

Rautiefenmessung an Betonoberflächen

Prof. Dr.-Ing. R.-R. Schulz

Fachbereich 1

Architektur • Bauingenieurwesen • Geomatik



1

Rauheit und Textur

2

unterschiedliche Rauheit



gestrahlt



gespitzt

3

unterschiedliche Textur



gestockt



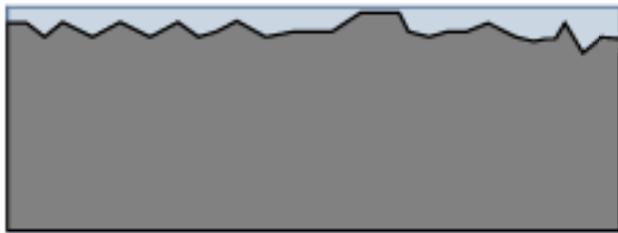
gefräst

4

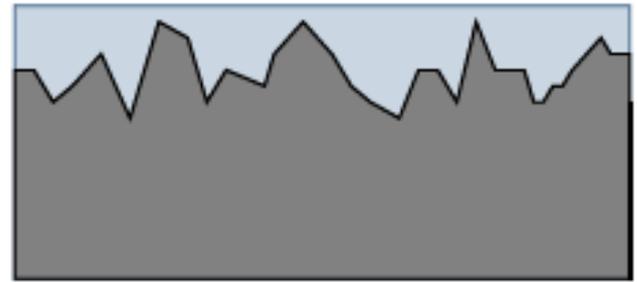
Auswirkungen auf Materialverbrauch

(Auftragsmenge) bei Beschichtungen

gering



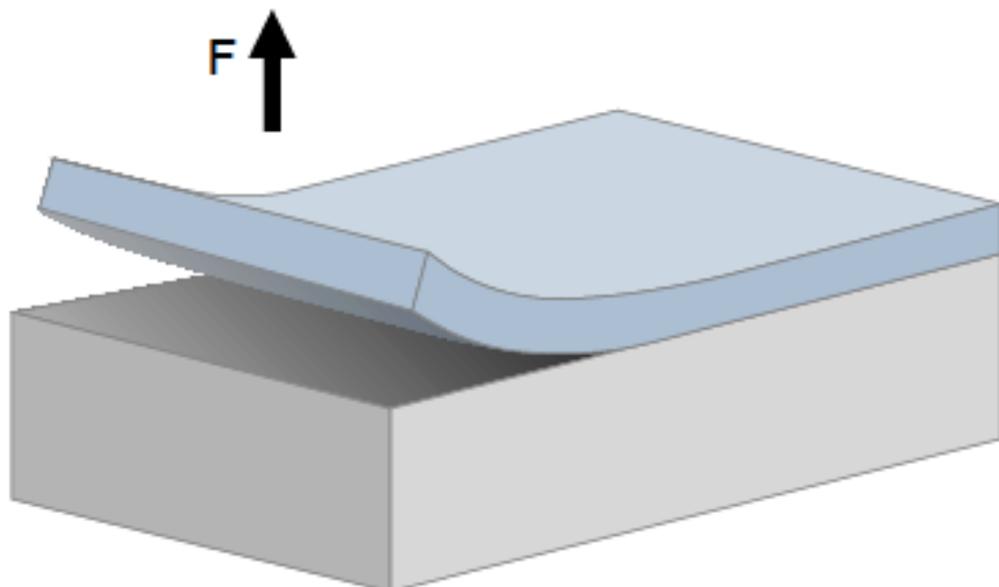
hoch



5

Auswirkungen auf die Adhäsion

von Beschichtungen



6

Auswirkungen

auf die „spezifische“ Adhäsion von Beschichtungen

- Spezifische Adhäsion ↔ interatomare und intermolekulare Bindungskräfte
- Unabhängig von der Oberflächengestalt
- Wirkung auch bei glatten Oberflächen
- Durch Aufrauung Vergrößerung der Kontaktfläche

7

Auswirkungen

auf die „mechanische“ Adhäsion von Beschichtungen

- Eindringen der flüssigen Komponente des aufzutragenden Systems in Vertiefungen und Poren des Substrats
- Verklammerung und Verzahnung im ausgehärteten Zustand
- Verbesserung durch mikroskopische und makroskopische Rauheit

8

Anforderungen an den Untergrund

Rautiefeklassen in Abhängigkeit vom Instandsetzungssystem nach dem Gelbdruck 2016-06-14 der Instandhaltungsrichtlinie

Instandsetzungssystem	Rautiefenklasse	Anforderungen an die mittlere Rautiefe R_t in mm
Beton nach EN 206-1/DIN 1045 u. Trockenbeton, jeweils ohne Haftbrücke	$\geq RT 3,0$	$R_t \geq 3,0$
Beton nach EN 206-1/DIN 1045 u. Trockenbeton, jeweils mit Haftbrücke, Sritzbeton ($GK \geq 8$ mm), Vergussbeton	$\geq RT 1,5$	$1,5 \leq R_t < 3,0$
Spritzmörtel, RM, SRM, Vergussmörtel	$\geq RT 1,0$	$1,0 \leq R_t < 1,5$
OS 4, OS 5, OS 8, OS 11, OS 14, PRM oder PRC, Feinspachtel ^a	$\geq RT 0,5$	$0,5 \leq R_t < 1,0$

^a Für OS 1 und OS 2 gelten keine Anforderungen an die Rauheit

9

Anforderungen an den Untergrund

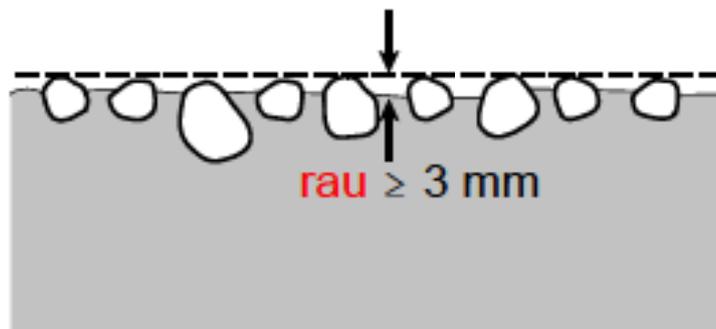
Schubkraftübertragung in Fugen, Anforderungen nach DIN EN 1992-1-1 und Heft 600 DAfStb

Rauheitskategorien der Fugenoberflächen

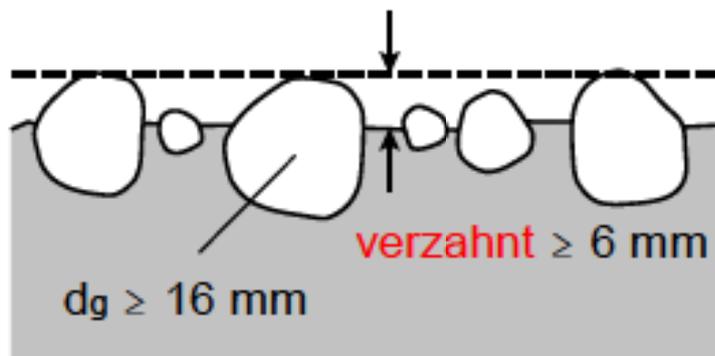
1	sehr glatt	<i>nur verbal</i>
2	glatt	<i>beschrieben, nicht quantifiziert</i>
3	rau	<i>quantifiziert</i>
4	verzahnt	

Anforderungen an den Untergrund

Schubkraftübertragung in Fugen, Anforderungen nach
DIN EN 1992-1-1 und Heft 600 DAfStb



$R_t \geq 1,5 \text{ mm}$

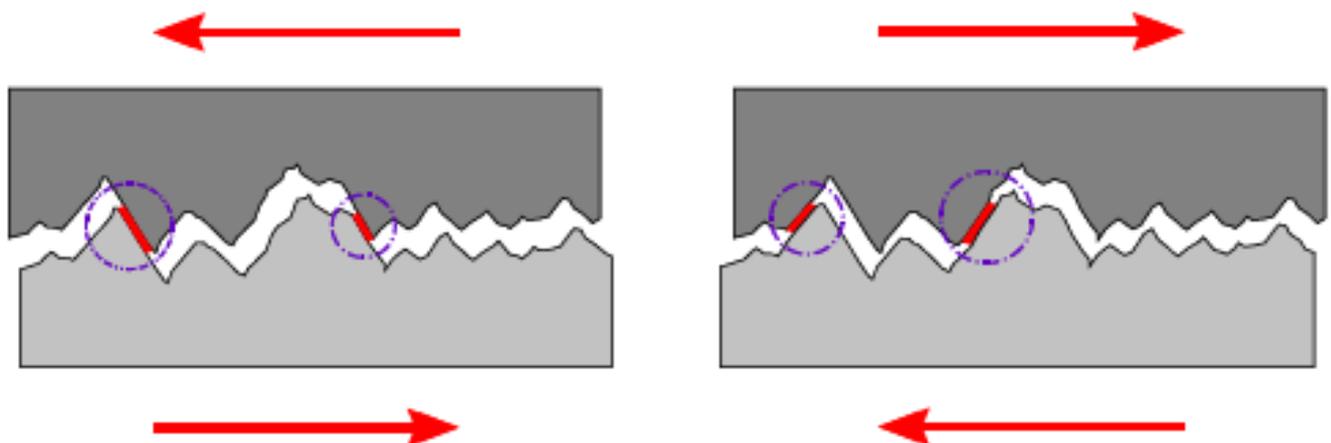


$R_t \geq 3,0 \text{ mm}$

11

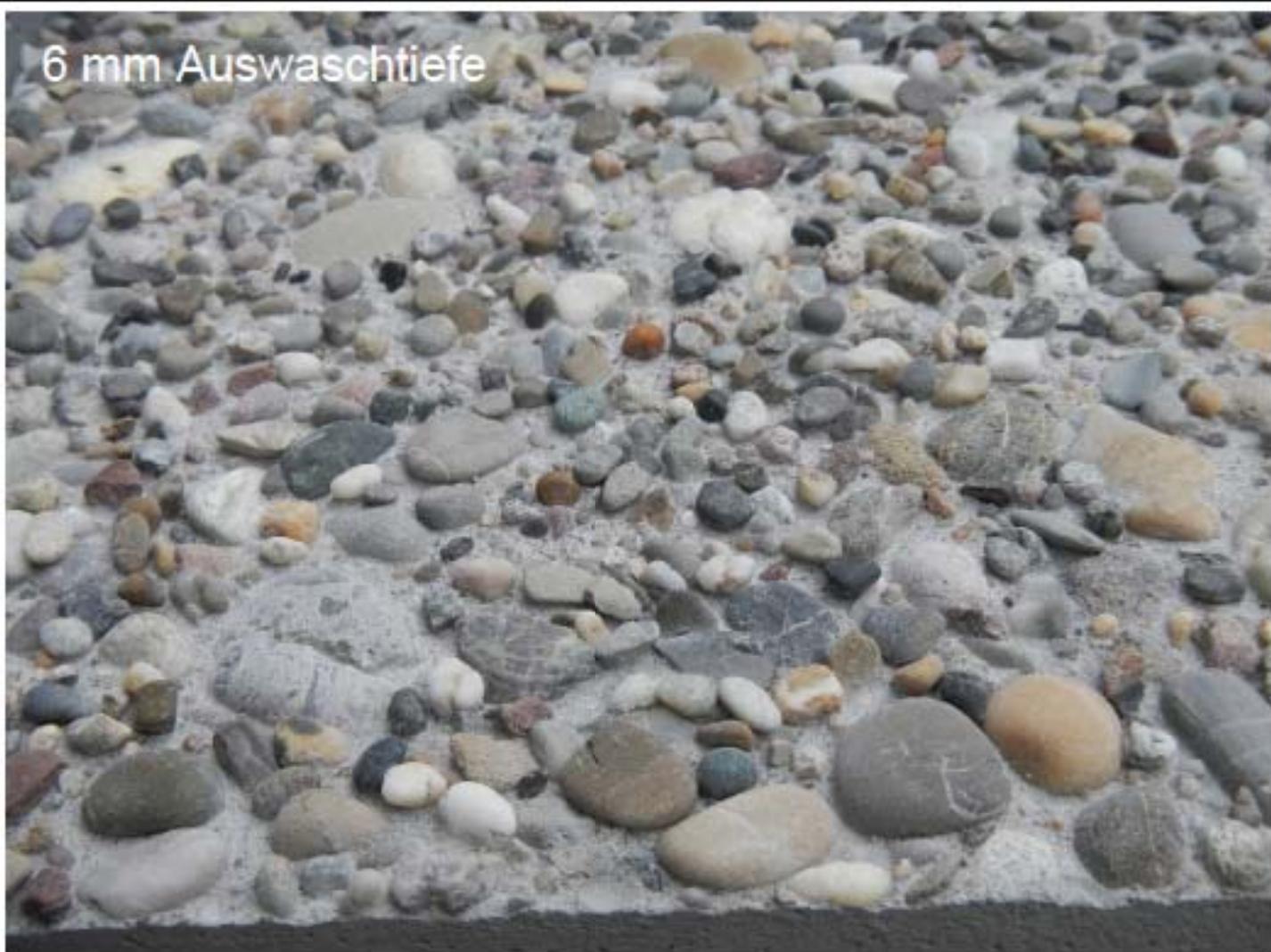
Auswirkungen

von Verzahnung auf den Schubverbund bei gerissener Fuge



12

6 mm Auswaschtiefe



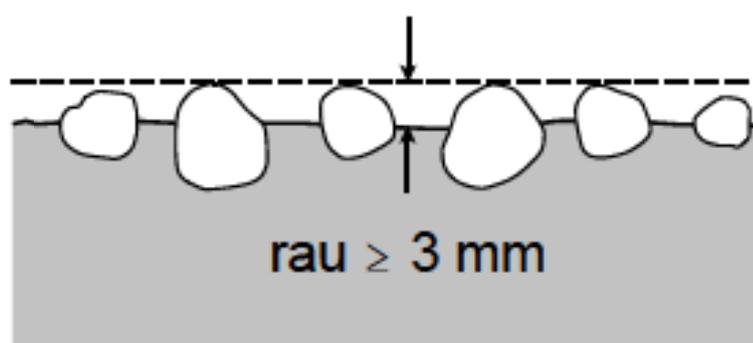
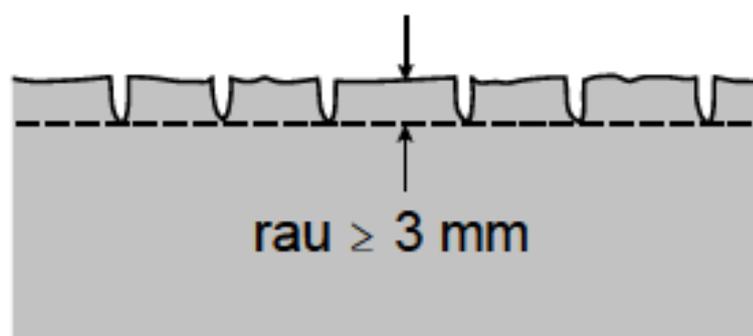
13

Anforderungen an den Untergrund

Ergänzung zur Kategorie „rau“ gemäß Heft 600 DAfStb

- mindestens 3 mm durch Rechen erzeugte Rauigkeit mit ca. 40 mm Zinkenabstand,
- mindestens 3 mm Freilegen der Gesteinskörnungen,
- andere Methoden, die ein äquivalentes Tragverhalten herbeiführen.

→ $R_t \geq 1,5 \text{ mm}$



14



15

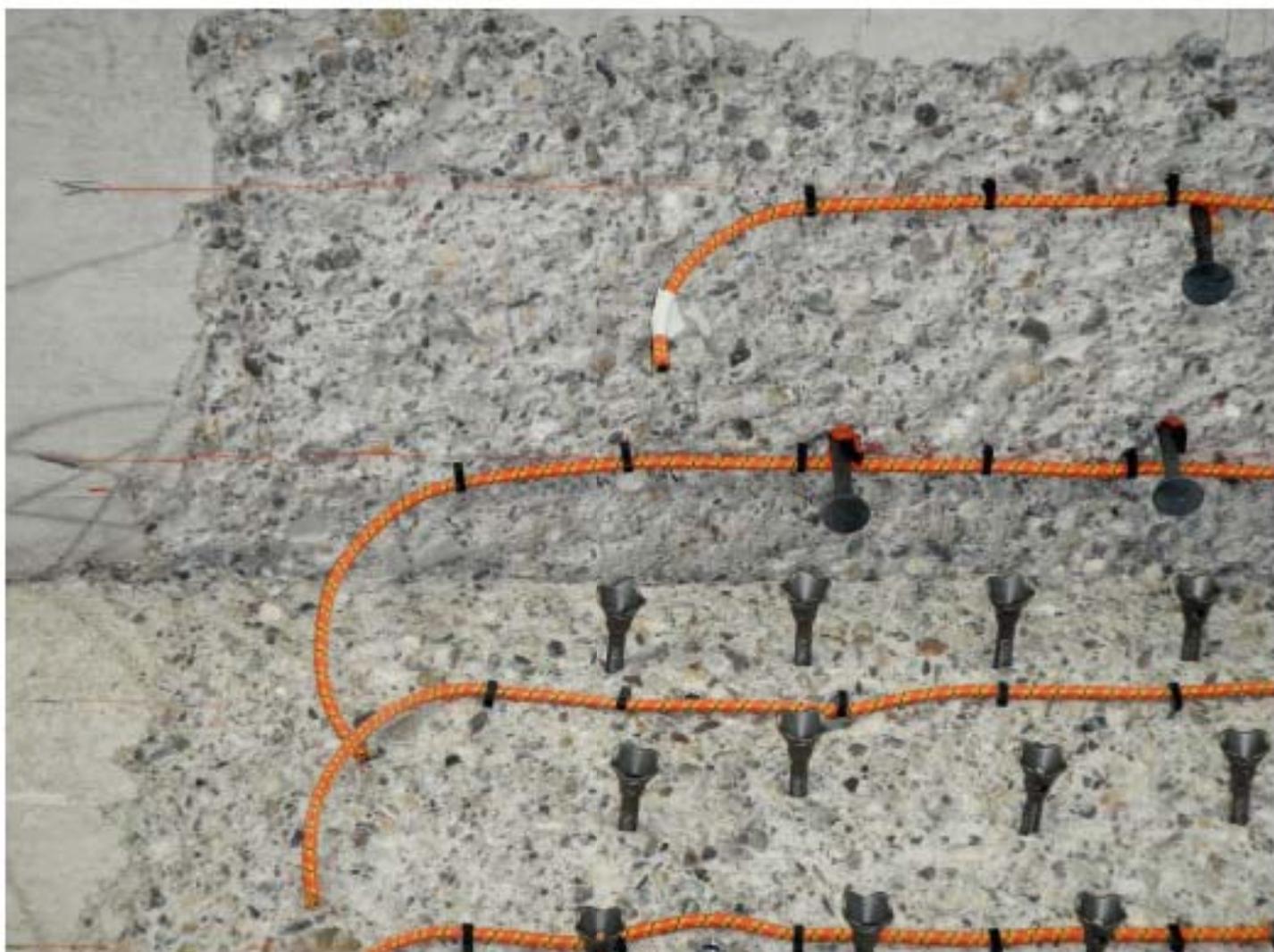


16

Anforderungen:
mittlere Rautiefe > 3 mm
„Berghöhe“ > ca. 6 mm



17



18

Rauheitsmess- verfahren

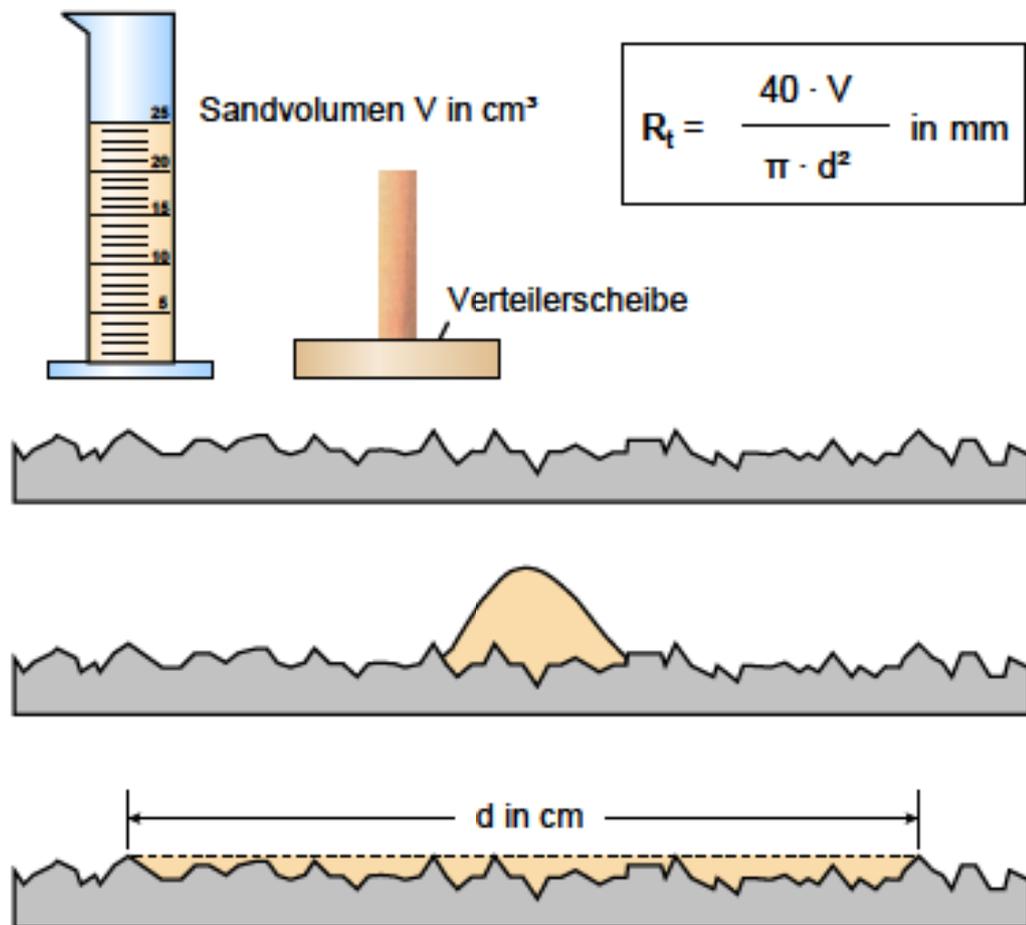
19

Rauheitsmessverfahren

Verfahren zur Charakterisierung der Oberflächentopografie

- **Sandflächenverfahren (volumetrisch)**
- Tastschnittverfahren (Profilmessverfahren)
- Laser-Triangulation (Profilmessverfahren)
- Streifenlichtprojektion (topografisch)
- Linienlaser-Scan (topografisch)

