@mpva.de

Dipl.-Min. Henning Rohowski
von der Industrie- und Handelskammer zu Koblenz ö. b. u. v.
Sachverständiger für
„Naturstein einschließlich Dachschiefer“
☎ +49 (0) 26 31 / 39 93-25
E-Mail Rohowski@mpva.de

Auftrags-Nr.: 6-16/0463/17
Auftraggeber: Kann GmbH Baustoffwerke
Bendorfer Straße
D-56170 Bendorf-Mühlhofen
Antragsdatum: 27. März 2017
Ausfertigungsdatum: 29. Mai 2017
Textseiten: 19

Dr. rer. nat. Petra Arens
von der Industrie- und Handelskammer zu Koblenz ö. b. u. v.
Sachverständige für
„Putze und Mörtel“
☎ +49 (0) 26 31 / 39 93-31
E-Mail Arens@mpva.de

B. Eng. Manuel Krautkrämer
durch die Zertifizierung Bau GmbH Berlin zertifizierter
Sachverständiger für
„Betonschäden und Betoninstandsetzung“
☎ +49 (0) 26 31 / 39 93-34
E-Mail krautkraemer@mpva.de

SACHVERSTÄNDIGE

der Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied GmbH

29.05.2017

Gutachterliche Stellungnahme 6-16/0463/17

Seite 2 von 19

Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen

0 VERZEICHNISSE

0.1 INHALTSVERZEICHNIS

1	AUFTRAGSGEGENSTAND	2
2	ORTSTERMIN UND PROBENNAHME	3
3	VERWENDETE LITERATUR	3
4	PRÜFUNGEN UND PRÜFERGEBNISSE	4
4.1	Versuchsbeschreibung	5
4.2	Verwendetes Bettungs- / Fugenmaterial	11
4.3	Verwendete Betonpflastersteine	12
4.4	Prüfungsdurchführung	15
4.5	Auswertung der Prüfergebnisse	18
5	ZUSAMMENFASSUNG	19
5.1	Abschlussbemerkung	19

1 AUFTRAGSGEGENSTAND

Mit Datum vom 27. März 2017 wurde die MPVA Neuwied GmbH von der Kann GmbH Baustoffwerke - vertreten durch Herrn Kieffer - mit der Ausarbeitung einer gutachterlichen Stellungnahme zum Einfluss einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen im AG-seitig vorgegebenen Verlegemuster beauftragt.

Das Ziel dieser Untersuchungen bestand darin, anhand vergleichender Versuche den Einfluss der unterseitigen Profilierung der Pflastersteine im Rahmen von Verschiebeversuchen zu ermitteln. Hierzu wurde in gemeinsamer Abstimmung ein Versuchsaufbau entwickelt, der die Einbausituation vor Ort möglichst realistisch abbildet, aber auch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ermöglicht.

Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen

2 ORTSTERMIN UND PROBENNAHME

Es fand kein Ortstermin mit Vertretern der MPVA Neuwied statt. Die Pflastersteine wurden am 13. April 2017 (Planolith KANNtec16 – 32/16/8 ohne Rillen) bzw. am 20. April 2017 (Planolith KANNtec16 – 32/16/10,8 mit Rillen) durch den Auftraggeber in die MPVA Neuwied GmbH eingeliefert. Die Verlegung sollte im AG-seitig vorgegebenen Verlegemuster (Läuferverband mit Halbversatz) erfolgen.

Die Durchführung der Versuche sollte unter Verwendung eines durch die MPVA Neuwied GmbH zu stellenden Basaltsplitts 0/5 als Bettungs- und Fugenmaterial erfolgen.

3 VERWENDETE LITERATUR

Dem Unterzeichner lagen folgende Unterlagen bei der Bearbeitung dieser gutachterlichen Stellungnahme vor:

- [L 1] „Dauerhafte Verkehrsflächen mit Betonpflastersteinen - Richtig planen und ausführen“ des Betonverbandes Straße, Landschaft, Garten e. V. (SLG)
(Fassung Juni 2014);
- [L 2] **DIN EN 1338** „Pflastersteine aus Beton - Anforderungen und Prüfverfahren“ (Fassung August 2003);
- [L 3] **E DIN EN 1338** „Pflastersteine aus Beton - Anforderungen und Prüfverfahren“ (Fassung August 2010);
- [L 4] **DIN EN 933-1** „Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 1: Bestimmung der Korngrößenverteilung – Siebverfahren“ (Fassung März 2012).