20



21



22



23



24



Sandflächenverfahren (Sandfleckverfahren)

25

Bezeichnung des Verfahrens

Sandfleckmethode (sand patch method), Sandeinfüllmethode oder Sandflächenverfahren

sand patch Method (Sandfleckmethode)

Road Research Laboratory. Harmondsworth (UK). „Road Note NO 27”. Ausgabe 1969

Sandflächenverfahren

Kaufmann, N.:
Das Sandflächenverfahren. Ein einfaches Verfahren zur Messung und Beurteilung der Textur von Fahrbahnoberflächen. In: Straßenbau-Technik, 1971, Nr. 3, S. 131-135

26

Sandflächenverfahren - Vorschriften

Varianten des Prüfverfahrens in Anlehnung an Kaufmann

Betoninstandsetzung

Fahrbahnoberflächen

Bauwerke allgemein
DAfStb RILI T3

Straßen- und Flugplatzbau
DIN EN 13036-1

Ingenieurbauwerke
Verkehrswesen
ZTV-ING

Produkt- und
Systemprüfung
DIN EN 1766

27

Sandflächenverfahren - Vorschriften

Varianten des Prüfverfahrens nach Kaufmann

Betoninstandsetzung

Fahrbahnoberflächen

Quarzsand 0,1 - 0,3 mm

Glaskugeln 0,18 - 0,25 mm

Quarzsand 0,1 - 0,5 mm

Quarzsand 0,05 - 0,1 mm

Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 559) beachten!

28

Sandflächenverfahren - Vorschriften

Prüfverfahren zur Bestimmung der Rautiefe nach Kaufmann
„das Original“

Prüfvorschrift	Bezeichnung	Geräte + Hilfsmittel
Kaufmann	Sandflächenverfahren zur Bestimmung der Rautiefe, einer Kenngröße für die Makrorauheit und Textur von Fahrhahnoberflächen	Runde Hartholzscheibe, Ø 5 cm, Dicke 1 cm 14 g Normsand I fein (Normensand GmbH Beckum)

Normensand fein DIN 1164 Ausgabe 1958

Körnung I FEIN			
Prüfsiebgewebe	0,063	0,09	0,2
Rückstand	≥ 70 bis ≤ 80	≥ 60 bis ≤ 70	≥ 8 bis ≤ 14

29

Das Sandflächenverfahren und seine Grenzen

30

Sandflächenverfahren

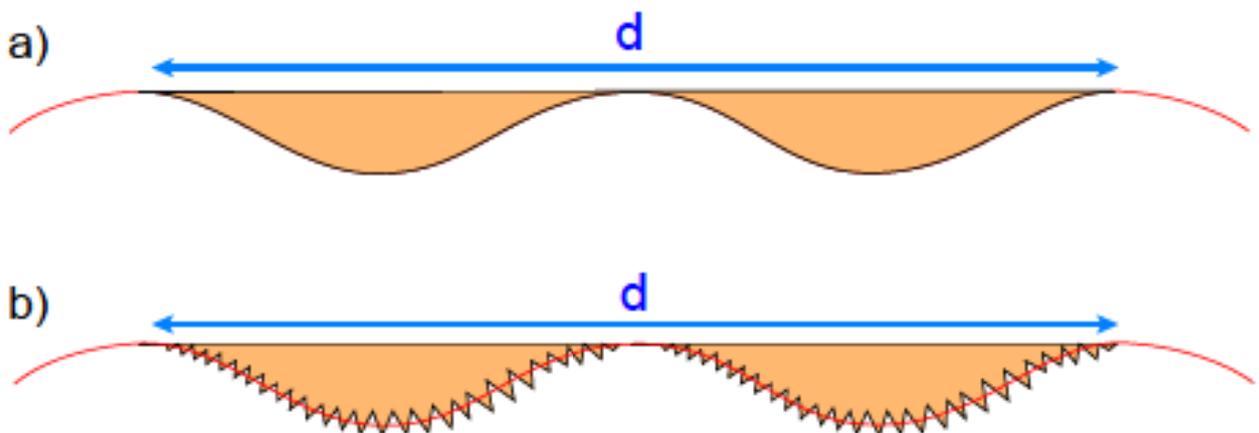
Grenzen des Verfahrens

- Relevanz und Aussagekraft

31

Sandflächenverfahren

wenig aussagekräftig für die Bewertung der Adhäsionsfläche



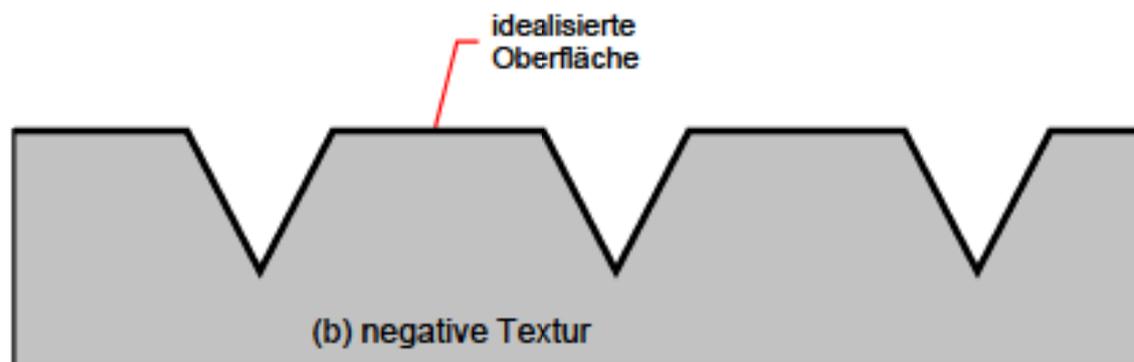
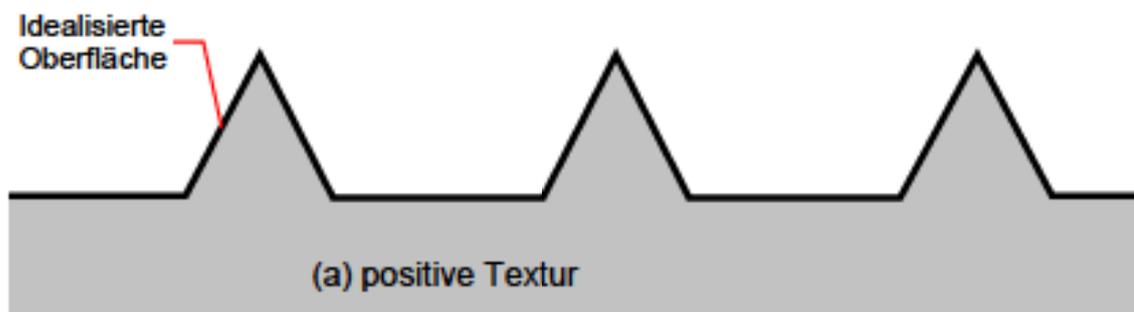
Trotz gleicher Rautiefe nach dem Sandflächenverfahren → völlig verschiedene Oberflächen und Adhäsionsflächen a) und b)

nach: J. Feix und A. Andreatta: „Verstärkung von Brückentragwerken mittels Aufbeton ohne Verdübelung“, Brückenmanagementtagung, Innsbruck 8.5.2008

32

Sandflächenverfahren

Positive und negative Textur, Beeinflussung des Ergebnisses

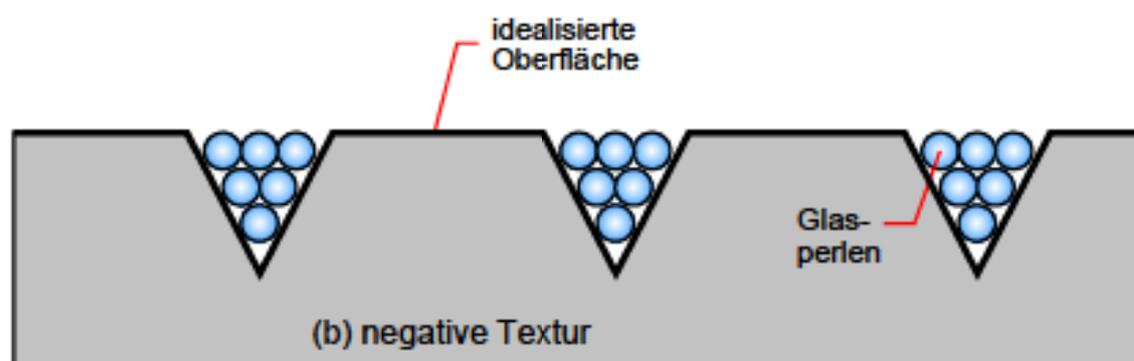
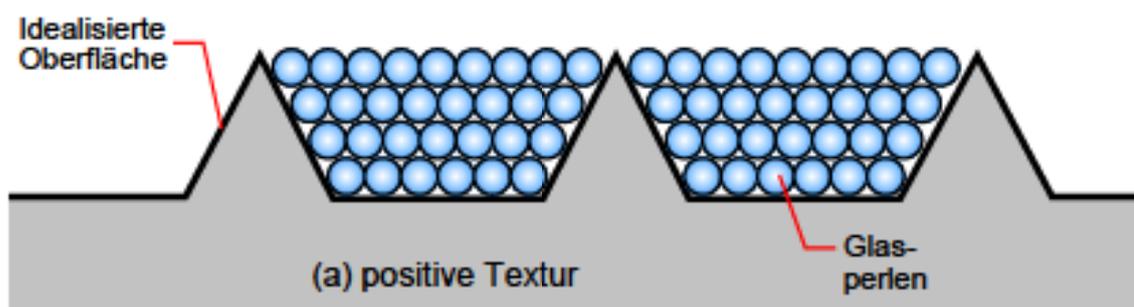


nach: McGhee, K. K.; Flintsch, G. W.

33

Sandflächenverfahren

Positive und negative Textur, Beeinflussung des Ergebnisses



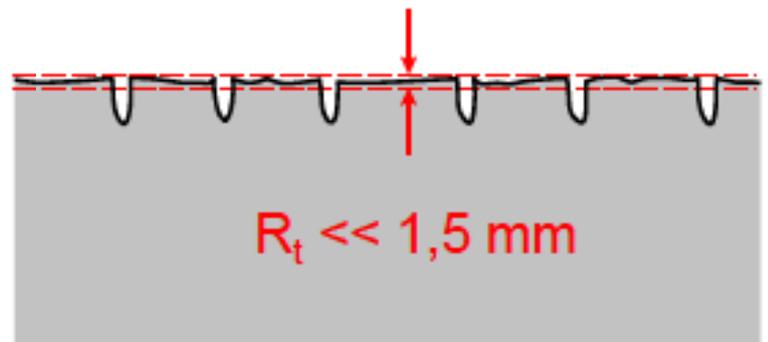
nach: McGhee, K. K.; Flintsch, G. W.

34

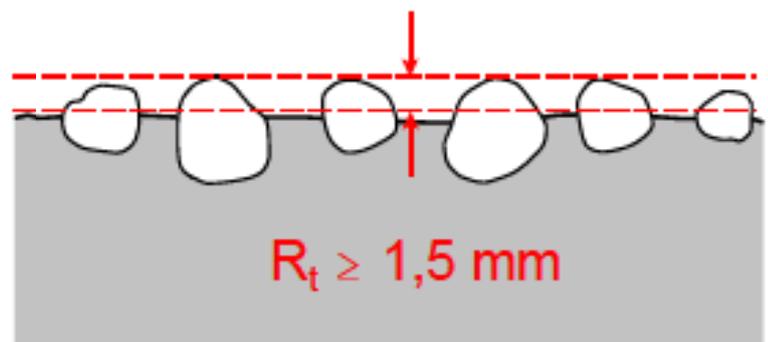
Sandflächenverfahren

Auswirkungen auf das Ergebnis bei der Kategorie „rau“ gemäß Heft 600 DAfStb

- mindestens 3 mm durch Rechen erzeugte Rauigkeit mit ca. 40 mm Zinkenabstand,



- mindestens 3 mm Freilegen der Gesteinskörnungen,
- andere Methoden, die ein äquivalentes Tragverhalten herbeiführen.



→ $R_t \geq 1,5 \text{ mm}$ bzw. $R_p \geq 1,1 \text{ mm}$

35

Sandflächenverfahren

Grenzen des Verfahrens

- Relevanz und Aussagekraft
- starker Prüfeinfluss

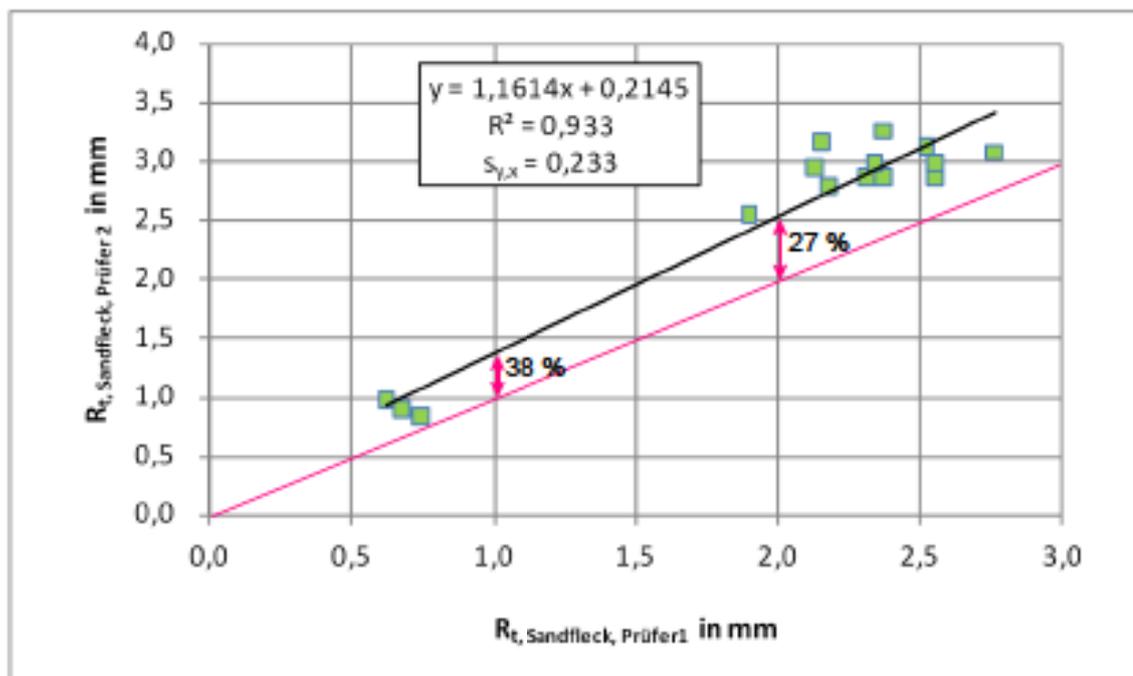
36



37

Einfluss des Prüfers

Korrelation der volumetrischen Messungen mit Sand bei verschiedenen Prüfern und Verteilerscheiben



38

Sandflächenverfahren

Grenzen des Verfahrens

- Relevanz und Aussagekraft
- starker Prüfeinfluss
- Prüfeinflüsse → Prüfmedium (Art, Korngröße), Verteilerscheibe (Belag, \emptyset , Masse), Andruck beim Verteilen

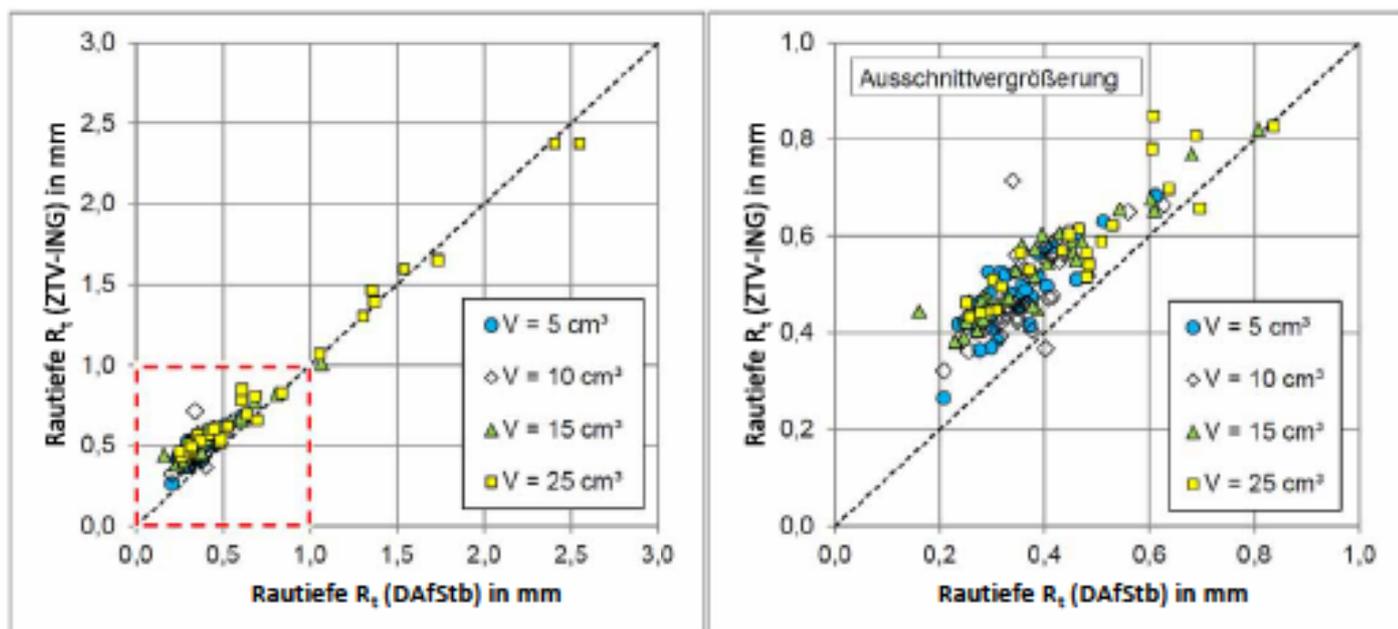
39



40

Prüfeinflüsse

Verfahrensvergleich DAFStb/ZTV-ING

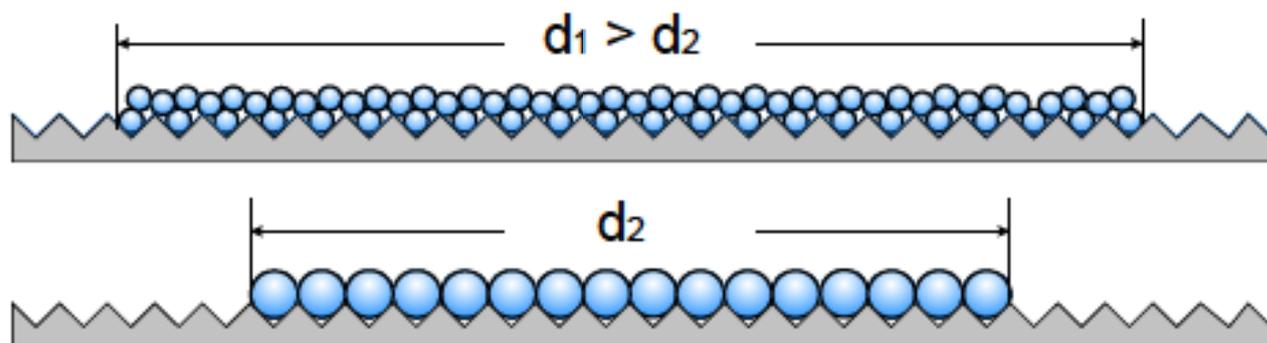
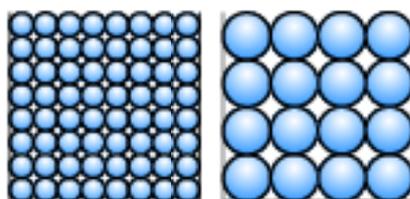