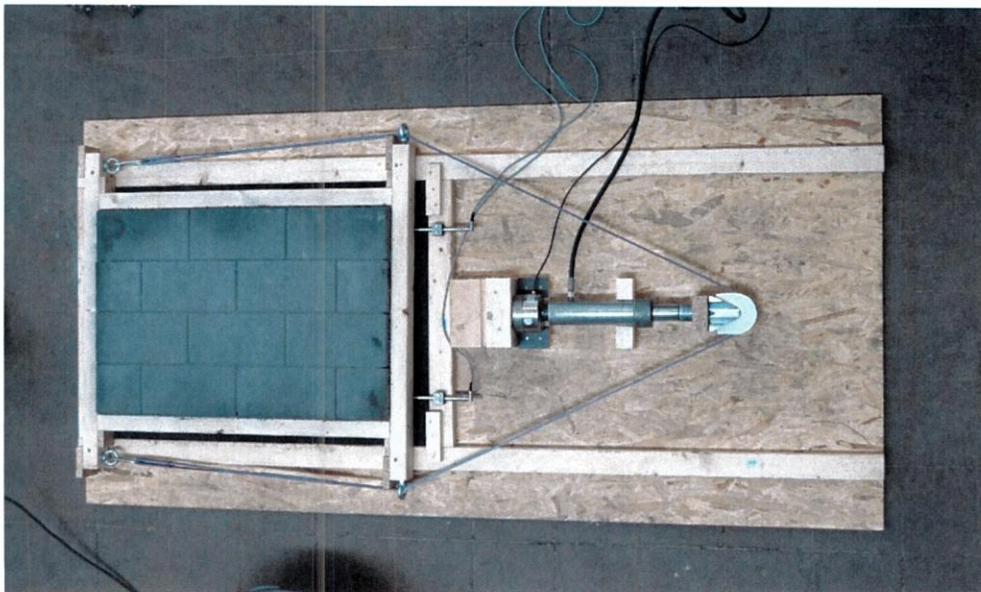
Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen

4 PRÜFUNGEN UND PRÜFERGEBNISSE

Grundprinzip der Versuche war das Herstellen einer verschiebbaren Pflasterfläche einschließlich der Fugenfüllung und Verdichtung mittels Rüttelplatte auf einer fixierten Bettungsfläche.

Der für diese Anforderungen entwickelte Versuchsaufbau ist so ausgelegt, dass eine kontrollierte Lasteinleitung ebenso möglich ist, wie die Aufzeichnung der horizontalen Verschiebung der Pflasterfläche gegenüber der fixierten Bettungsfläche. Der Versuchsaufbau ist in dem nachfolgenden Bild 1 dargestellt.

Bild 1: Versuchsaufbau



Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen

4.1 Versuchsbeschreibung

Für die Bestimmung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand der Pflastersteine im Versuch wurden

- im Format 320 / 160 mm insgesamt 10 Steine;
- im Format 160 / 160 mm (zugeschnitten) insgesamt 4 Steine

in einen oberen Prüfrahmen (nachfolgend Pflasterrahmen genannt) mit den Innenabmessungen 96,3 cm x 64,3 cm auf eine ca. 5 cm starke Pflasterbettung aus Basaltsplitt 0/5 mm eingebaut. Die Pflasterbettung wurde in einen unteren Prüfrahmen (nachfolgend Bettungsrahmen genannt) mit den Innenabmessungen 110,0 cm x 80,0 cm eingefüllt. Der Boden des Bettungsrahmens war im Vorfeld mit einem geeigneten Kleber vollflächig bestrichen und anschließend mit dem Basaltsplitt 0/5 bestreut worden.

Die Widerlager der Lasteinleitung und die Wegaufnehmer waren ebenfalls an dem Bettungsrahmen angeordnet.

Bild 2: „Besandeter“ Boden des Bettungsrahmens



Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen

Bild 3: Verlegefläche



Die Fugenbreite zwischen den Betonpflastersteinen betrug gemäß auftraggeberseitiger Vorgabe generell ca. 5 mm zwischen den sichtbaren Steinflanken und ca. 4 mm zwischen den Betonpflastersteinen und dem Pflasterrahmen. Die Verfüllung der Fugenerfolgte vor dem Abrütteln auftragsgemäß ebenfalls mit einem Basaltsplitt 0/5.

Die Fugenbreiten zwischen den sichtbaren Steinkanten sind in den nachfolgenden Bildern 4 und 5 dargestellt.

Nach dem Verfugen wurde die Fläche 60 sec. lang mit einer Rüttelplatte (11 kN Rüttelenergie, 53 kg Eigengewicht) kreuzweise abgerüttelt. Vor und nach der Verdichtung wurde der Höhenunterschied zwischen Pflasterrahmen und Pflastersteinoberfläche an vier Stellen gemessen und hieraus die erreichte Verdichtung berechnet. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Während dieser Arbeitsschritte waren der Pflasterrahmen und der Bettungsrahmen miteinander verschraubt.

Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen

Bild 4: Ausbildung der Fugen ohne Fugenfüllung

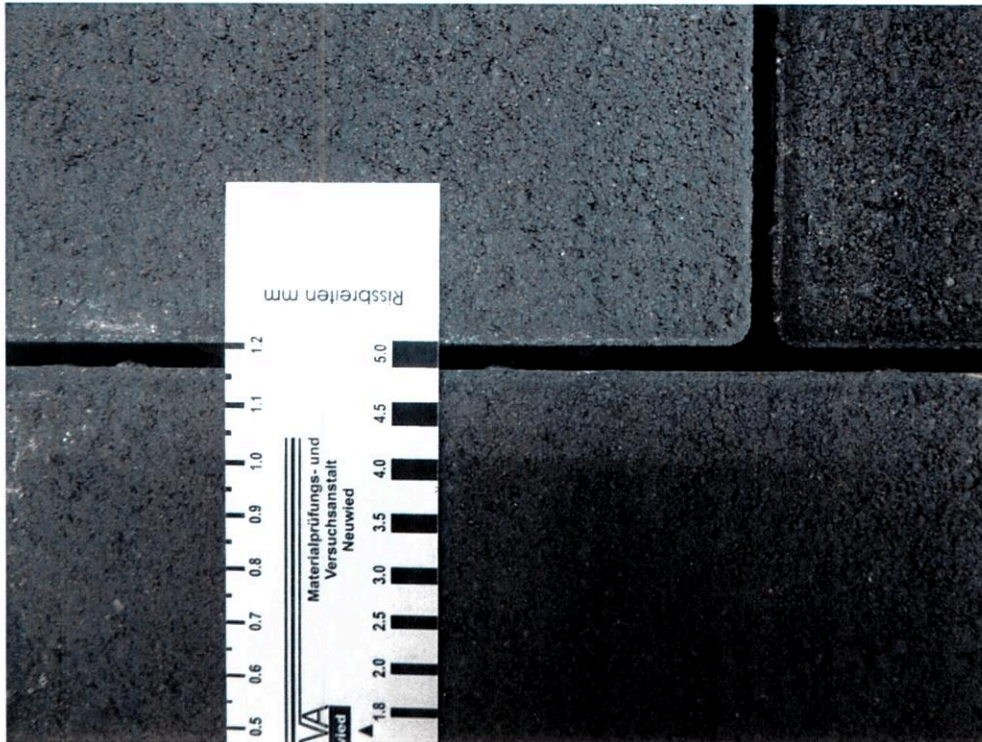
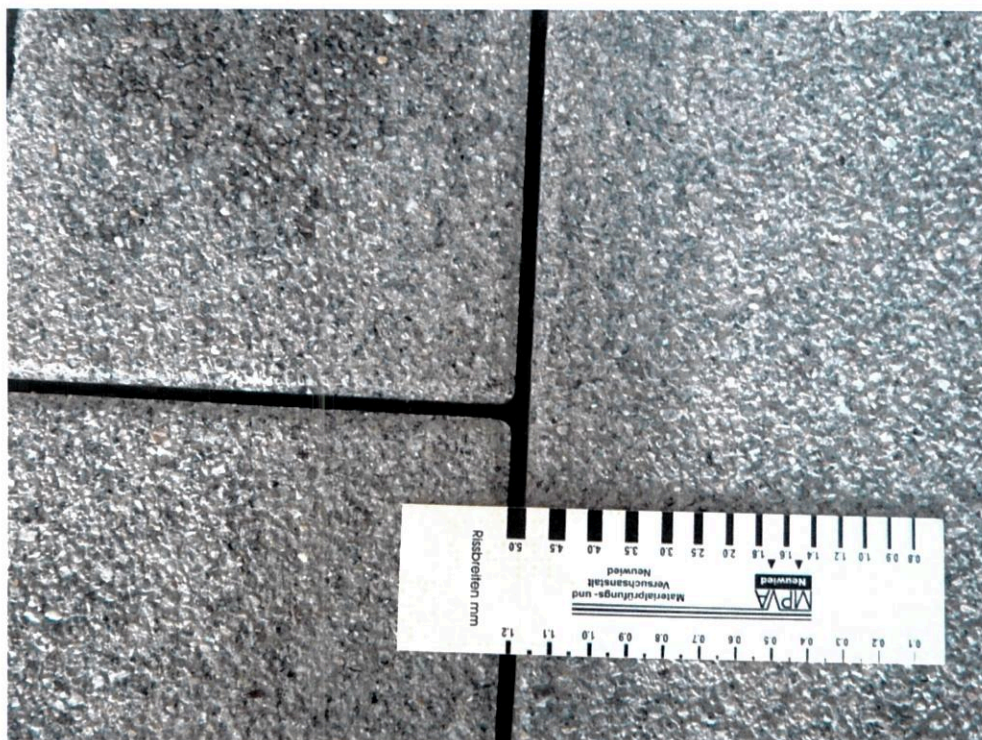


Bild 5: Ausbildung der Fugen ohne Fugenfüllung



SACHVERSTÄNDIGE

der Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied GmbH

29.05.2017

Gutachterliche Stellungnahme 6-16/0463/17

Seite 8 von 19

Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen

Tabelle 1: Ermittlung der Verdichtung infolge des Abrüttelns – Versuch 1 mit Rille