41

Sandflächenverfahren

Auswirkungen des Korndurchmessers bei gleichem Volumen des Prüfmediums auf die Größe des Sandflecks (Prinzipdarstellung)

$$V_1 = V_2$$



42

Sandflächenverfahren

Grenzen des Verfahrens

- Relevanz und Aussagekraft
- starker Prüfeinfluss
- Prüfeinflüsse → Prüfmedium (Art, Korngröße), Verteilerscheibe (Belag, \emptyset , Masse), Andruck beim Verteilen
- **nicht für vertikale Flächen oder über Kopf geeignet**

43



44



45



46

Rauheitsmessverfahren

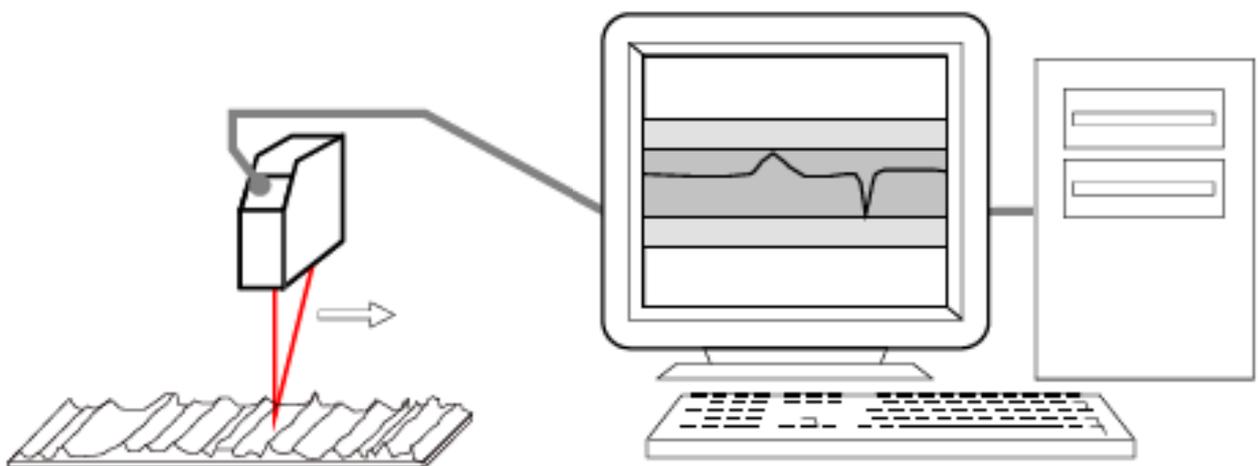
Verfahren zur Messung der Oberflächentopografie

- Sandflächenverfahren (volumetrisch)
- Tastschnittverfahren (Profilmessverfahren)
- **Laser-Triangulation (Profilmessverfahren)**
- Streifenlichtprojektion (topografisch)
- Linienlaser-Scan (topografisch)

47

Laser-Triangulation (2D)

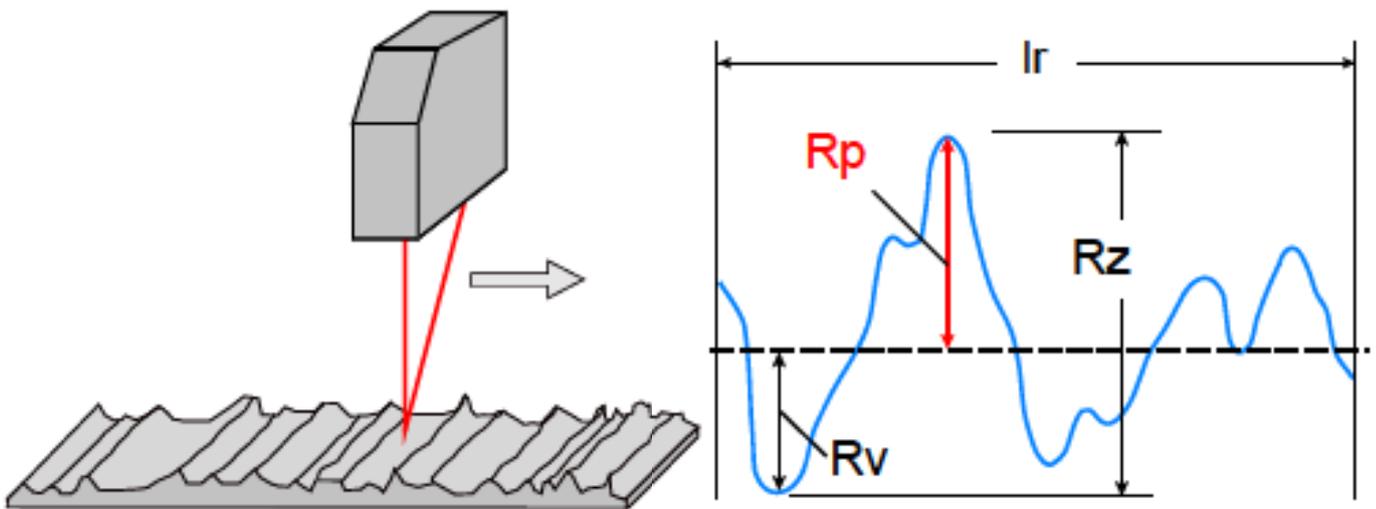
Aufbau und Arbeitsweise



48

Rauheitsparameter

R_p , R_v , R_z



R_p = Höhe der größten Profilspitze (Mittel aus R_{p_1} , R_{p_2} ,)

R_v = Tiefe des größten Profiltals (Mittel aus $(R_{v_1}$, R_{v_2} ,)

R_z = größte Höhe (Höhendifferenz) des Profils (Mittel aus R_{z_1} , R_{z_2} ,)

l_r = Einzelmessstrecke (je nach Norm Mittel aus 2 l_r oder 5 l_r)

49

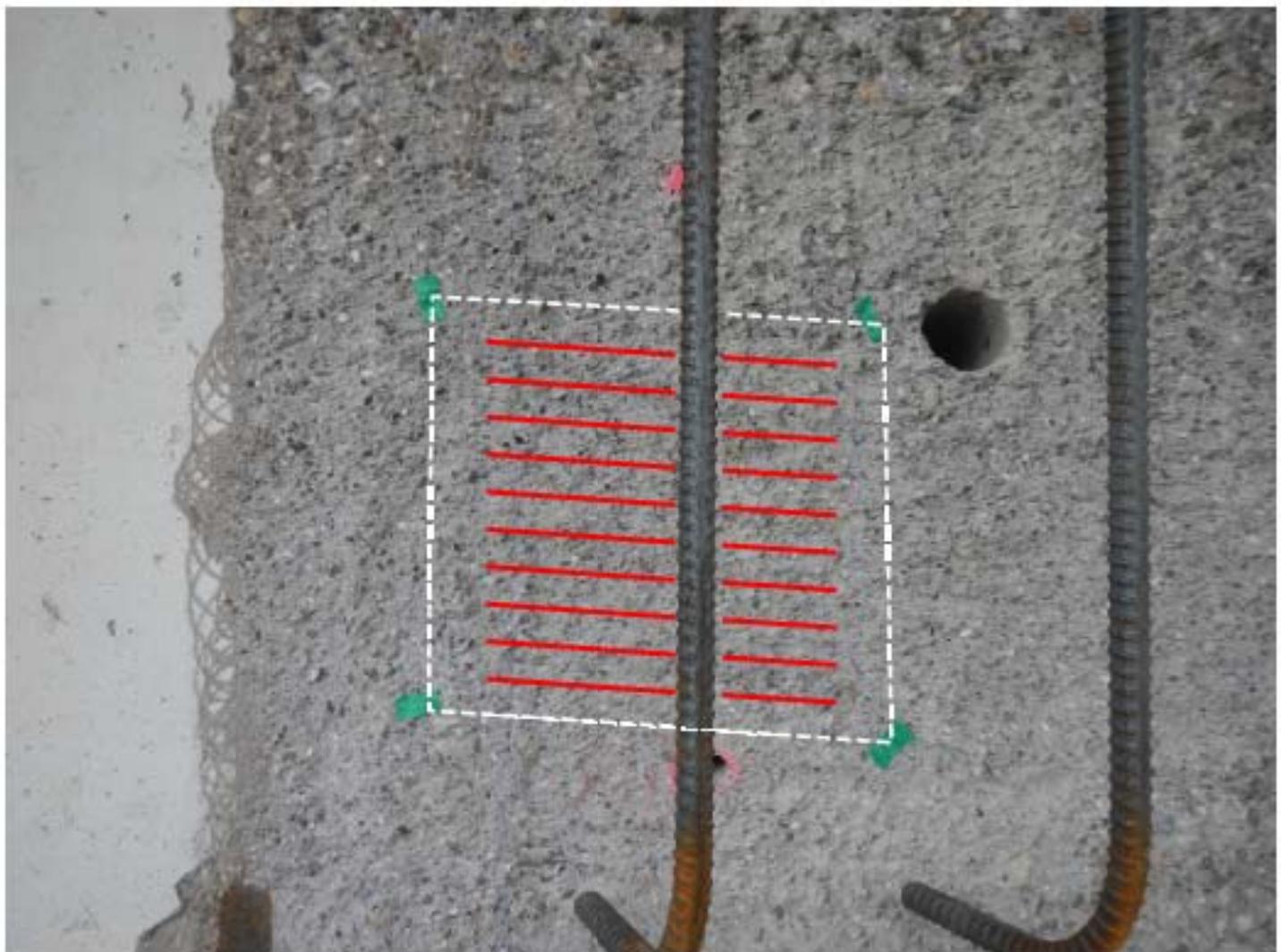


Profilometer (Eigenentwicklung)
mit konstanter Geschwindigkeit bewegte Punktlaser

50



51



52



ELAtextur®-
Gerät

53



54



55



56



Foto: Thomas Schmidt

57



58



59



60

2D-Rauheitsmessung

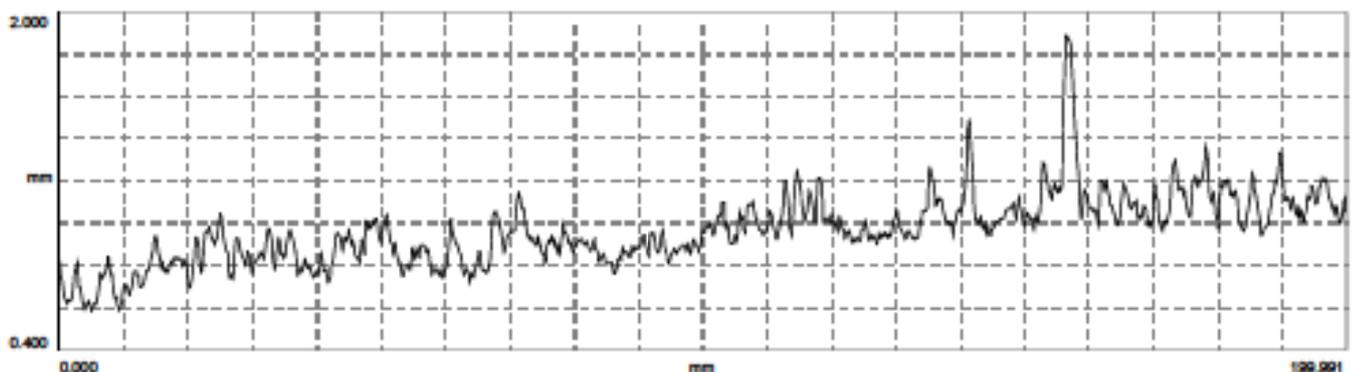
verwendete Geräte im Vergleich zu den Anforderungen ($\lambda_c = 2,5-50 \text{ mm}$)

Gerät	ELAtextur®	Profilometer (FRA-UAS)	Linienlaser	Anforderungen nach DIN ISO 13473-3
Messbereich	20 mm	10/20/40 mm	100 mm	$\geq 20 \text{ mm}$
vertikale Auflösung	50 μm	5/10/30 μm	12 μm	$\leq 30 \mu\text{m}$ ($\leq 50 \mu\text{m}^{1)}$)
horizontale Auflösung	200 μm	25 μm	78 μm	$\leq 1000 \mu\text{m}$
Auswertelänge (auswertbare Profillänge/Messung)	400 mm	200 mm	100 mm	$\geq 200 \text{ mm}$ ($\geq 100 \text{ mm}^{1}$)
Anzahl der Messpunkte je Messung	2000	8000	1280	
Linearitätsfehler der Laser bezogen auf den Messbereich		0,06 - 0,35 %	$\pm 0,16 \%$	$\leq 2 \%$
Messpunktdurchmesser	$\leq 1 \text{ mm}$	0,2 ... 0,5 mm	$< 0,078 \text{ mm}$	$\leq 1 \text{ mm}^{1}$
Dauer einer Messung	ca. 6 s	ca. 6,6 s	$\ll 1 \text{ s}$	

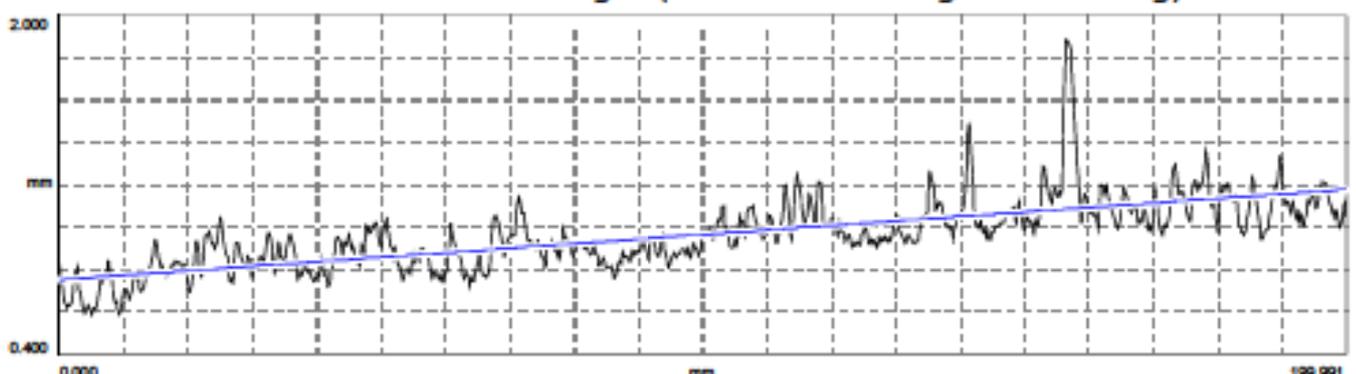
¹⁾ gemäß DIN EN ISO 13473-1

61

gemessenes, ungefiltertes Primärprofil

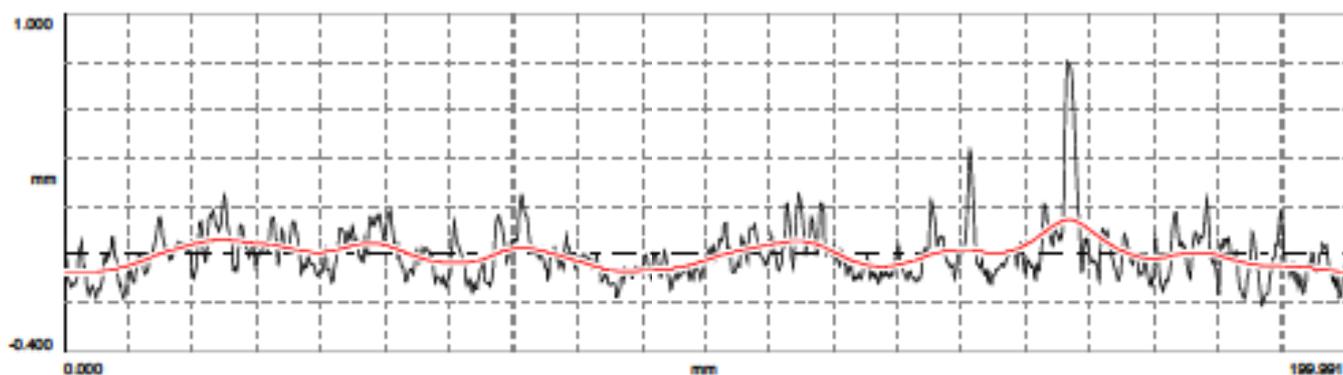


Filter für Formabweichungen (Gestaltabweichungen 1. Ordnung)



62

Primär- und Wellenprofil (Filter für Gestaltabweichungen 2. Ordnung)



auswertbares (gefiltertes) Rauheitsprofil

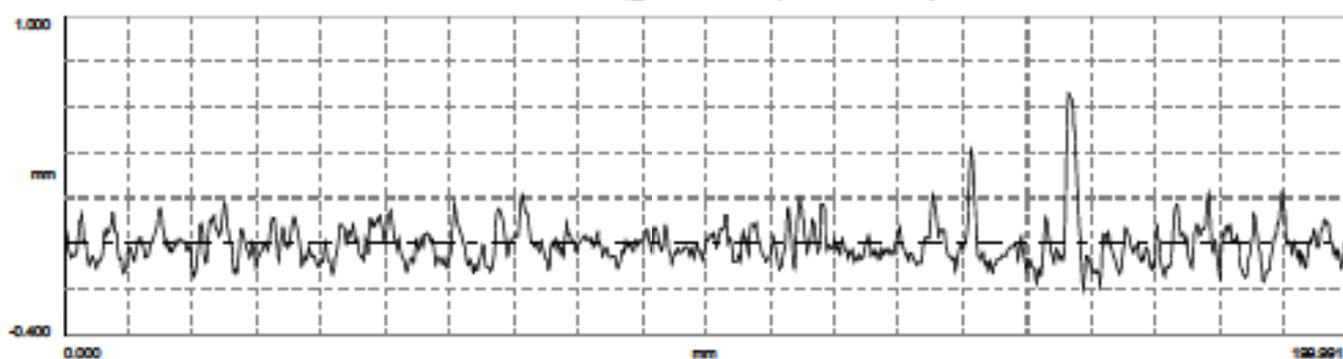


Abb. 5: Vorbereitungen zur Auswertung eines 2D-Rauheitsprofils

63

Rauheitsparameter (2D-Rauheitsprofil)

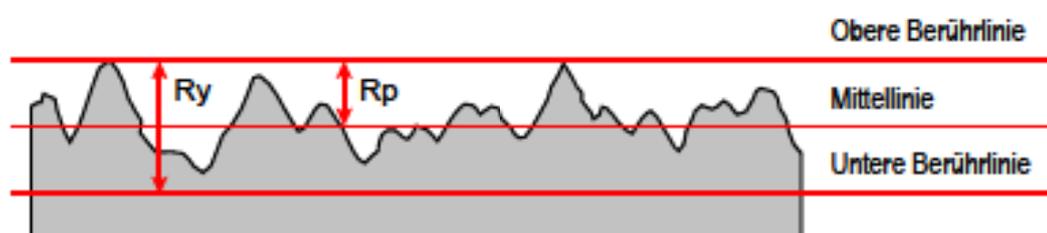
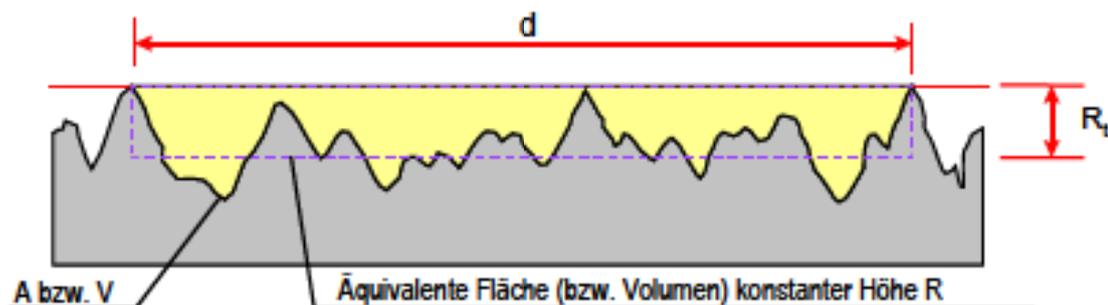
Filter: Spline Gaussian: 25.000 mm

Ft	0.427	mm	Rp	0.680	mm	Rpc	#/cm	Rmr	100.00	%	PHtp	0.128	mm	
Pt	1.014	mm	Rv	0.198	mm	Ppc	#/cm	(2.0 mm 2.0 %)	(20.0%, 70.0%)					
Pa	0.077	mm	Rq	0.092	mm	Pmr	100.00	%	Rmr	100.00	%	PHtp	0.151	mm
Pq	0.111	mm	Rdq	0.011		(0.5 mm 2.0 %)	(2.5 mm 2.0 %)				(20.0%, 80.0%)			
Psk	2.532		Rsk	2.422		Pmr	100.00	%	Rmr	100.00	%	PHtp	0.177	mm
Pku	16.448		Rku	15.632		(1.0 mm 2.0 %)	(0.5 mm 5.0 %)				(20.0%, 90.0%)			
Pp	0.805	mm	RzDIN	0.407	mm	Pmr	100.00	%	Rmr	100.00	%	RHtp	0.111	mm
Pv	0.209	mm	R3z	0.239	mm	(1.5 mm 2.0 %)	(1.0 mm 5.0 %)				(10.0%, 50.0%)			
Psm	3.338	mm	RzJIS	0.264	mm	Pmr	100.00	%	Rmr	100.00	%	RHtp	0.128	mm
Phsc	60	(0.0)	Rpm	0.288	mm	(2.0 mm 2.0 %)	(1.5 mm 5.0 %)				(10.0%, 60.0%)			
Pvc	0	(-0.5)	Rvm	0.139	mm	Pmr	100.00	%	Rmr	100.00	%	RHtp	0.148	mm
Pm0	0.0124	mm ²	Rmax	0.856	mm	(2.5 mm 2.0 %)	(2.0 mm 5.0 %)				(10.0%, 70.0%)			
Pm2	0.0000		Rsm	2.632	mm	Pmr	100.00	%	Rmr	100.00	%	RHtp	0.167	mm
Pm4	0.0000	mm ²	Rhsc	77	(0.0)	(0.5 mm 5.0 %)	(2.5 mm 5.0 %)				(10.0%, 80.0%)			
Wt	0.221	mm	Rvc	0	(-0.5)	Pmr	100.00	%	PHtp	0.138	mm	RHtp	0.191	mm
Wa	0.037	mm	Rk	0.183	mm	(1.0 mm 5.0 %)	(10.0%, 50.0%)				(10.0%, 90.0%)			
Wq	0.046	mm	Rpk	0.161	mm	Pmr	100.00	%	PHtp	0.163	mm	RHtp	0.068	mm
Wp	0.145	mm	Rvk	0.039	mm	(1.5 mm 5.0 %)	(10.0%, 60.0%)				(20.0%, 50.0%)			
Wv	0.078	mm	Rmr1	13.10	%	Pmr	100.00	%	PHtp	0.186	mm	RHtp	0.085	mm
Wsm	39.782	mm	Rmr2	92.26	%	(2.0 mm 5.0 %)	(10.0%, 70.0%)				(20.0%, 60.0%)			
Wvoid	0.000	mm	Rvo	0.002	mm	Pmr	100.00	%	PHtp	0.209	mm	RHtp	0.104	mm
(Radius: 5.0 m)			Rpq		mm	(2.5 mm 5.0 %)	(10.0%, 80.0%)				(20.0%, 70.0%)			
Wvdd	0.000	mm	Rvq		mm	Rmr	100.00	%	PHtp	0.235	mm	RHtp	0.123	mm
(Radius: 5.0 m)			Rmq		%	(0.5 mm 2.0 %)	(10.0%, 90.0%)				(20.0%, 80.0%)			
Wc	0.109	mm	Rcl	829.250	mm	Rmr	100.00	%	PHtp	0.080	mm	RHtp	0.148	mm
Ra	0.063	mm	Rm0	0.0084	mm ²	(1.0 mm 2.0 %)	(20.0%, 50.0%)				(20.0%, 90.0%)			
Rc	0.179	mm	Rm2	0.0000		Rmr	100.00	%	PHtp	0.105	mm			
Rt	0.856	mm	Rm4	0.00000	mm ⁻²	(1.5 mm 2.0 %)	(20.0%, 60.0%)							

64

Rautiefe und Profilkuppenhöhe

Darstellung der Rautiefe R_t nach Kaufmann und der maximalen Profilkuppenhöhe R_p nach Heft 600 DAfStb

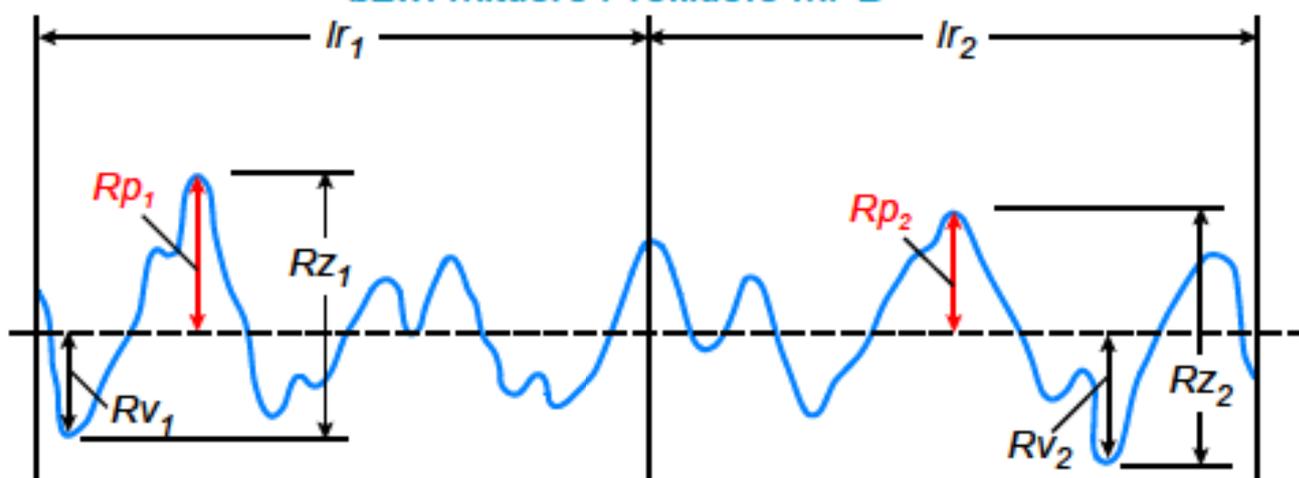


65

nach: Heft 525 DAfStb: Erläuterungen zur DIN 1045-1

Rauheitsparameter

Höhe der größten Profilsitze R_p (Profilkuppenhöhe)
bzw. mittlere Profiltiefe MPD



MPD = Mittel aus (R_{p1} , R_{p2})

R_{pm} = Mittel aus (R_{p1} , R_{p2} , R_{p3} , ...), $R_z = R_{zDIN}$ = Mittel aus (R_{z1} , R_{z2} , R_{z3} , ...)

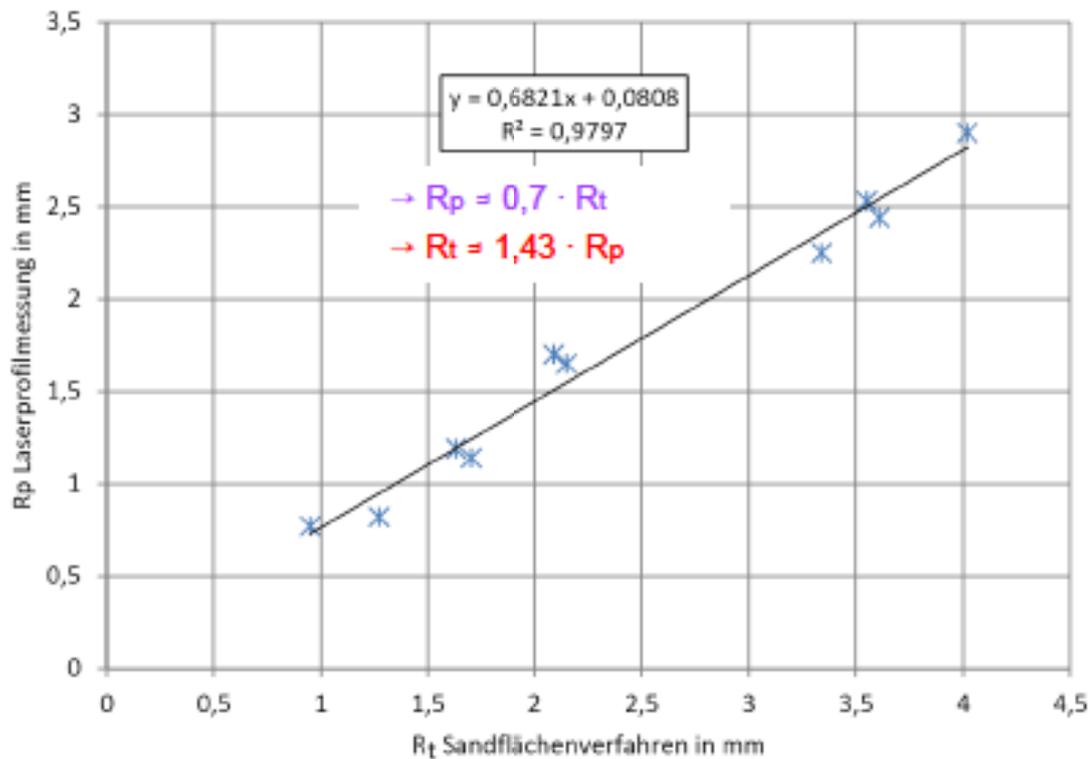
Erforderliche Anzahl von Einzelmessstrecken l_r :

- ▶ immer zwei nach DIN EN ISO 13473-1 ($l_r = \text{konst.} = 50 \text{ mm}$),
- ▶ immer fünf nach DIN EN ISO 4287,
- ▶ beliebig nach ASME B46.1-2009 (die Anzahl ist anzugeben).

66

Anforderungen an den Untergrund

Schubkraftübertragung in Betonierfugen, nach Untersuchungsergebnissen aus Heft 456 DAfStb (s. a. Heft 600 DAfStb)



Schäfer, Block, Drell: Oberflächenrauheit und Haftverbund

67

Anforderungen an den Untergrund

Schubkraftübertragung in Fugen, Anforderungen nach DIN EN 1992-1-1 und Heft 600 DAfStb

Rauheitskategorien der Fugenoberflächen

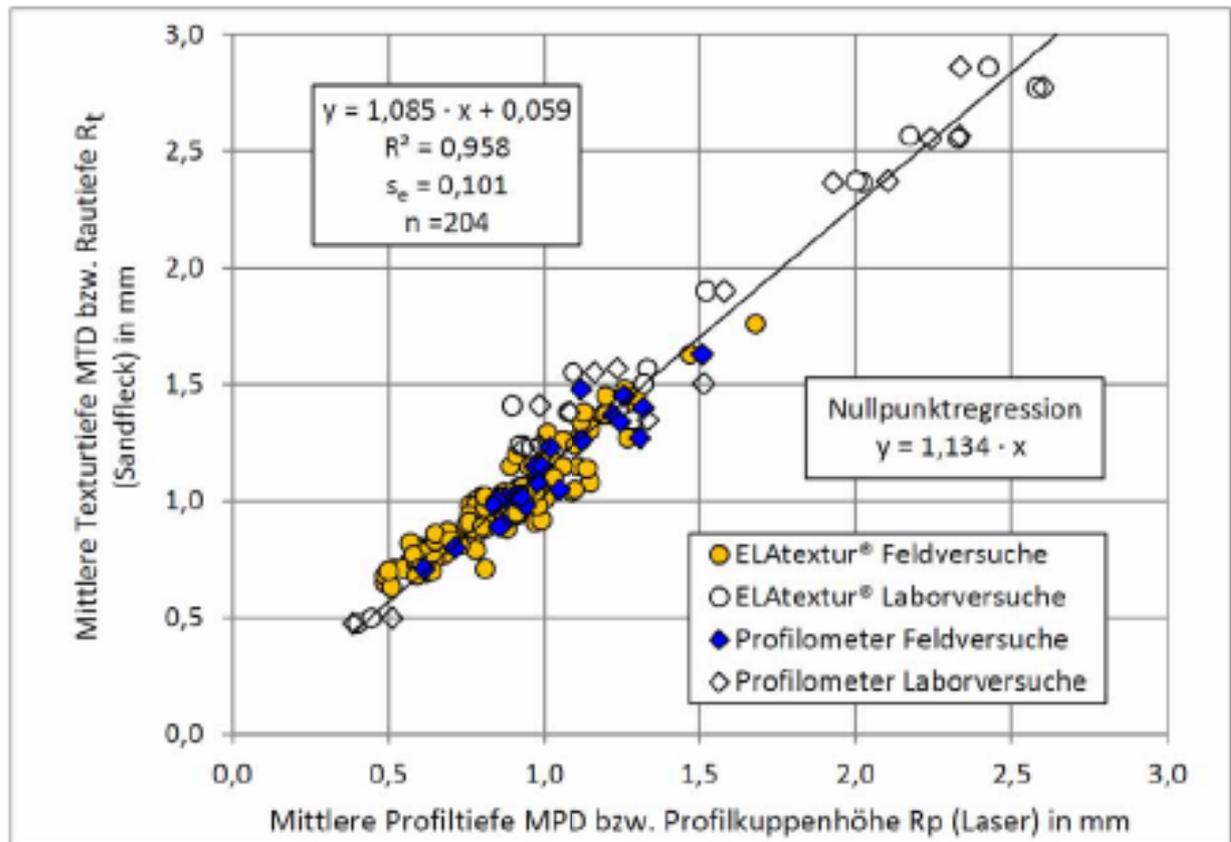
Kategorie		Rauheitsparameter	
		R_t	R_p
3	rau	$\geq 1,5$ mm	$\geq 1,1$ mm
4	verzahnt	$\geq 3,0$ mm	$\geq 2,2$ mm

$$\rightarrow R_t = 1,36 R_p$$

68

Rauheitsmessung

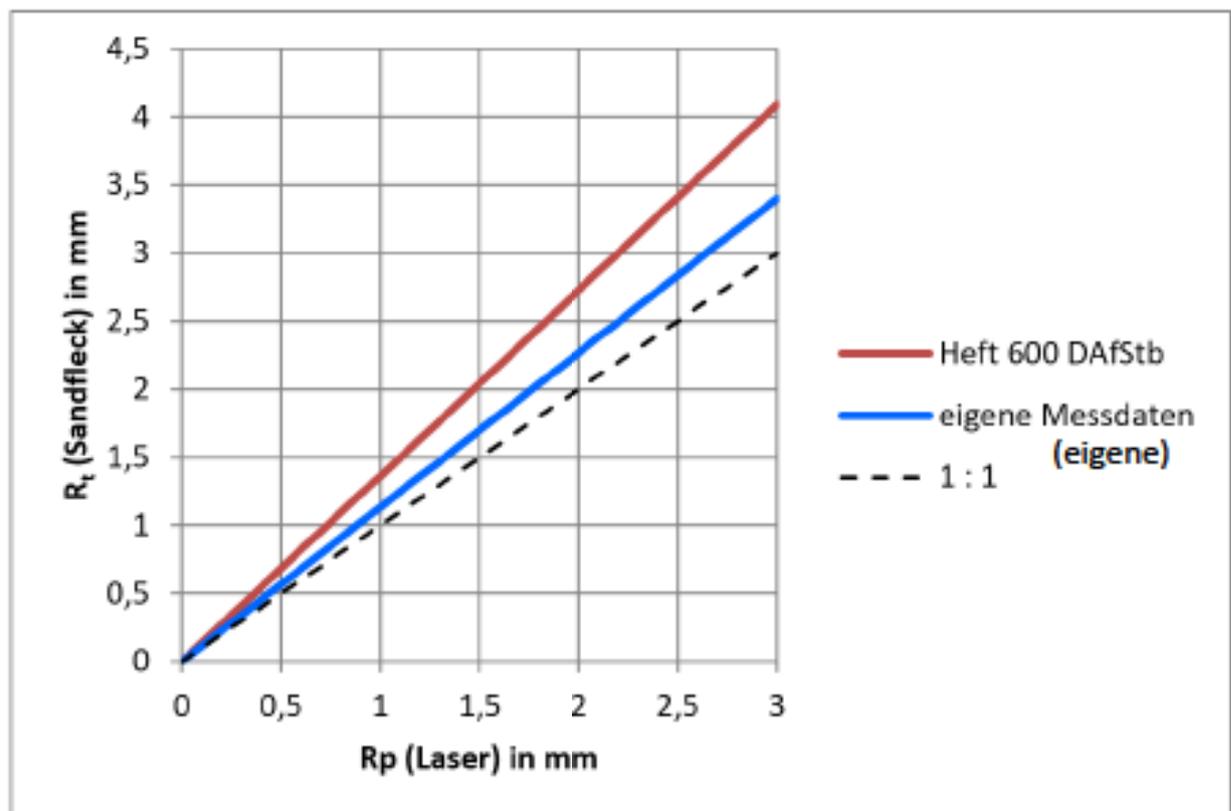
Korrelation der Ergebnisse Laser/Sandfleck