Versuch 1 mit Rille	Gemessene Höhendifferenz zwischen Pflasterahmen und Pflastersteinoberfläche [mm]			
	Messstelle 1	Messstelle 2	Messstelle 3	Messstelle 4
Stichmaß vor Verdichtung	33	30	34	34
Stichmaß nach Verdichtung	24	23	24	23
Differenz	9	7	10	11
Mittelwert	11			

Tabelle 2: Ermittlung der Verdichtung infolge des Abrüttelns – Versuch 2 mit Rille

Versuch 2 mit Rille	Gemessene Höhendifferenz zwischen Pflasterahmen und Pflastersteinoberfläche [mm]			
	Messstelle 1	Messstelle 2	Messstelle 3	Messstelle 4
Stichmaß vor Verdichtung	31	32	33	34
Stichmaß nach Verdichtung	23	24	25	22
Differenz	8	8	8	12
Mittelwert	12			

SACHVERSTÄNDIGE

der Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied GmbH

29.05.2017

Gutachterliche Stellungnahme 6-16/0463/17

Seite 9 von 19

Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen

Tabelle 3: Ermittlung der Verdichtung infolge des Abrüttelns – Versuch 3 ohne Rille

Versuch 3 ohne Rille	Gemessene Höhendifferenz zwischen Pflasterrahmen und Pflastersteinoberfläche [mm]			
	Messstelle 1	Messstelle 2	Messstelle 3	Messstelle 4
Stichmaß vor Verdichtung	2	3	3	2
Stichmaß nach Verdichtung	-3	-2	-3	-4
Differenz	5	5	6	6
Mittelwert	6			

Tabelle 4: Ermittlung der Verdichtung infolge des Abrüttelns – Versuch 4 ohne Rille

Versuch 4 ohne Rille	Gemessene Höhendifferenz zwischen Pflasterrahmen und Pflastersteinoberfläche [mm]			
	Messstelle 1	Messstelle 2	Messstelle 3	Messstelle 4
Stichmaß vor Verdichtung	4	3	2	3
Stichmaß nach Verdichtung	-4	-2	-3	-4
Differenz	8	5	5	7
Mittelwert	8			

Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen

Nach dem Lösen der Verschraubungen zwischen Pflasterrahmen und Bettungsrahmen erfolgte die horizontale Lasteinleitung in den Pflasterrahmen anschließend mittels eines Druckkolbens. Die horizontale Verschiebung wurde mittels Wegaufnehmern an zwei Stellen erfasst.

Bild 6: Wegaufnehmer am Pflasterrahmen



Bild 7: Wegaufnehmer am Pflasterrahmen



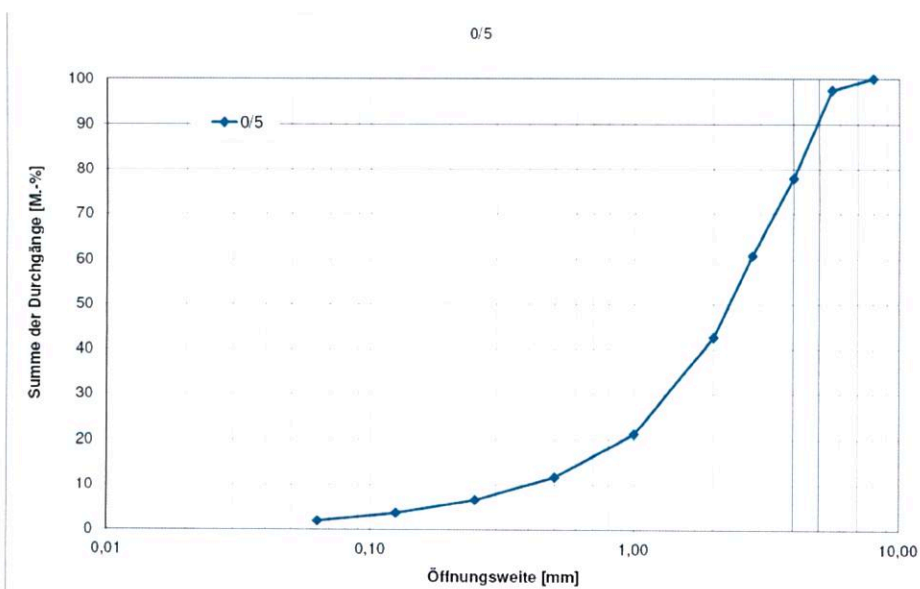
Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen

4.2 Verwendetes Bettungs- / Fugenmaterial

Bei dem verwendenden Bettungsmaterial handelt es sich um einen Basaltsplitt 0/5 mm. Vor der Durchführung der Versuche wurde an einer Teilmenge dieses Bettungsmaterials dessen Sieblinie bestimmt.