69

Umrechnung $R_p \rightarrow R_t$

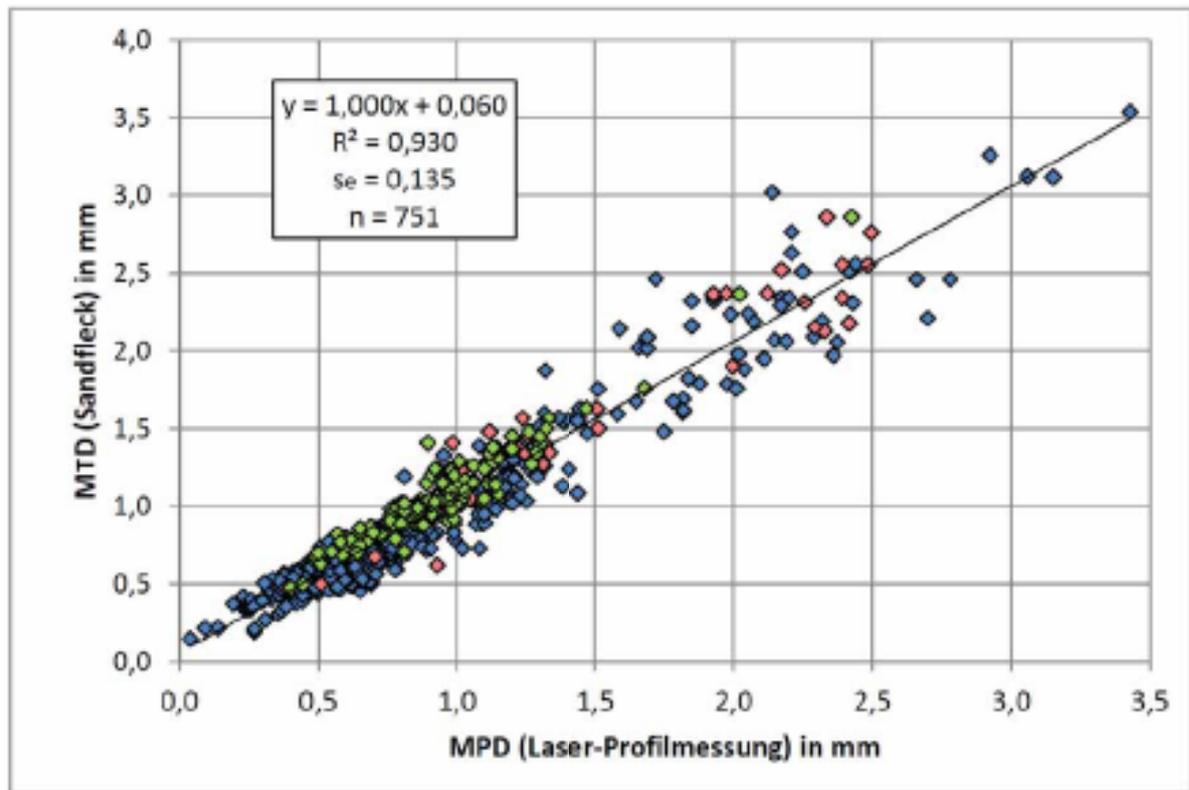
nach verschiedenen Umrechnungsvarianten



70

Rauheitsmessung

Literaturauswertung Laser-Profilmessverfahren/Sandfleck



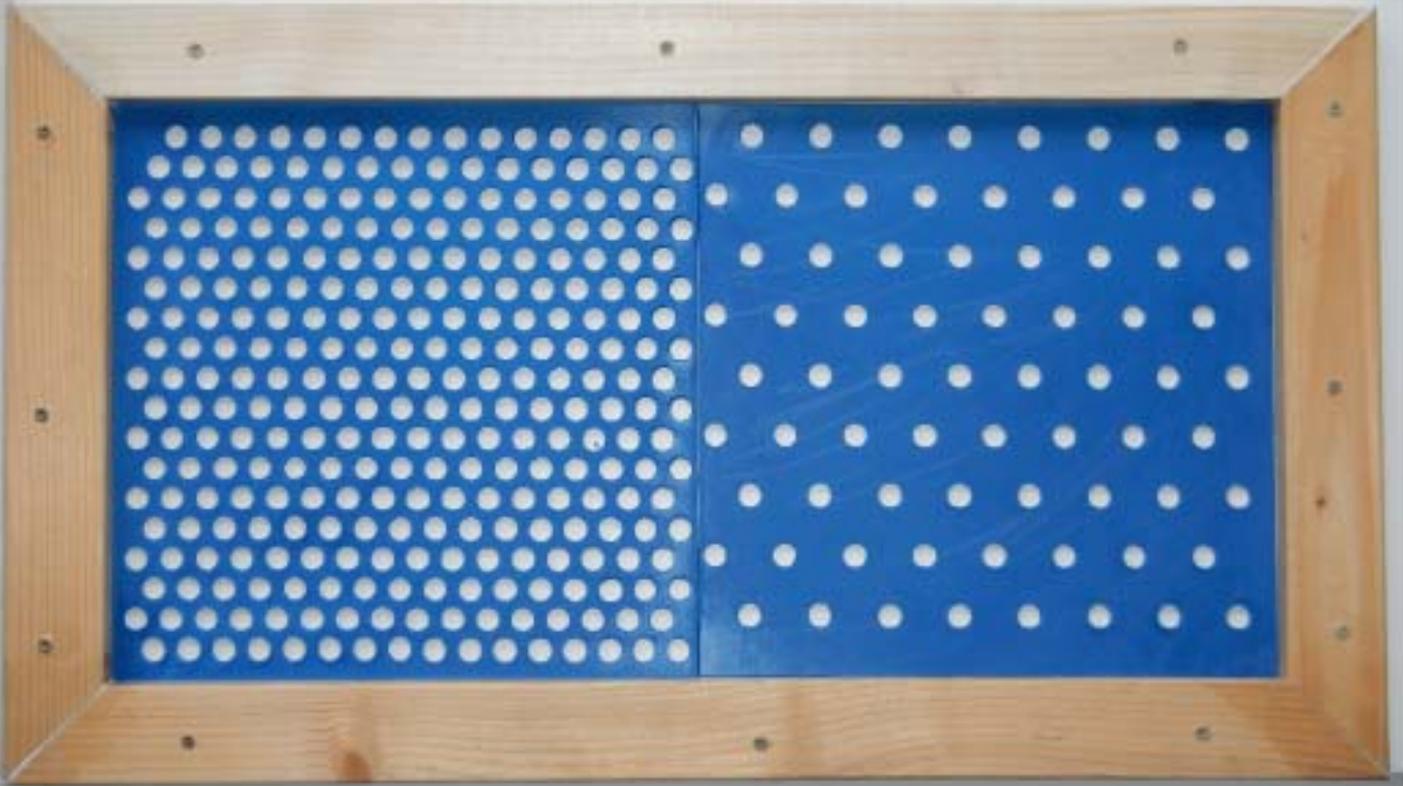
Schulz, R.-R.: Forschungsbericht im Auftrage der BAW, 2014

71

Einfluss der Textur

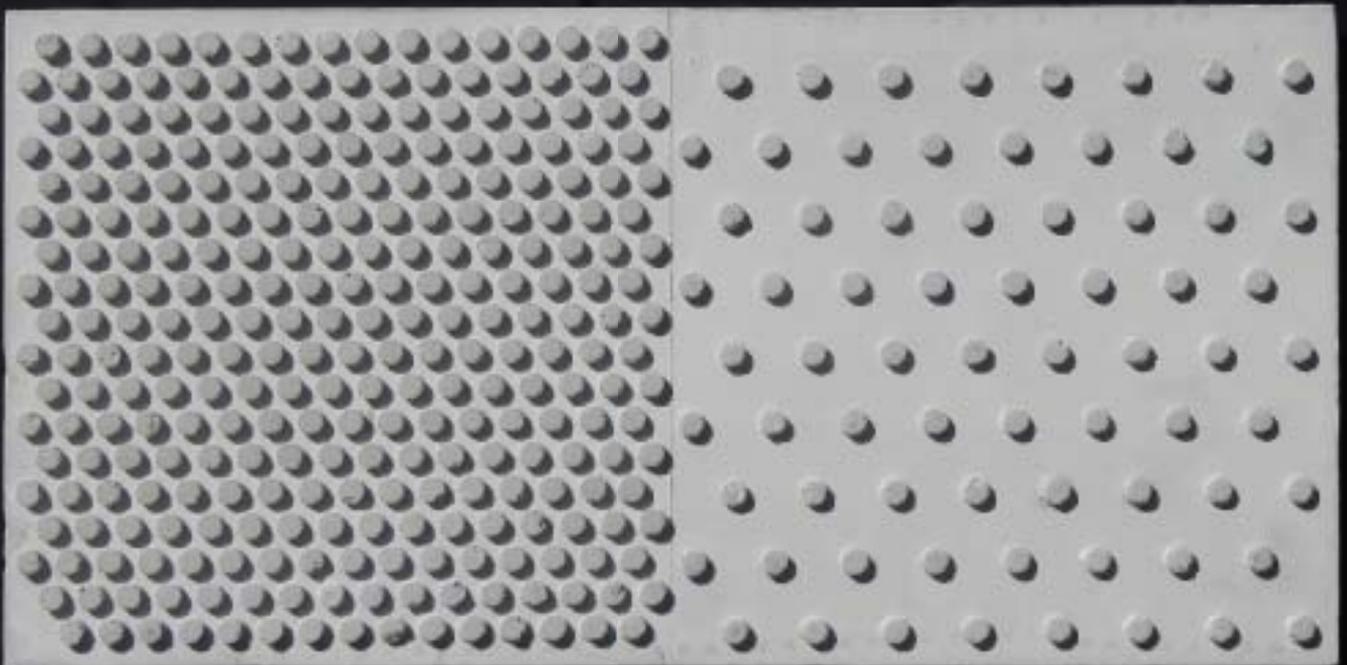
72

Schalungseinlagen aus Kunststoff d = 3,2 mm



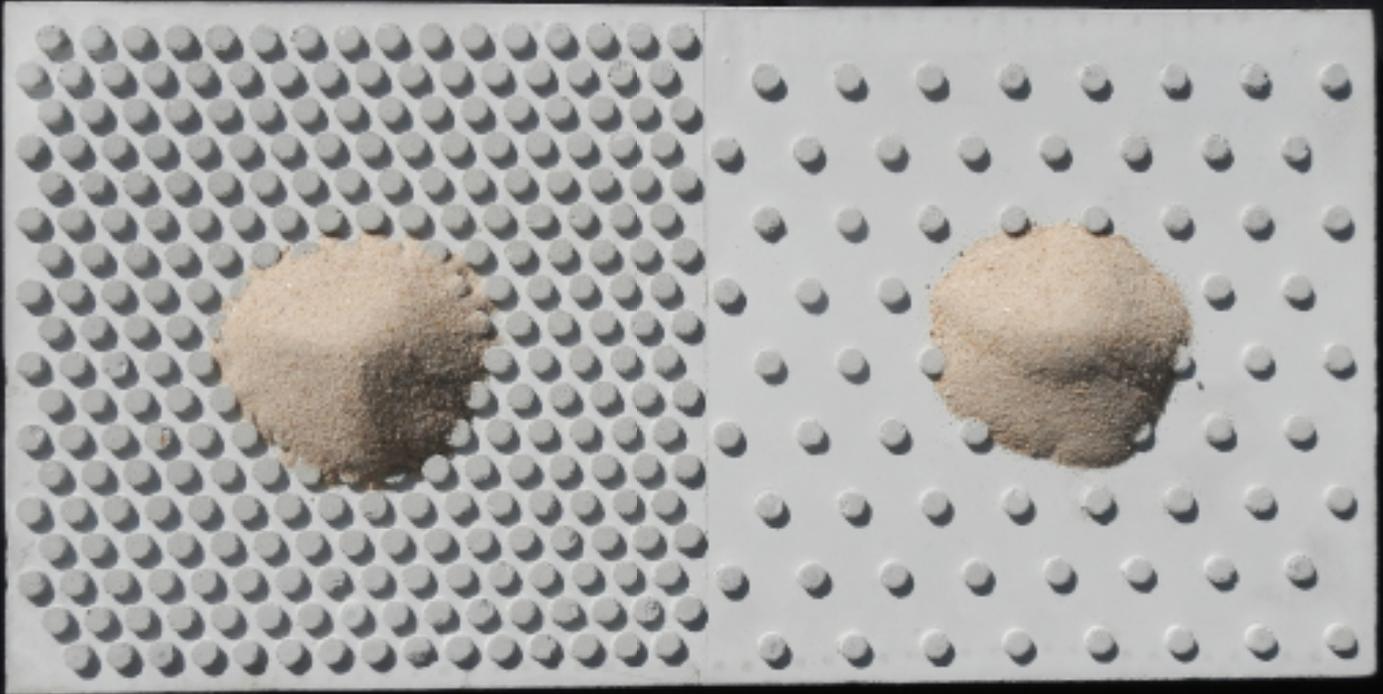
73

Noppenhöhe = 3,2 mm



74

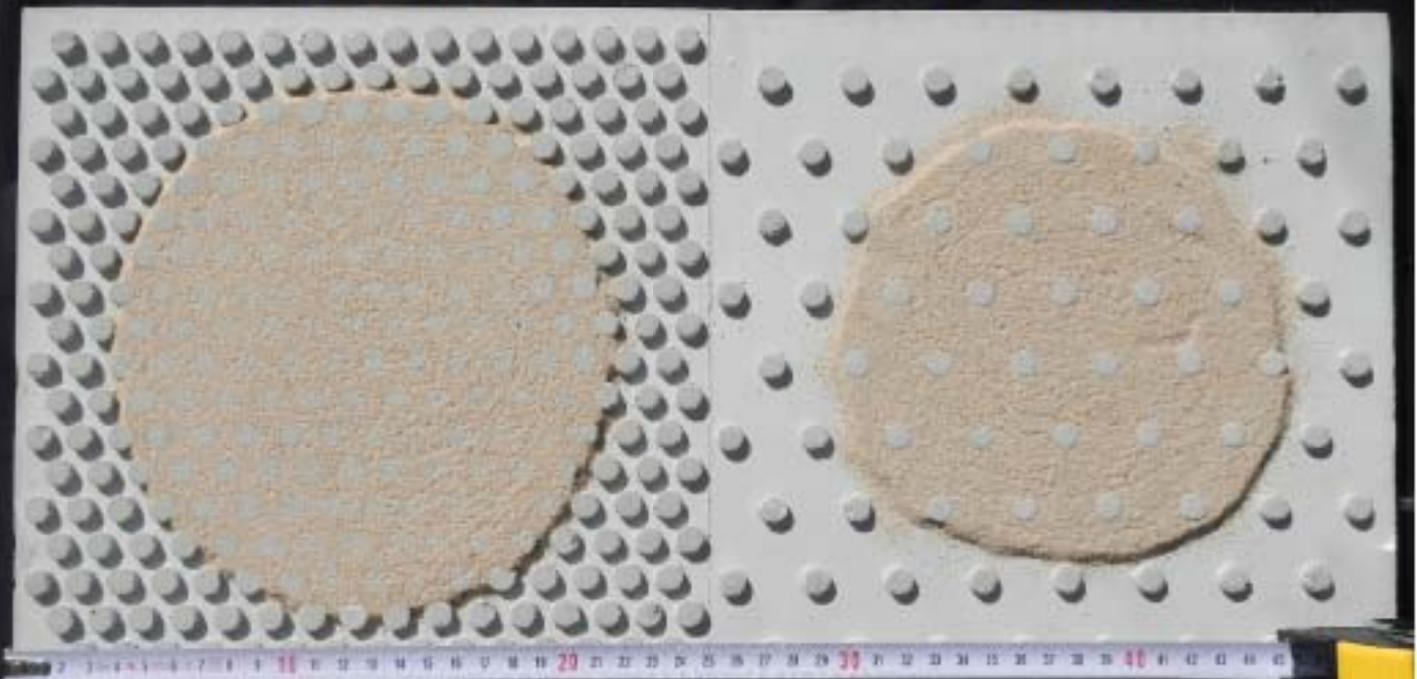
Sandflächenverfahren nach DAfStb-Rili 2001, Sandvolumen 50 cm³



75

$R_t = 1,95 \text{ mm}$

$R_t = 2,77 \text{ mm}$



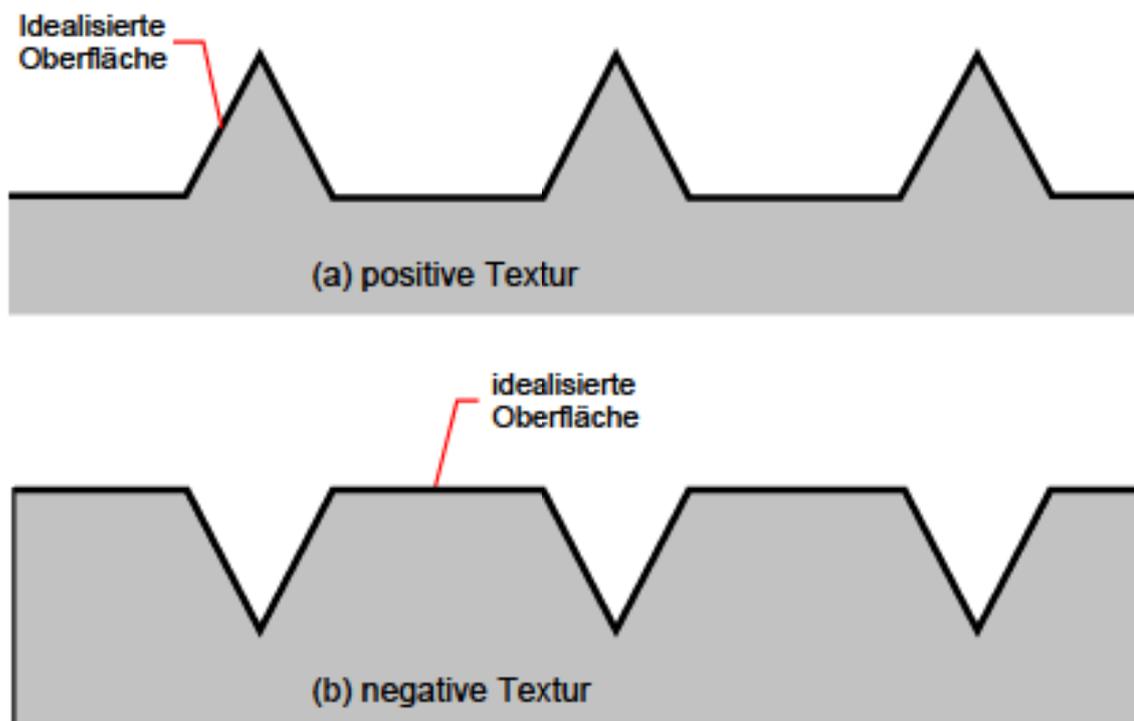
30 % bzw. 40 % Unterschied

Noppenhöhe = 3,2 mm → theoretische mittlere Rautiefe = 1,6 mm

76

Sandflächenverfahren

Positive und negative Textur, Beeinflussung des Ergebnisses

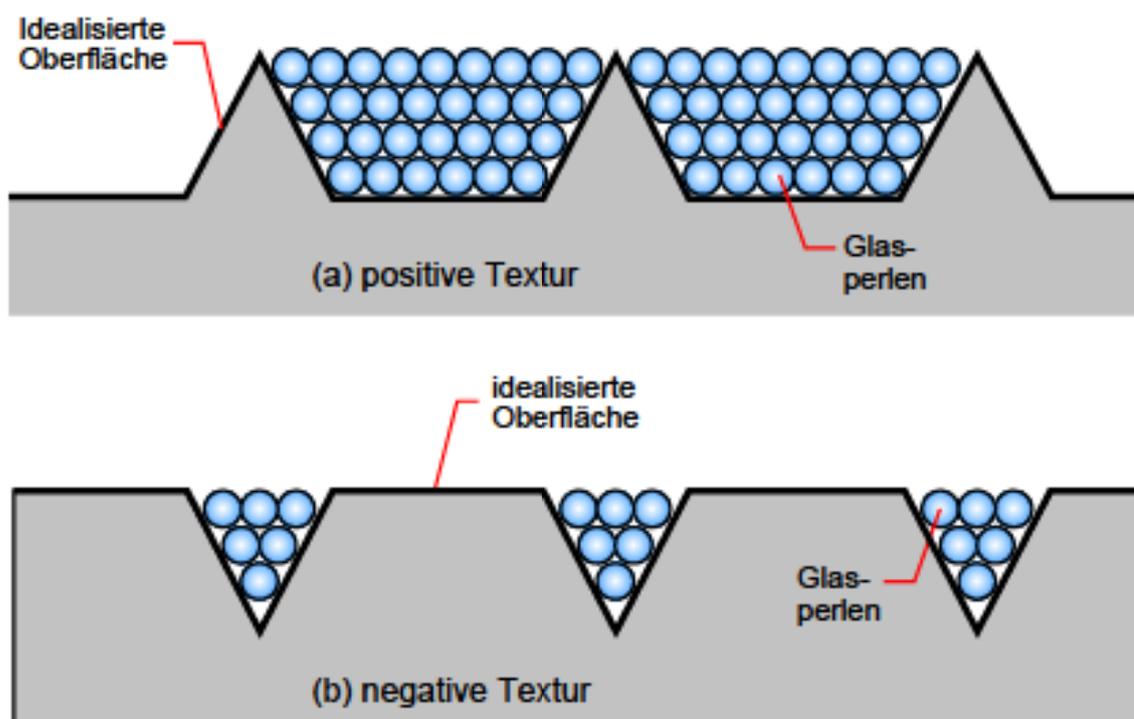


nach: McGhee, K. K.; Flintsch, G. W.

77

Sandflächenverfahren

Positive und negative Textur, Beeinflussung des Ergebnisses



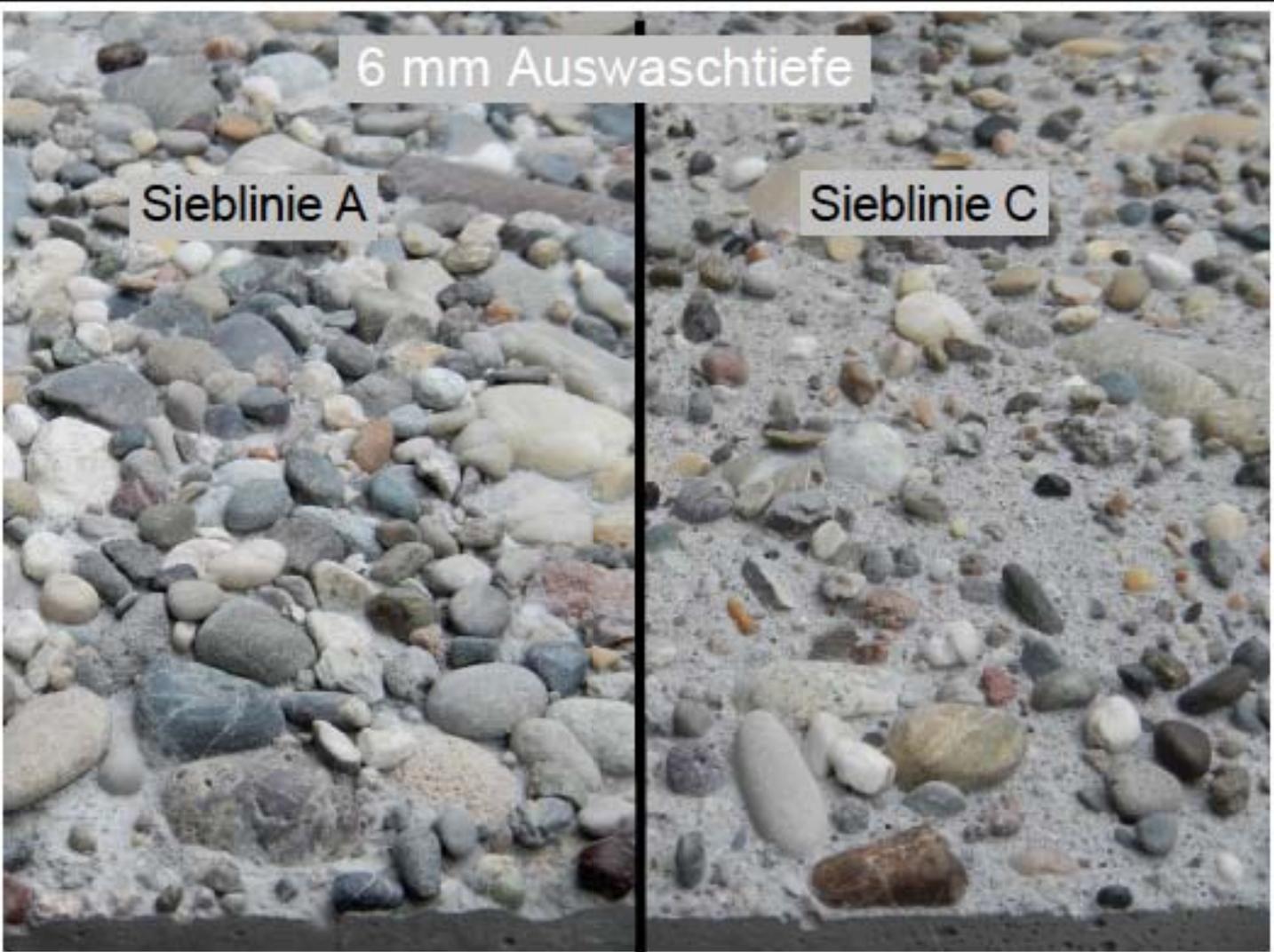
nach: McGhee, K. K.; Flintsch, G. W.

78

6 mm Auswaschtiefe

Sieblinie A

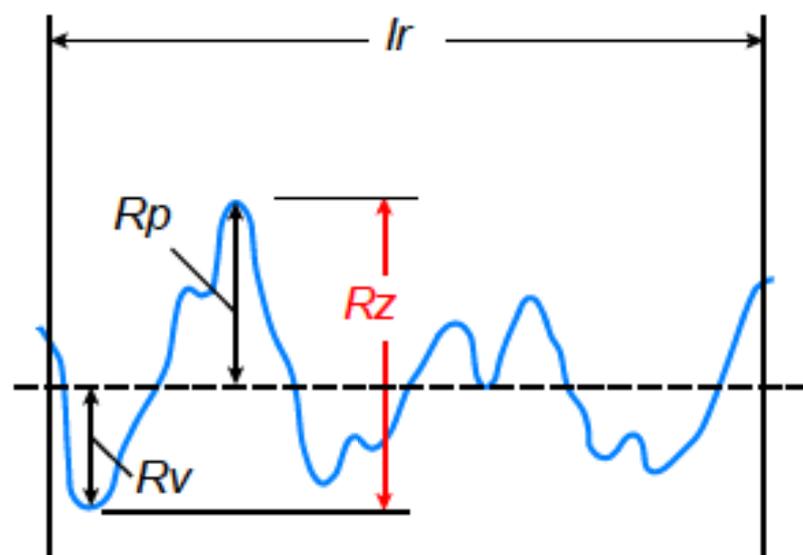
Sieblinie C



79

Rauheitsparameter

Spitzenhöhen R_p , Taltiefen R_v und größte Höhendifferenz R_z



Höhe der größten Profilspitze $R_p = \text{Mittel aus } (R_{p_1}, R_{p_2}, \dots)$

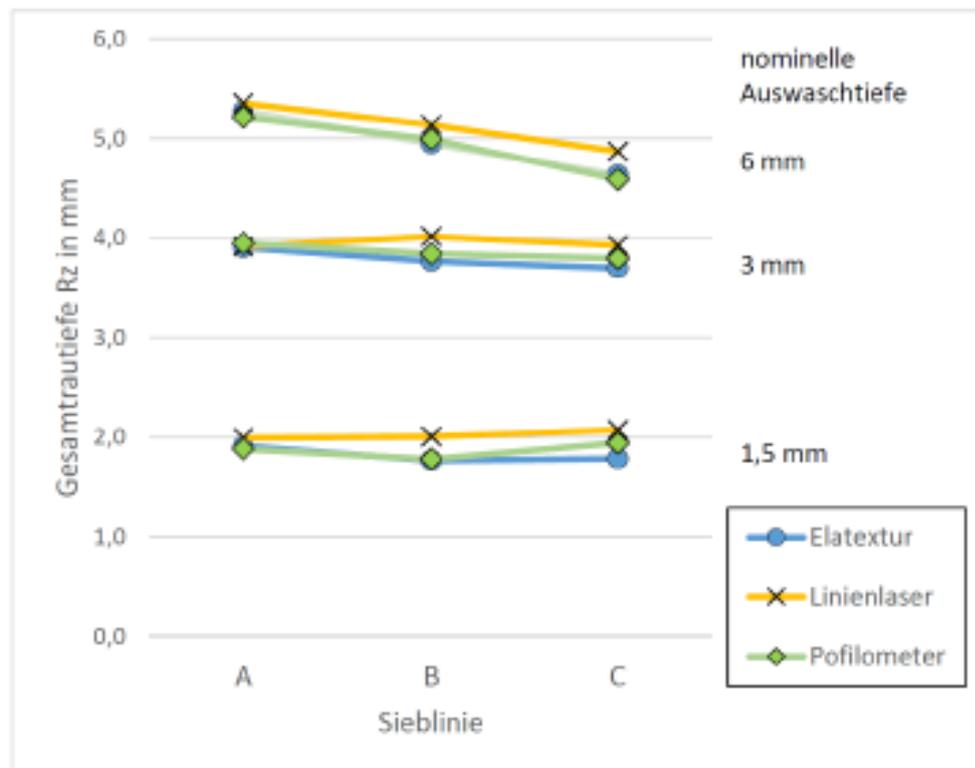
Tiefe des größten Profiltales $R_v = \text{Mittel aus } (R_{v_1}, R_{v_2}, \dots)$

größte Höhe (Höhendifferenz) des Profils $R_z = \text{Mittel aus } (R_{z_1}, R_{z_2}, \dots)$

80

Einfluss der Sieblinie

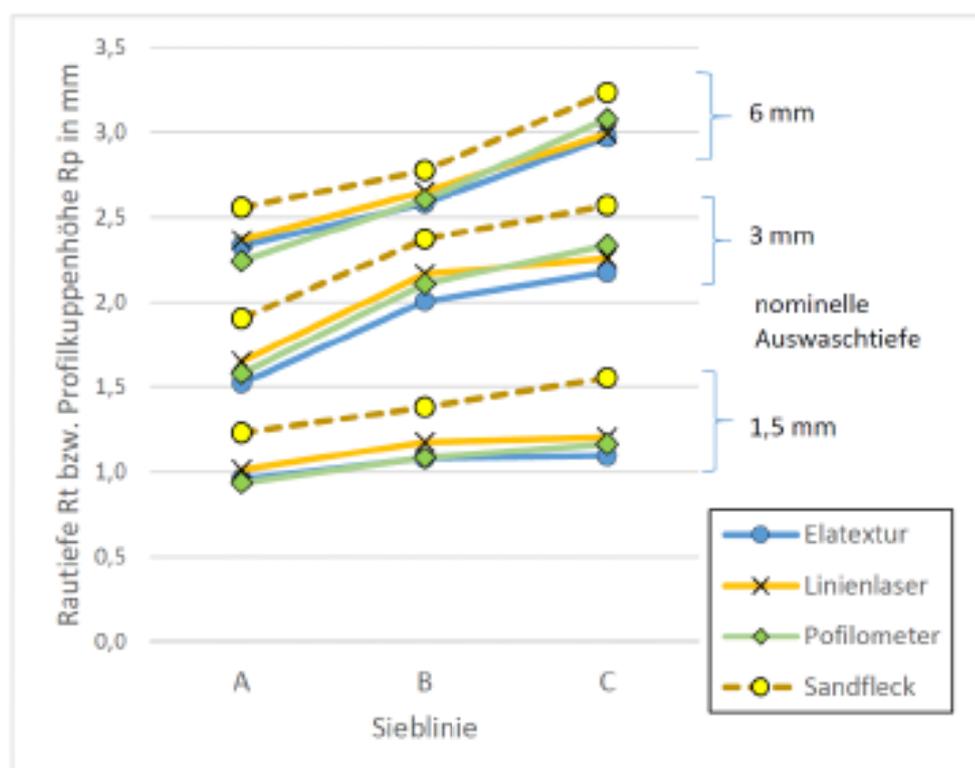
Gesamtrautiefen R_z ermittelt mit 3 unterschiedlichen Lasersystemen bei verschiedenen (nominellen) Auswaschtiefen und Sieblinien



81

Einfluss der Sieblinie

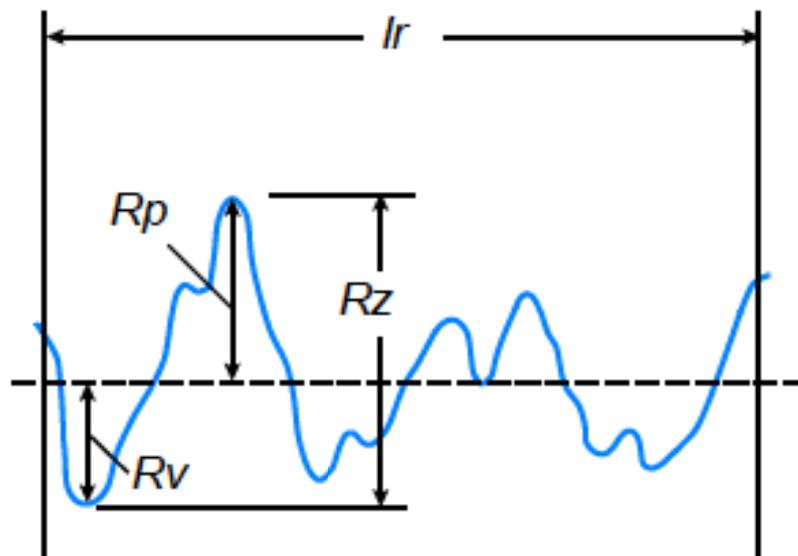
R_t (Sandfleck) im Vergleich zu R_p (Laser) bei verschiedenen (nominellen) Auswaschtiefen und Sieblinien



82

Texturbewertung

mit R_p/R_z bzw. R_p/R_v

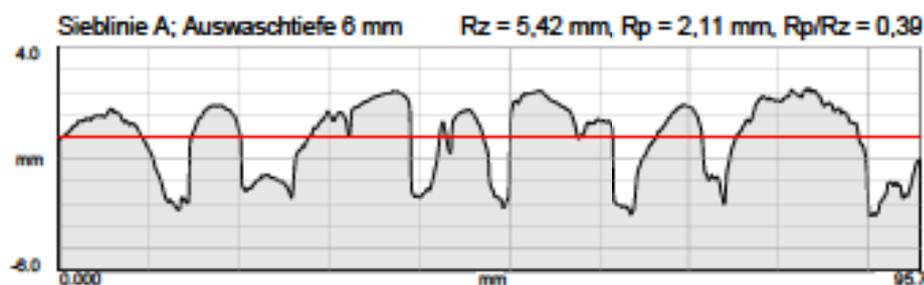


Rauheitsbewertung mit R_v (Sandfleck) oder R_p (Profilmessung)
nur bei annähernd neutralen Texturen sinnvoll

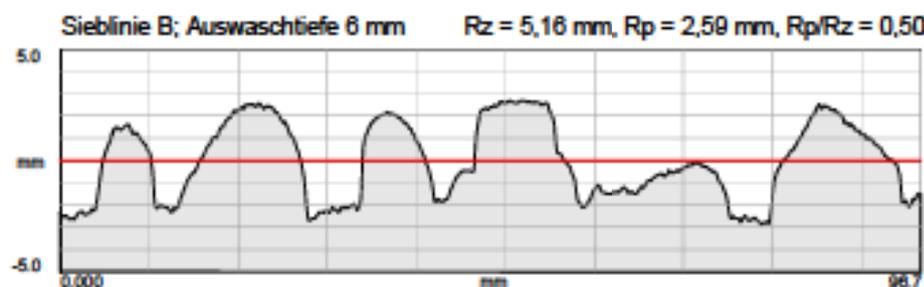
d.h. $\rightarrow R_p/R_z \approx 0,5$ bzw. $R_p/R_v \approx 1$

83

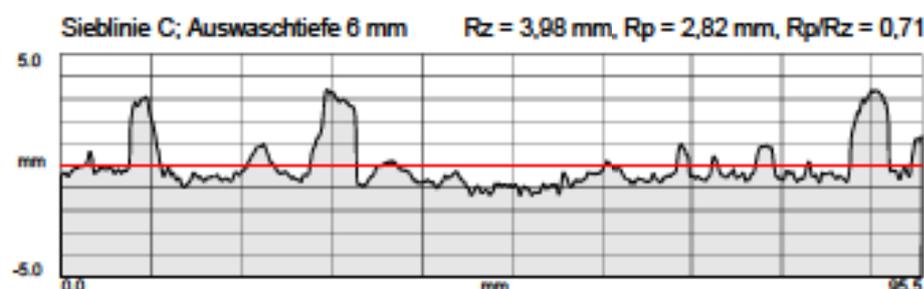
Texturbewertung - Beispiele



negative Textur
 $R_p/R_z < 0,5$



neutrale Textur
 $R_p/R_z = 0,5$



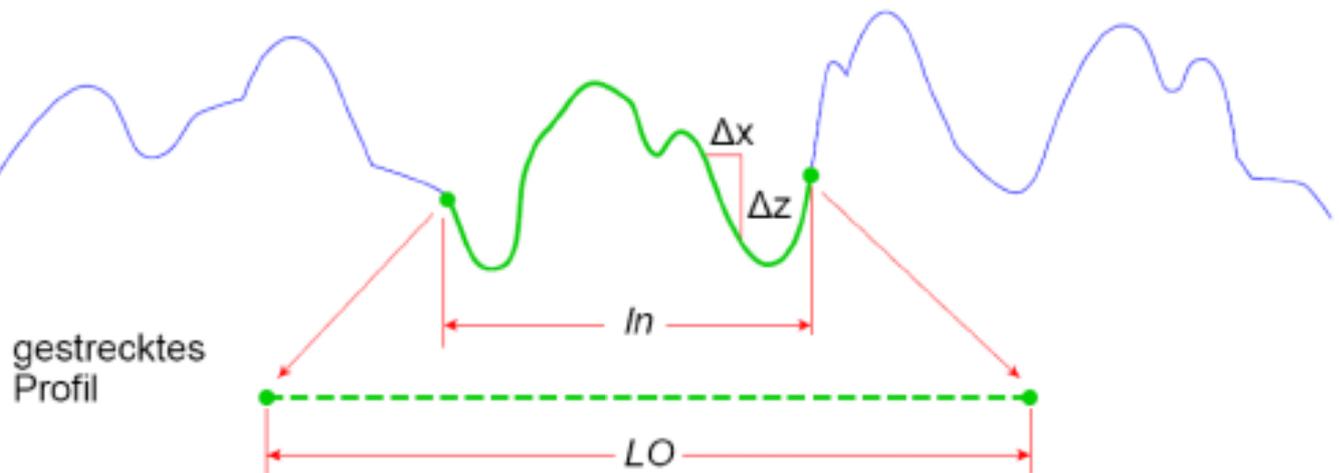
positive Textur
 $R_p/R_z > 0,5$

84

Weitere Parameter

„Wenzelscher Quotient“ W (Profillängenverhältnis LR)

$$LR = \frac{LO}{ln} \quad \text{bzw.} \quad W = \frac{1}{ln} \cdot \sum_{i=1}^n \sqrt{(\Delta x_i)^2 + (\Delta z_i)^2}$$



85

3D-Rauheitsmessung

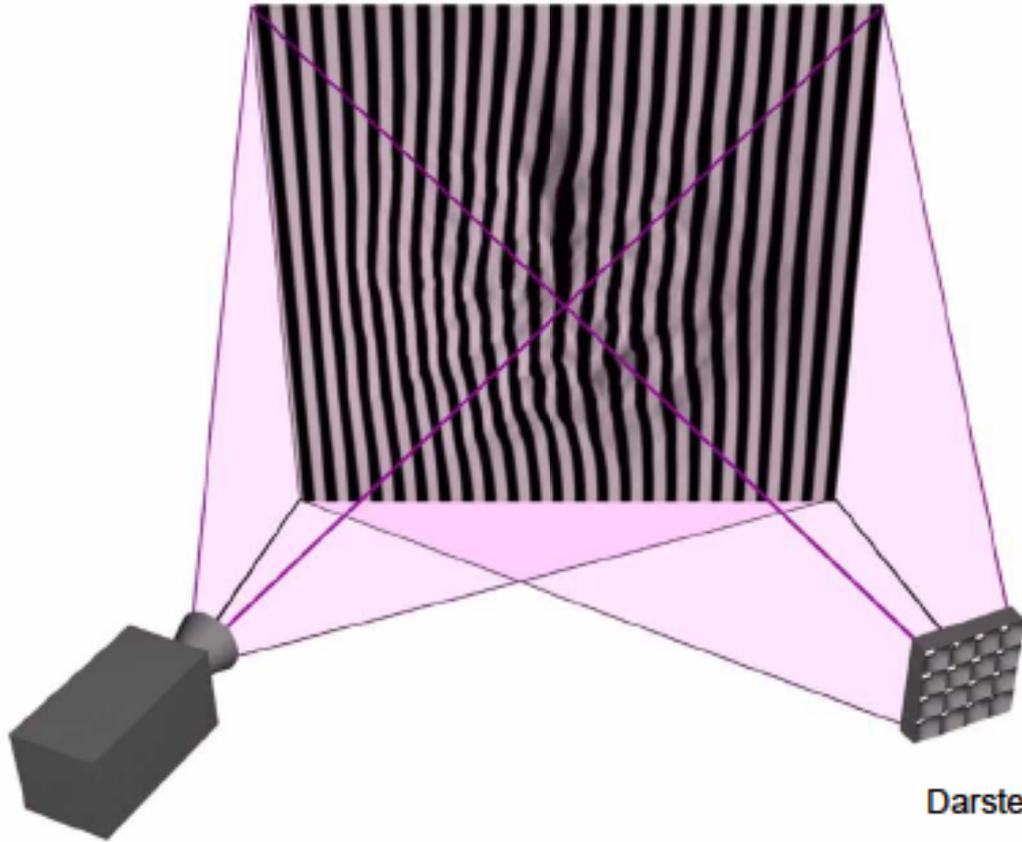
Streifenlichtprojektion

- Sandflächenverfahren (volumetrisch)
- Tastschnittverfahren (Profilmessverfahren)
- Laser-Triangulation (Profilmessverfahren)
- **Streifenlichtprojektion (topografisch)**
- Linienlaser-Scan (topografisch)