Tabelle 1: Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN EN 933-1

Probe Nr. 6-16/0463/17					
Sieb Öffnungsweite [mm]	Siebung	Masse des Rückstandes (R _i) [g]	Anteil des Rückstandes		Summe der Durchgänge [%]
			(R _i /M ₁)*100 [%]		
Auffangschale	P	31.0	0.0310	2.0	0
0.063	R ₁	27.3	0.0273	1.7	2,0
0.125	R ₂	45.1	0.0451	2.9	4
0.25	R ₃	79.7	0.0797	5.1	7
0.5	R ₄	150.6	0.1506	9.6	12
1	R ₅	335.7	0.3357	21.4	21
2	R ₆	285.5	0.2855	18.2	43
2.8	R ₇	268.8	0.2688	17.1	61
4	R ₈	307.7	0.3077	19.6	78
5.6	R ₉	38.7	0.0387	2.5	98
8	R ₁₀	0.0	0.0000	0.0	100
11.2	R ₁₁	0.0	0.0000	0.0	100
Summe R _i + P		1570.1	1.5701	100,00	
Gesamtrockenmasse	M ₁	1572.1	1.5721		
Trockenmasse des Rückstandes auf dem 63 µm Sieb	M ₂	1572.1	1.5721		
Siebverlust [%]		0.1			
Feinanteile [%]	f	2.0			



Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen

4.3 Verwendete Betonpflastersteine

Bei den für die Versuche zu verwendenden Pflastersteinen handelt es sich um gefügedichte Pflastersteine nach DIN EN 1338 [L 2] im Format 32 / 16 cm. Während die Pflastersteine Planolith KANNtec16 – 32/16/8 ohne unterseitige Rillen hergestellt wurden, weisen die Pflastersteine Planolith KANNtec16 – 32/16/10,8 unterseitig einachsrig orientierte Rillen auf.

Tabelle 5: Erfassung der Pflastersteine Planolith KANNtec16 – 32/16/8

Probe	Beschreibung der Pflastersteine				
	Länge [mm]	Breite [mm]	Dicke [mm]	Masse [kg]	Beschreibung
Planolith KANNtec16 – 32/16/8	315	155	80	8,84	Die Pflastersteine sind unterseitig glatt

Die Pflastersteine sind in den nachfolgenden Bildern 8 und 9 dargestellt.

Tabelle 6: Erfassung der Pflastersteine Planolith KANNtec16 – 32/16/10,8

Probe	Beschreibung der Pflastersteine				
	Länge [mm]	Breite [mm]	Dicke [mm]	Masse [kg]	Beschreibung
Planolith KANNtec16 – 32/16/10,8	315	155	108	12,12	Die Pflastersteine weisen unterseitig insgesamt 7 Längsrillen mit einer Breite von 14 mm und einer Tiefe von 8 mm auf

Die Pflastersteine sind in den nachfolgenden Bildern 10 und 11 dargestellt.

Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen

Bild 8: Planolith KANNtec16 – 32/16/8 ohne Rillen - Oberseite



Bild 9: Planolith KANNtec16 – 32/16/8 ohne Rillen - Unterseite

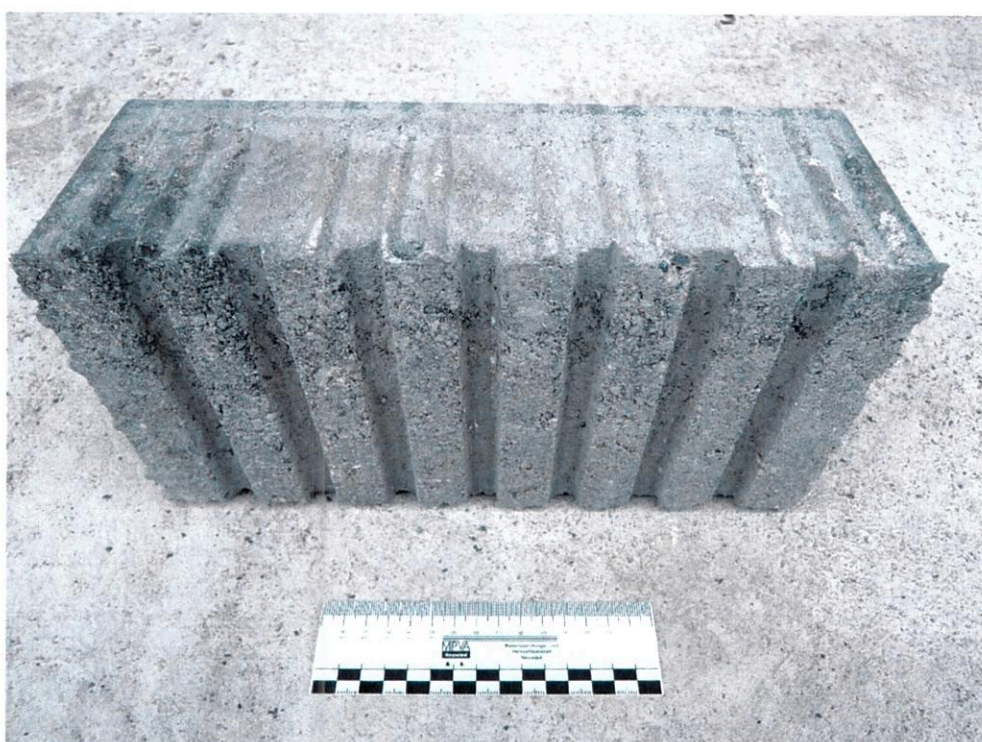


Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen

Bild 10: Planolith KANNtec16 – 32/16/10,8 mit Rillen - Oberseite



Bild 11: Planolith KANNtec16 – 32/16/10,8 mit Rillen - Unterseite



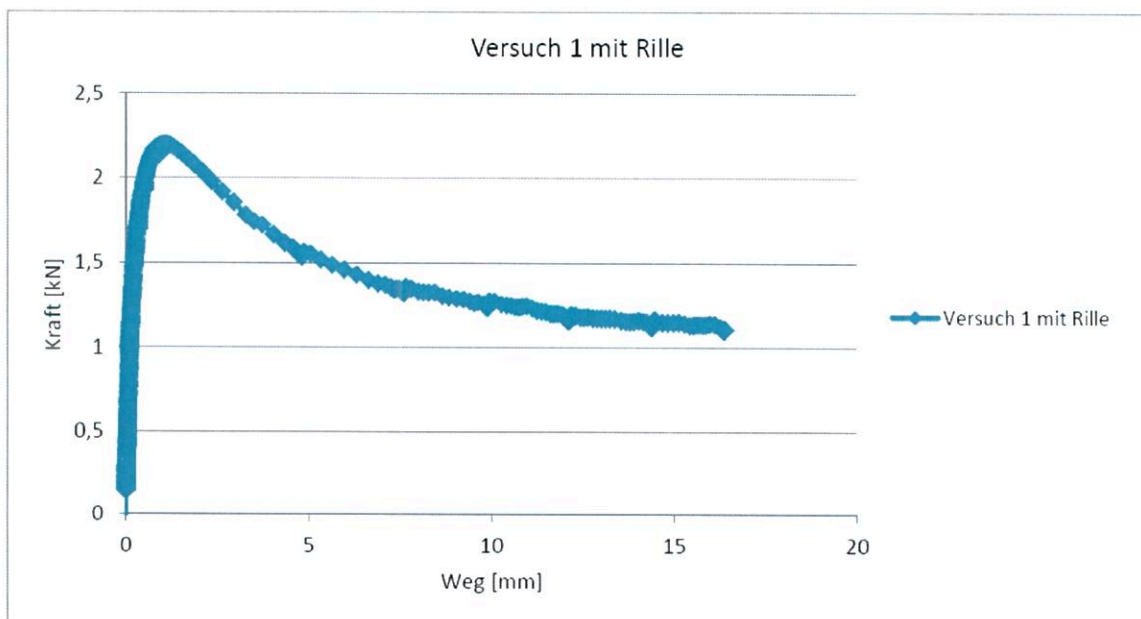
Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen

4.4 Prüfungsdurchführung

Die Prüfungsdurchführung erfolgt an jeder Pflastersteinart zweimal. Für jeden Versuch wurde der gesamte Prüfaufbau neu erstellt und auch jeweils neue Materialien für die Bettung und Fugenfüllung verwendet. Die Lasteinleitung erfolgte mittels Druckkolben bei konstanter Lastzunahme. Bei Erreichen einer horizontalen Verschiebung von mind. 15 mm wurde der Versuch beendet.

Die bei den Versuchen ermittelten Kraft-Weg-Diagramme sind nachfolgend abgebildet.

Abbildung 1: Kraft-Weg-Diagramm von Versuch 1 – mit Rille



Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen

Abbildung 2: Kraft-Weg-Diagramm von Versuch 2 – mit Rille

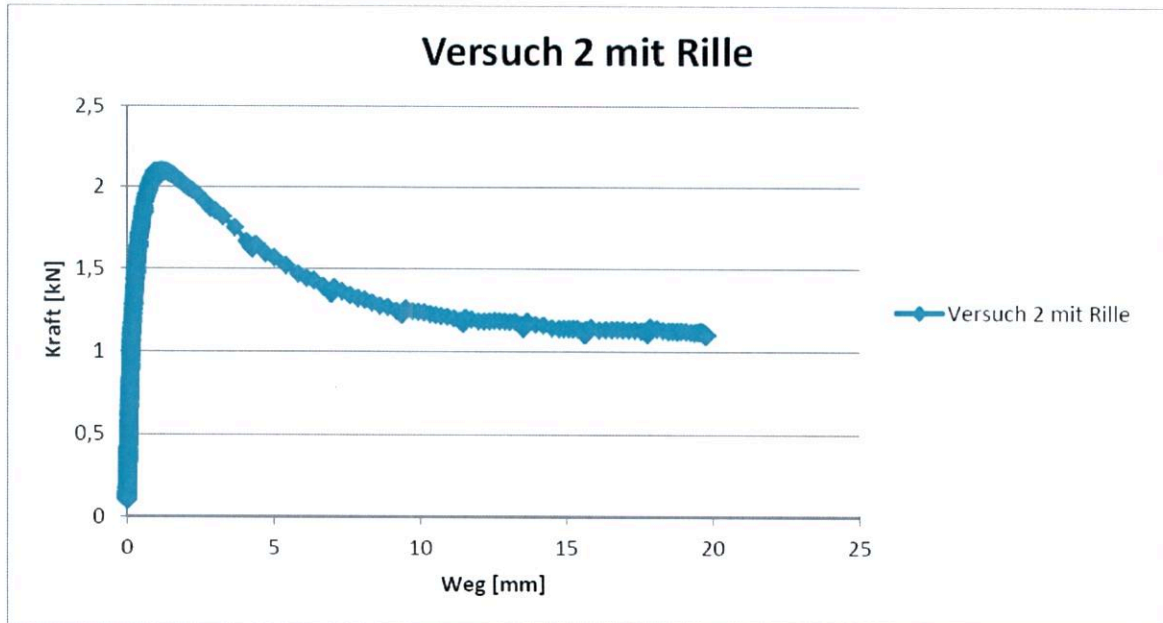
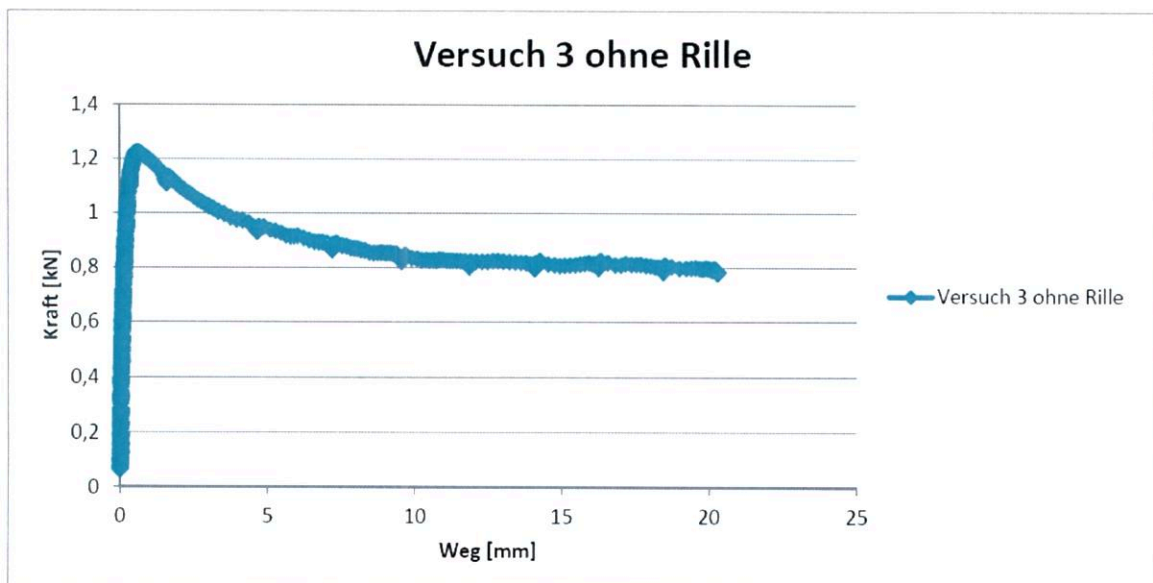
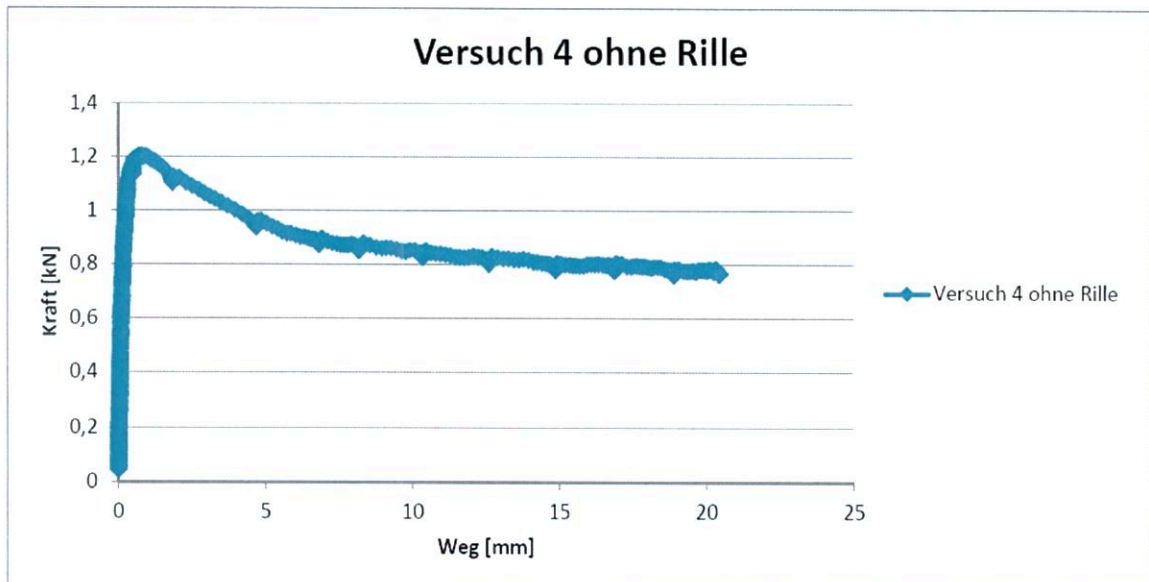