86

3D-Rauheitsmessung

Streifenlichtprojektion (Flächentriangulation)

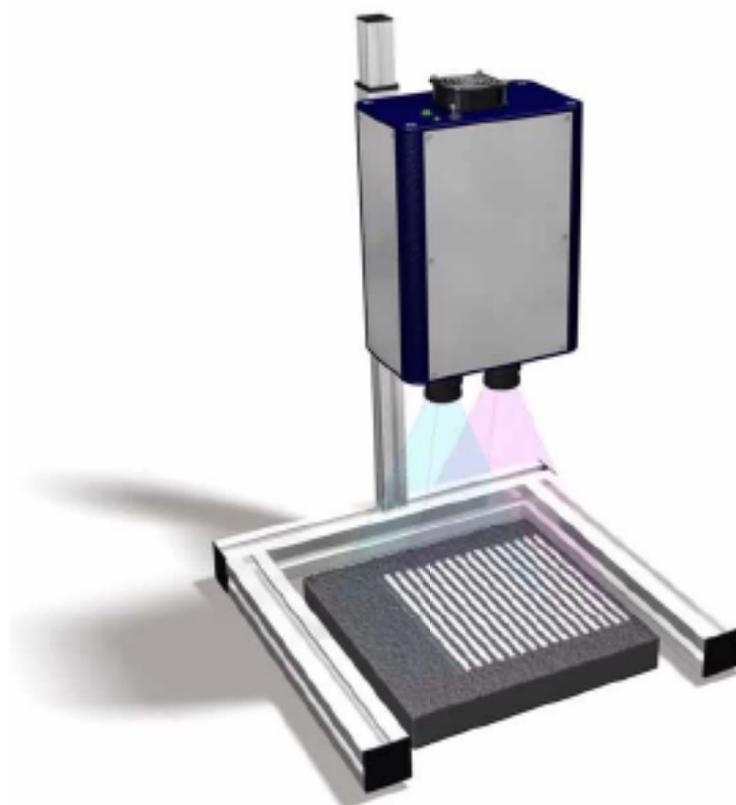


Darstellung K. Hofmann

87

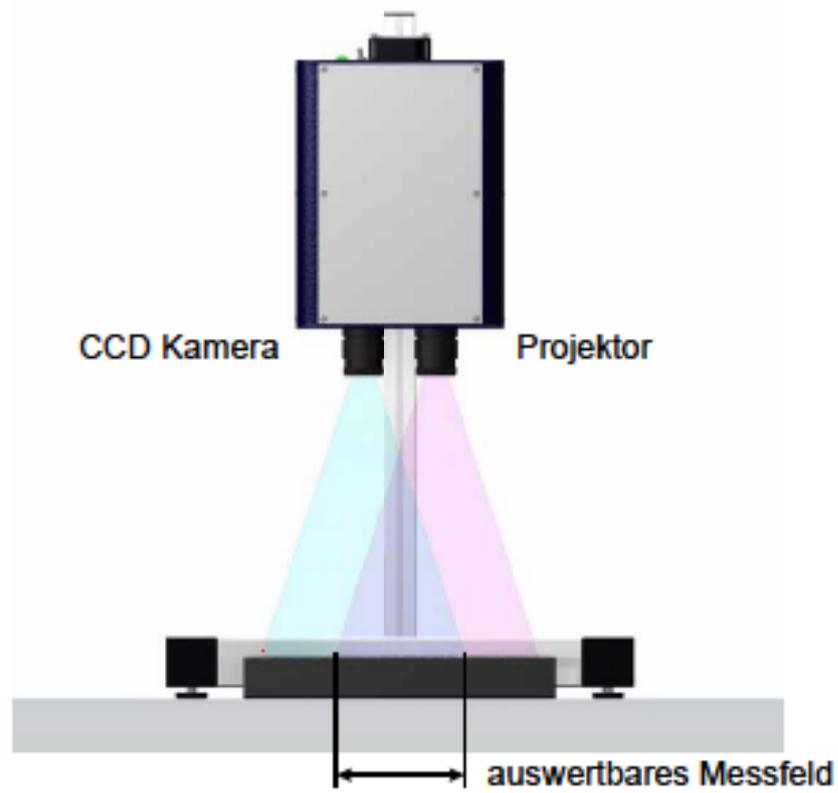
3D-Rauheitsmessung

Streifenlichtprojektion



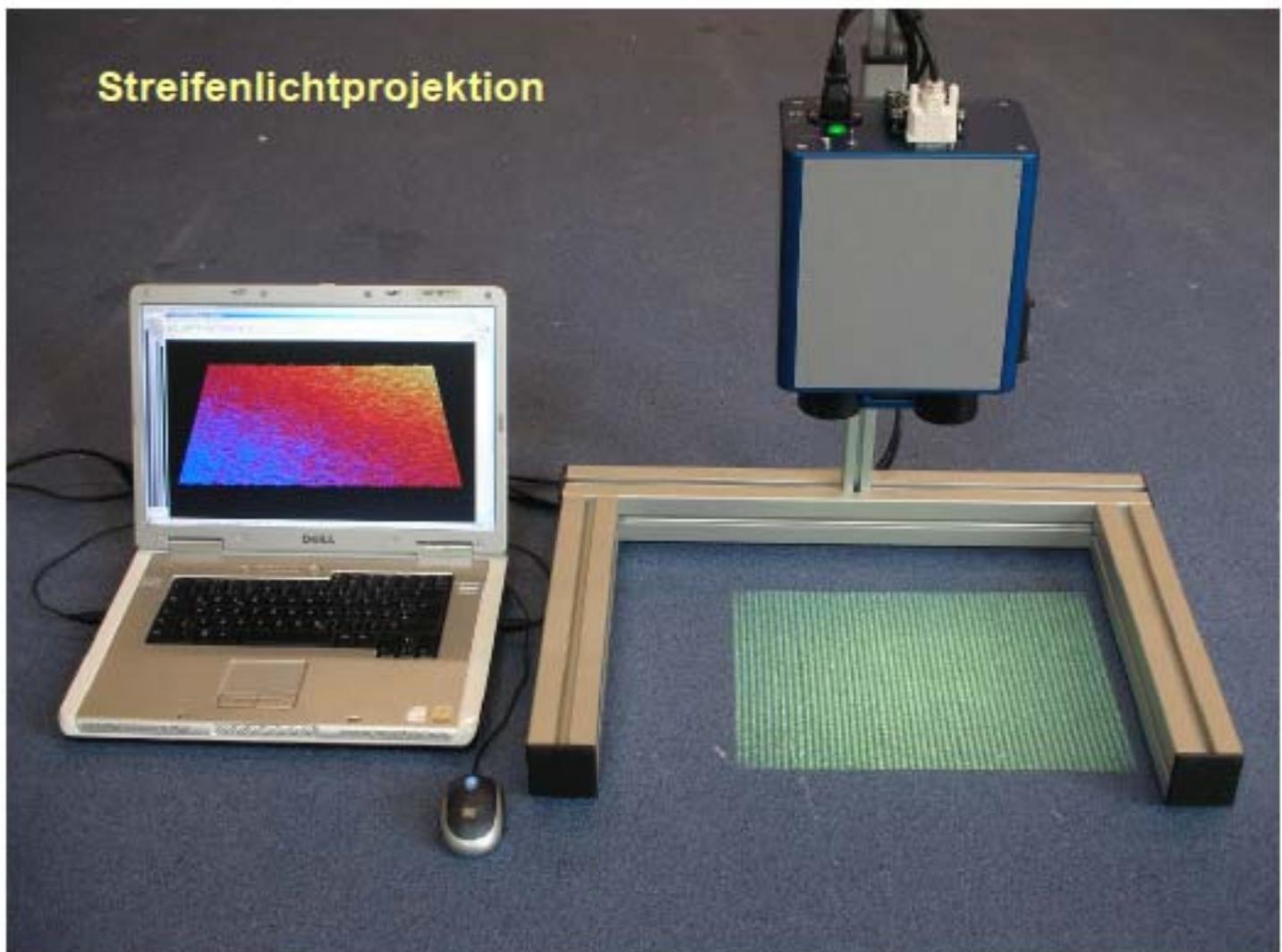
Darstellung aus
Diplomarbeit
K. Hofmann

88



Aufbauprinzip der 3D-Kamera (Darstellung K. Hofmann)

89



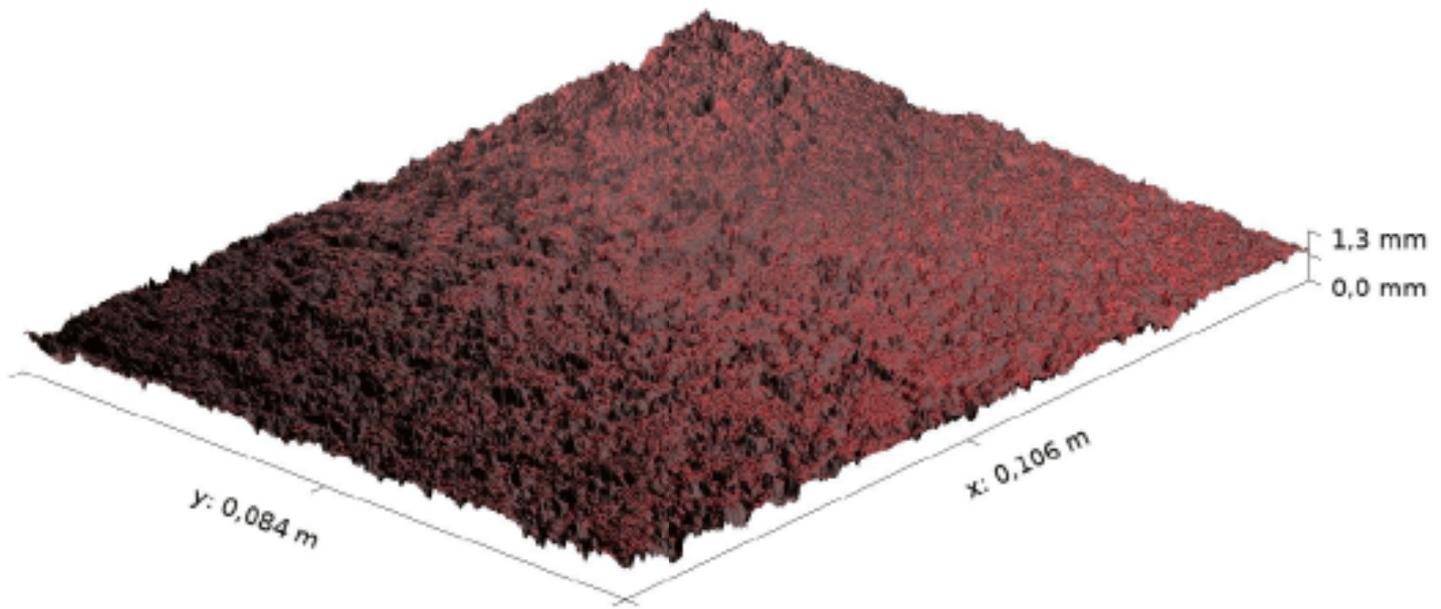
90



91



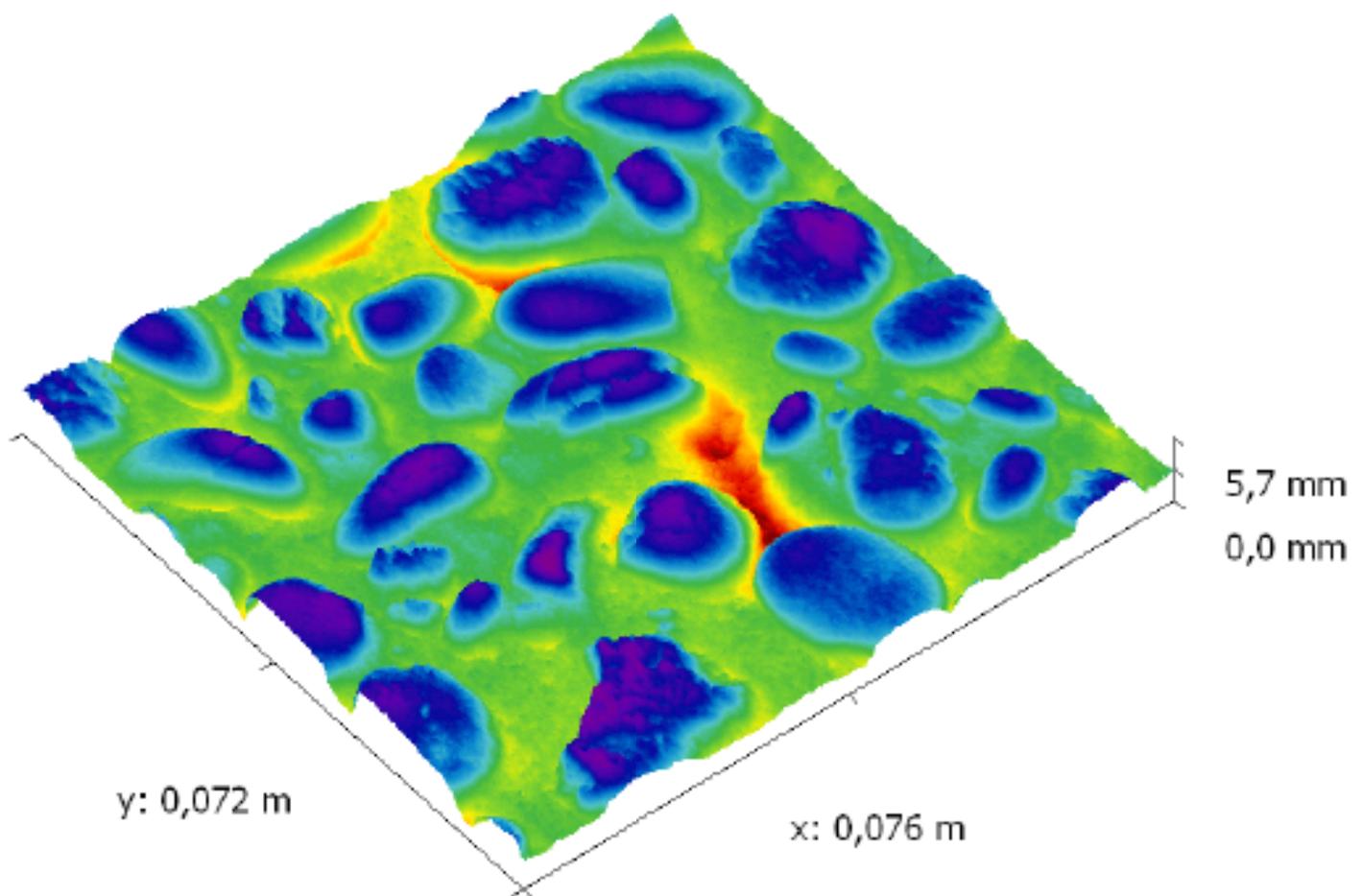
92



93



94

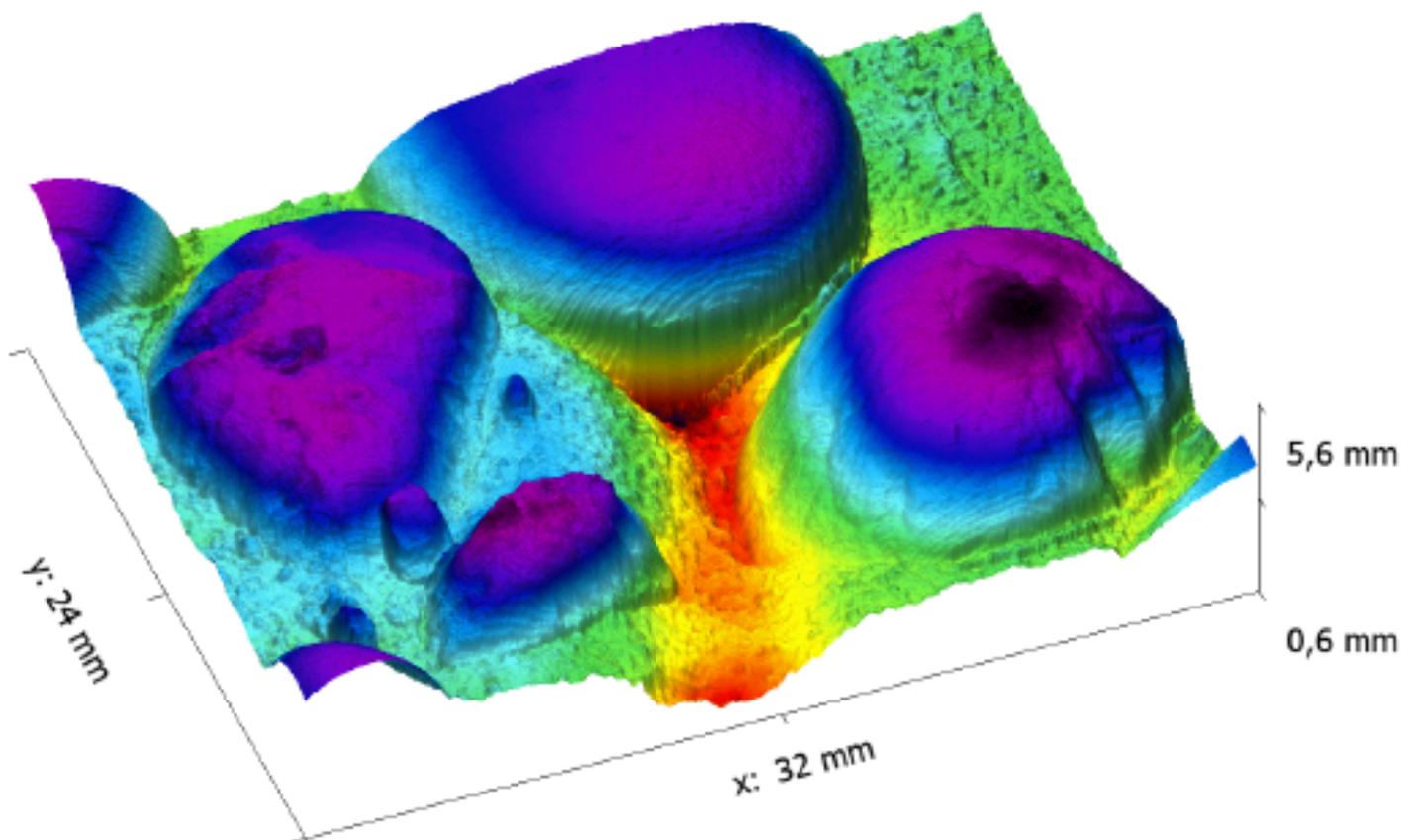


Digitalisierte Betonoberfläche

95

3D-Rauheitsmessung

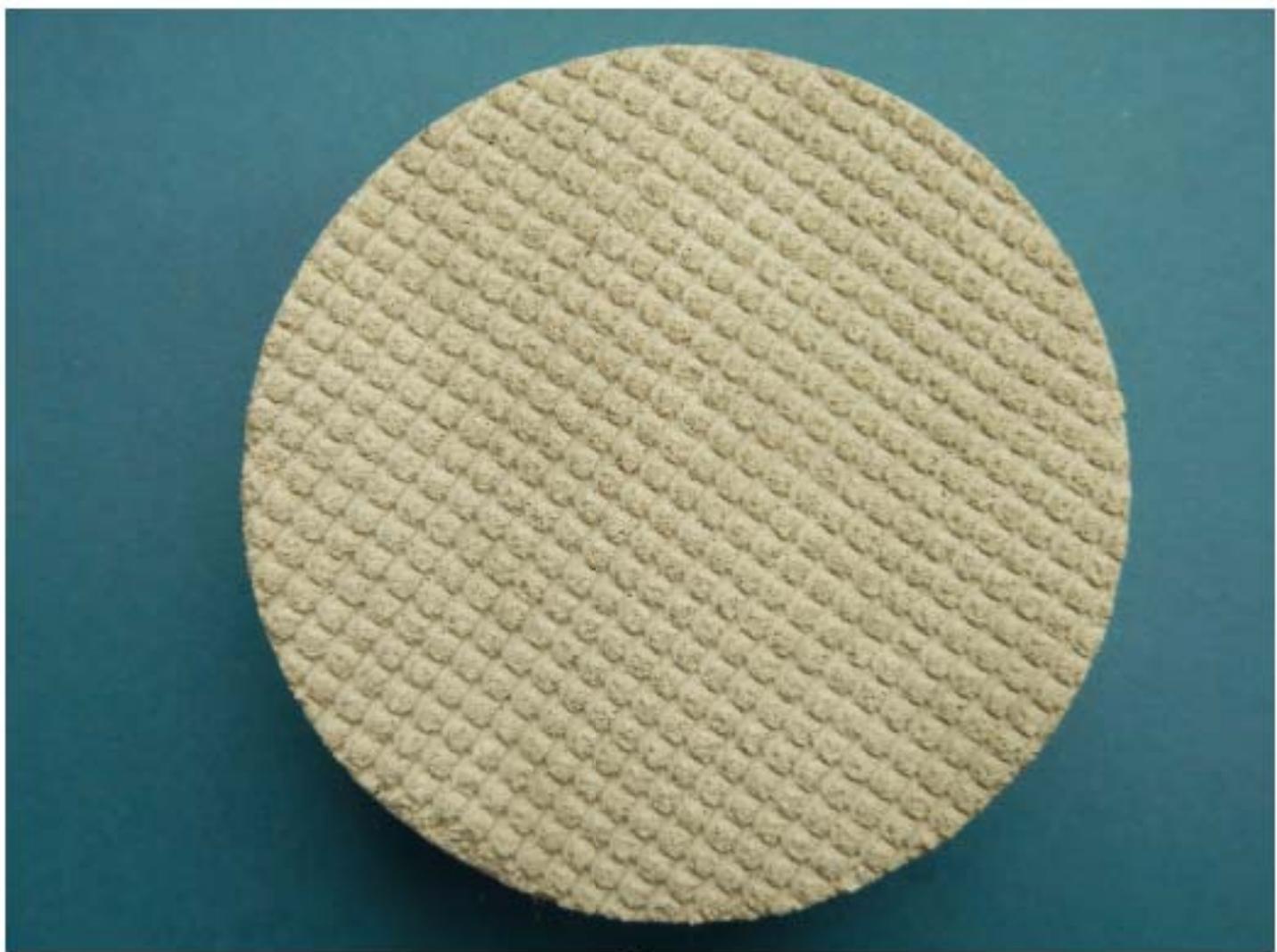
Scannender Linienlaser (topografisch)