Abbildung 3: Kraft-Weg-Diagramm von Versuch 3 – ohne Rille



Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen

Abbildung 4: Kraft-Weg-Diagramm von Versuch 4 – ohne Rille



Anhand der Kraft-Weg-Diagramme ist erkennbar, dass eine deutlich größere Horizontal-last erforderlich ist, um die Verschiebung des Pflasterrahmens mit den Pflastersteinen mit Rille zu aktivieren. Ist der Pflasterrahmen einmal in Bewegung ist dieser Unterschied zwischen Pflastersteinen mit und ohne Rille deutlich geringer.

Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen

4.5 Auswertung der Prüfergebnisse

Zur Bewertung des Einflusses der unterseitigen Rillen auf den Verschiebewiderstand wurde der Reibungsbeiwert μ aus den ermittelten Messwerten berechnet. Dieser Reibungsbeiwert ist definiert als Verhältniswert zwischen der im Versuch ermittelten horizontalen Maximalkraft und der aus dem Eigengewicht resultierenden Vertikalkraft.

Berechnung des Reibungsbeiwertes μ :

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

hierbei ist

$F(\text{horizontal})$ = Maximalkraft bei der Versuchsdurchführung [kN]

$F(\text{vertikal})$ = Eigengewicht der Pflastersteine in [kN]

Das Eigengewicht des Fugenmaterials und des Prüfrahmens wurde hierbei nicht berücksichtigt.

Tabelle 7: Auswertung der Messwerte

	F(horizontal)	Weg bei F(horizontal)	F(vertikal)	Reibungs- beiwert μ	Mittelwert μ	Verhältnis
	[kN]	[mm]	[kN]	[--]	[--]	[%]
Versuch 1 mit Rille	2,204	1,108	1,427	1,545	1,51	100
Versuch 2 mit Rille	2,103	1,163	1,427	1,474		
Versuch 3 ohne Rille	1,228	0,627	1,041	1,180	1,17	77,5
Versuch 4 ohne Rille	1,206	0,790	1,041	1,159		

SACHVERSTÄNDIGE

der Materialprüfungs- und Versuchsanstalt Neuwied GmbH

29.05.2017

Gutachterliche Stellungnahme 6-16/0463/17

Seite 19 von 19

Beurteilung des Einflusses einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen

5 ZUSAMMENFASSUNG

Mit Datum vom 27. März 2017 wurde die MPVA Neuwied GmbH von der Kann GmbH Baustoffwerke - vertreten durch Herrn Kieffer - mit der Ausarbeitung einer gutachterlichen Stellungnahme zum Einfluss einer unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen im AG-seitig vorgegebenen Verlegemuster beauftragt.

Das Ziel dieser Untersuchungen bestand darin, anhand vergleichender Versuche den Einfluss der unterseitigen Profilierung der Pflastersteine im Rahmen von Verschiebeversuchen zu ermitteln. Hierzu wurde in gemeinsamer Abstimmung ein Versuchsaufbau entwickelt, der die Einbausituation vor Ort möglichst realistisch abbildet, aber auch die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ermöglicht.

Wie die in Abschnitt 4 beschriebenen Ergebnisse zeigen, ist ein deutlicher Einfluss der unterseitigen Profilierung auf den horizontalen Verschiebewiderstand von Pflastersteinen feststellbar. Bei Verwendung eines Basaltsplitt 0/5 mm als Bettungs- und Fugenmaterial liegt der Reibungsbeiwert der unterseitig glatten Pflastersteine bei ca. 77,5 % des Reibungsbeiwertes der unterseitig profilierten Pflastersteine.

5.1 Abschlussbemerkung

Diese gutachterliche Stellungnahme wurde nach bestem Wissen und Gewissen erstellt und darf nur für den im Auftragsgegenstand benannten Zweck verwendet werden.

Neuwied, den 29. Mai 2017

Institutsleitung



(Dr. rer. nat. Karl-Uwe Voß)



Sachbearbeiter



(Dipl.-Ing. (FH) Oliver Mann)