96



97



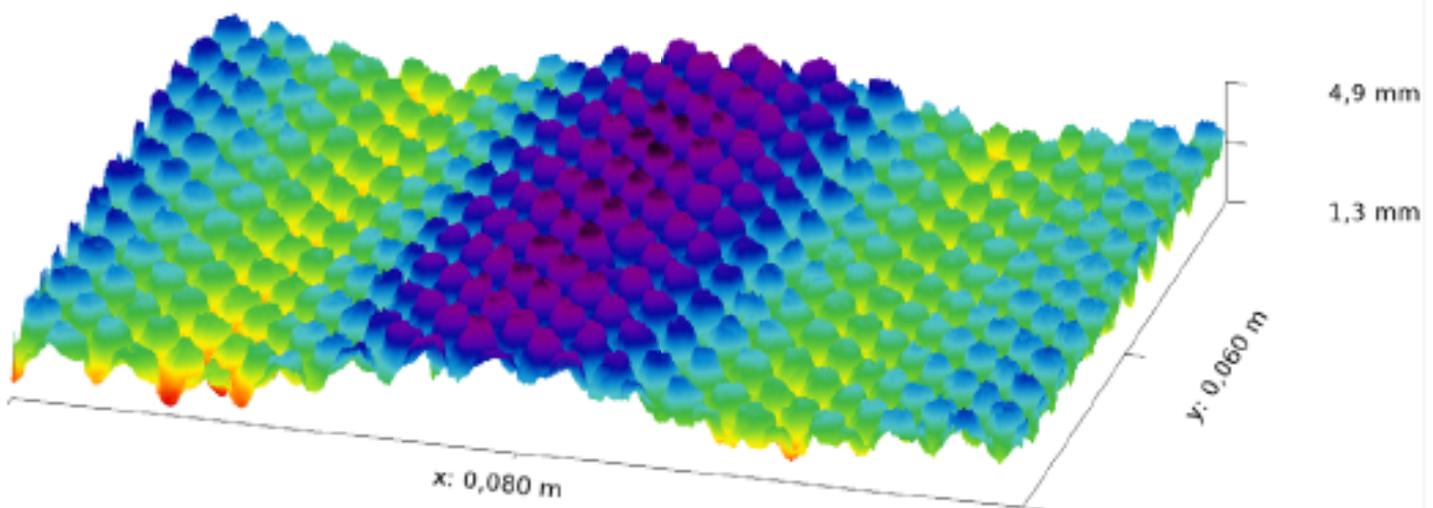
98



99

3D-Rauheitsmessung

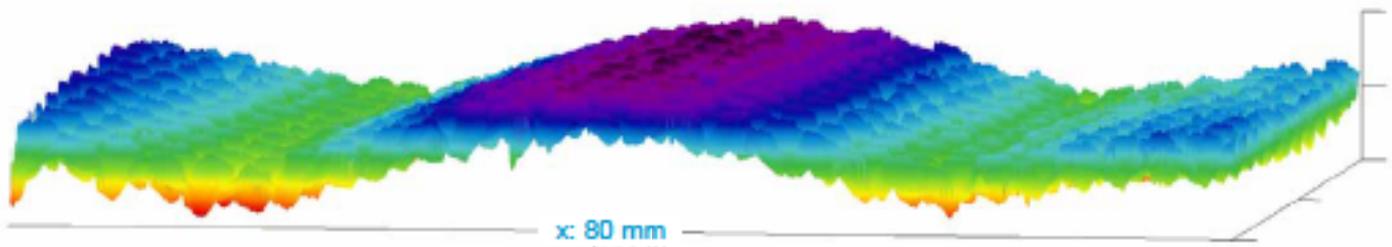
3D-Scan (Ausschnitt)



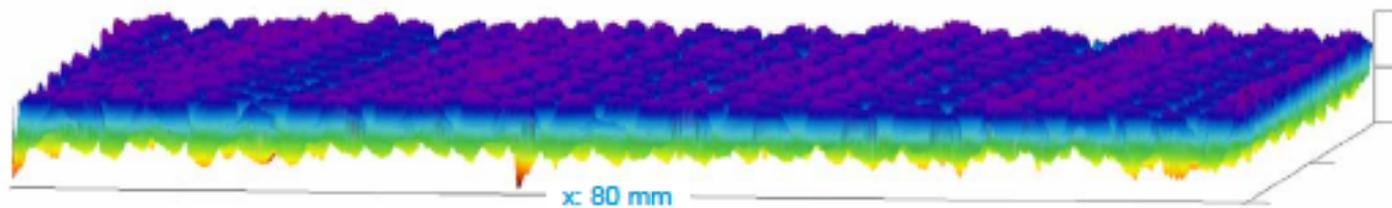
100

3D-Rauheitsmessung

Datenfilterung (Wellenfilter, hier Polynom 6. Grades)



ungefiltertes Primärprofil (Rauheit überlagert von Wellen)



auswertbares Rauheitsprofil

101

Vorteile elektro-optischer Methoden

2D- und 3D-Messmethoden

- große Informationsdichte in verhältnismäßig kurzer Zeit
- großer erfasster Bereich → sehr repräsentative Messungen
- Messungen auch an vertikalen Flächen oder über Kopf
- hohe Auflösung
- hohe Wiederholgenauigkeit
- inzwischen sehr kompakte transportable Geräte verfügbar
- automatischer, softwaregesteuerter Prüfablauf
- nahezu unabhängig vom Prüfer
- differenzierte Bewertungsmöglichkeiten (viele Parameter)
- gute Korrelation zu Anwendungseigenschaften
- noch längst nicht alle Potenziale ausgeschöpft

102

Nachteile elektro-optischer Methoden

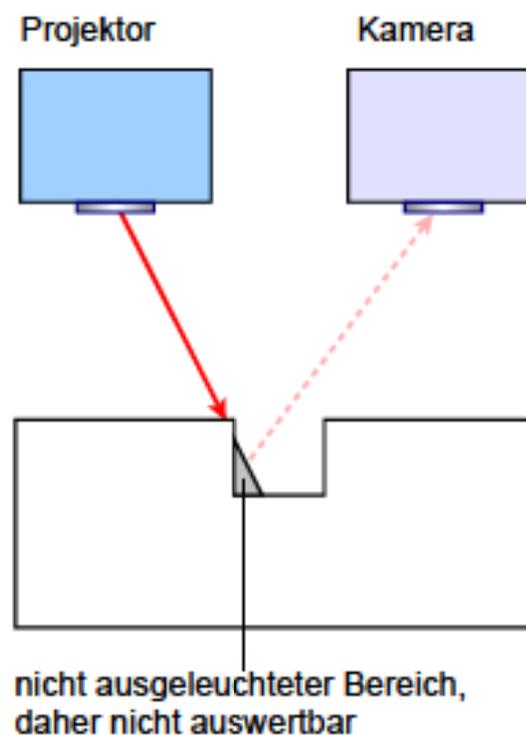
2D- und 3D-Messmethoden

- hohe Gerätekosten (vor allem bei 3D-Messverfahren)
- Ergebnisse geräteabhängig (z.B. Auflösung → für Vergleichbarkeit Festlegung von Leistungsklassen erforderlich)
- Zum Teil noch anspruchsvolle und zeitaufwändige Auswertung der Daten (Filterung und Fehlerkorrektur)
- Normung zu 3D-Messmethoden noch im Entwurfsstadium
- Umgebungsbeleuchtung (Fremdlicht)
- nur für matte nicht spiegelnde Oberflächen (störende Reflexionen z.B. durch Glimmerpartikel)
- unerwünschte Kanteneffekte bei schroffen Profilen

103

Besonderheit optischer Verfahren

„Wo Licht ist, ist auch Schatten“
Schattenbildung an Objektkanten



104

Fazit

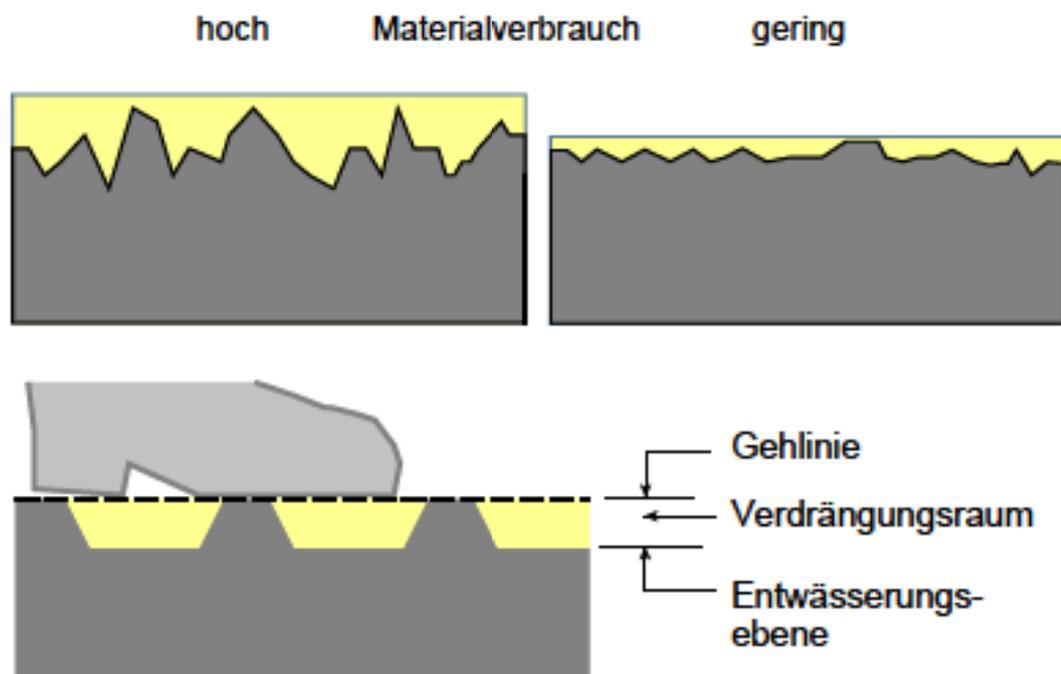
Elektro-optische Messverfahren im Vergleich zum Sandflächenverfahren

- Universeller einsetzbar (horizontal, vertikal und über Kopf)
- Mikro- und Makrotextur messbar (Auflösung)
- wesentlich höhere Genauigkeit und Reproduzierbarkeit
- automatische Versuchsdurchführung (kein Prüferinfluss)
- Parameter zur Charakterisierung der Textur
- weitere Einsatzgebiete: z.B. Verschleiß, Abwitterung, Erosion
- hohes Innovationspotenzial

105

Empfehlungen

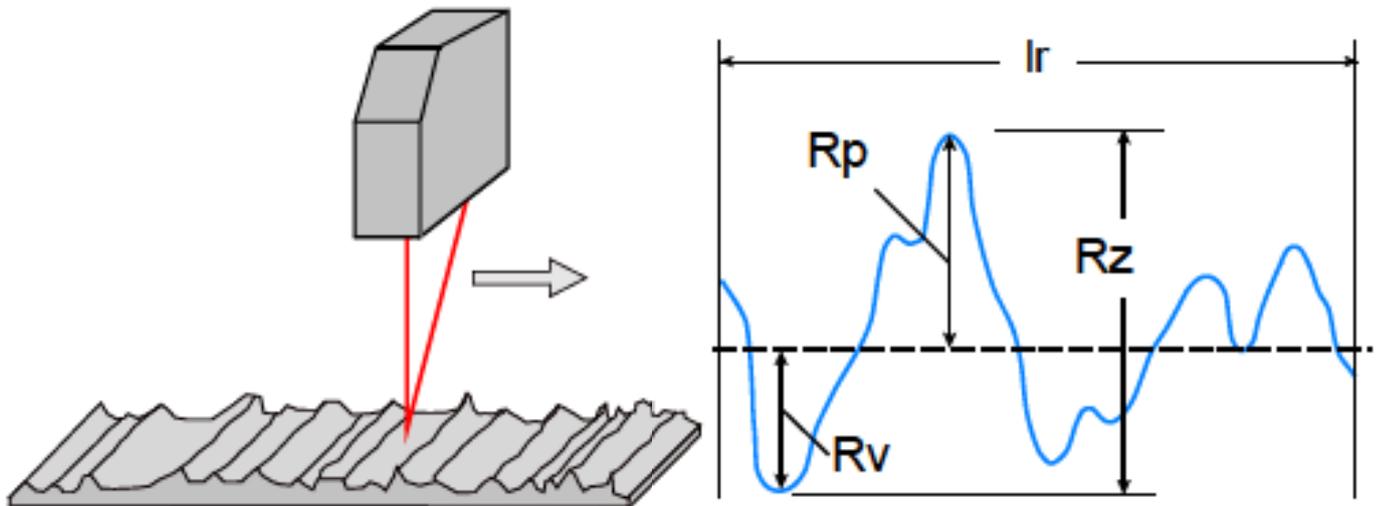
Sandflächenverfahren künftig nur noch zur Abschätzung des Materialverbrauchs oder zur Bestimmung des Verdrängungsraums



106

Empfehlungen

Profilmessverfahren mit vielen Parametern zur Bestimmung der Oberflächencharakteristik



R_p/R_z beachten!

107

Empfehlungen

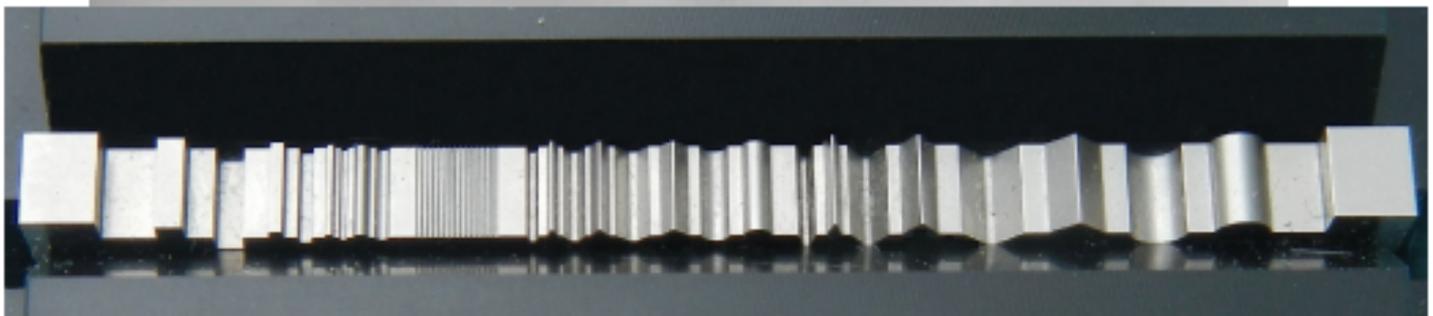
Messung und Auswertung nach bestehenden Normen mit entsprechenden Anpassungen

DEUTSCHE NORM		Juli 2004
	DIN EN ISO 13473-1	<u>DIN</u>
Charakterisierung der Textur von Fahrbahnbelägen unter Verwendung von Oberflächenprofilen – Teil 1: Bestimmung der mittleren Profiltiefe		
DEUTSCHE NORM		Juli 2004
	DIN ISO 13473-3	<u>DIN</u>
Charakterisierung der Textur von Fahrbahnbelägen unter Verwendung von Oberflächenprofilen – Teil 3: Anforderungen an und Einteilung von Profilometern		
DEUTSCHE NORM		Juli 2010
	DIN EN ISO 4287	<u>DIN</u>
Geometrische Produktspezifikation (GPS) – Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren – Benennungen, Definitionen und Kenngrößen der Oberflächenbeschaffenheit		

108

Empfehlungen

Kalibriernormale statt Sandflächenverfahren als Referenz



109

Empfehlungen

Kalibriernormale statt Sandflächenverfahren als Referenz



110

Empfehlungen

Änderung der Umrechnung von R_p in R_t nach Heft 600 DAfStb
(Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA
(Eurocode 2))

Tabelle H6.1 – Rauigkeitsparameter

	1	2	3
Definition		$R_t^{1)}$ [mm]	$R_p^{2)}$ [mm]
1 rau		$\geq 1,5$	$\geq 1,1$
2 verzahnt		$\geq 3,0$	$\geq 2,2$

¹⁾ mittlere Rautiefe nach dem Sandflächenverfahren von Kaufmann [H6-24], [R55], (Bild H6-22)
²⁾ maximale Profilkuppenhöhe ohne Einfluss der globalen Rauigkeit [456], (Bild H6-23)

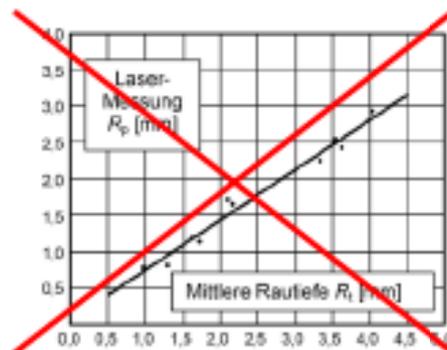


Bild H6-24 – Korrelation zwischen Profilkuppenhöhe R_p nach Schäfer [456] und mittlerer Rautiefe R_t nach Kaufmann [H6-24]

zu geringe Datenbasis

Messverfahren vor 20 Jahren

Umrechnung auf der unsicheren Seite!

111

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!



112

HANDBUCH

BAU



Andreas W. Momber
Rolf-Rainer Schulz



Handbuch der Oberflächenbearbeitung Beton

Bearbeitung – Eigenschaften – Prüfung

Birkhäuser