



Rauheitsmesssysteme von Jenoptik Oberflächenkenngrößen in der Praxis



Oberflächenmessung mit Jenoptik

Die Oberflächenbeschaffenheit eines Werkstücks spielt überall dort eine Rolle, wo sie eine definierte technische Aufgabe hat. Sie muss demnach möglichst eindeutig definiert werden. Dies geschieht mithilfe genormter Oberflächenkenngrößen.

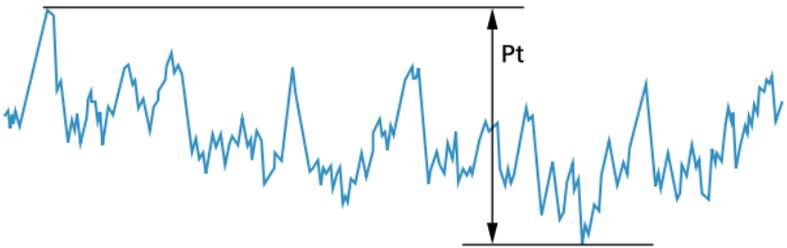
Dieses Blatt gibt einen Überblick über die wichtigsten Begriffe, Normen und Kenngrößen der Oberflächenmesstechnik.

Mit einem breiten Spektrum an Oberflächenmessgeräten bieten wir Ihnen vielfältige Auswertemöglichkeiten an unterschiedlichen Einsatzorten – sei es im Labor oder in der Fertigung.

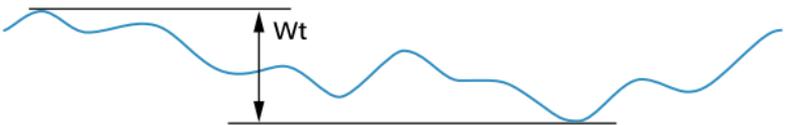
Ein besonders wichtiger Aspekt bei der Oberflächenmessung ist die kontinuierliche Überwachung auf bestmögliche Genauigkeit. In unserem DAkkS-DKD-Kalibrierlabor kalibrieren wir Ihre angelieferten Normale für verschiedene Rauheitskenngrößen. Für nicht akkreditierte Kenngrößen stellen wir Ihnen einen einfacheren Werkskalibrierschein aus.

Aufgliederung einer Oberfläche

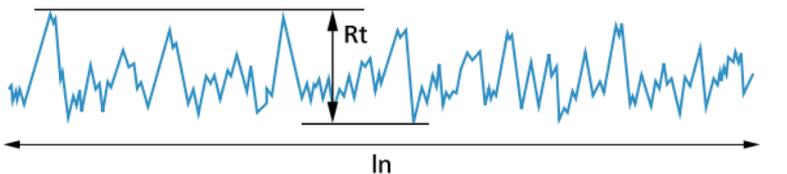
Ungefiltertes P-Profil



Gefiltertes W-Profil



Gefiltertes R-Profil



Oberflächenprofile – Gesamthöhe des Profils

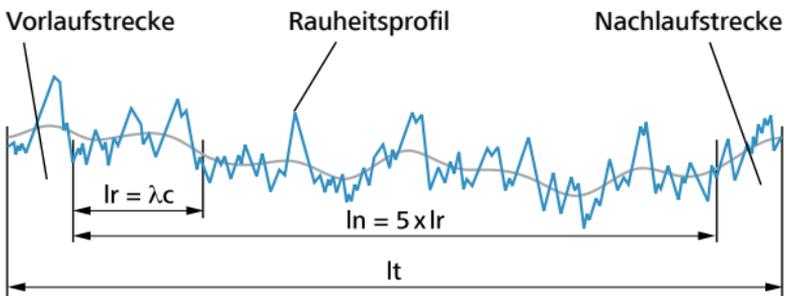
Mit dem Tastschnittverfahren wird das Profil einer Oberfläche zweidimensional erfasst.

Das ungefilterte Primärprofil (P-Profil) ist das tatsächlich gemessene Oberflächenprofil. Durch dessen Filterung nach DIN ISO 16610-21 entstehen das Welligkeitsprofil (W-Profil) und das Rauheitsprofil (R-Profil). Bestimmende Größe für die Grenze zwischen Welligkeit und Rauheit ist die Grenzwellenlänge λ_c (Cut-off).

Nach DIN EN ISO 4287 gelten alle Kenngrößendefinitionen sowohl für das Rauheits- als auch das Primär- und Welligkeitsprofil. Die Kennzeichnung des Profiltyps erfolgt durch die Großbuchstaben P, R oder W.

Die Gesamthöhe P_t , W_t bzw. R_t des jeweiligen Profiltyps ist die maximale Höhe zwischen der höchsten Spitze und des tiefsten Tals des Profils der Messstrecke.

Messstrecken – Grenzwellenlänge



Die Taststrecke l_t ist die Gesamtlänge der Tasterbewegung während des Tastvorgangs. Sie ist größer als die Messstrecke l_n , um mit dem Profilfilter das Rauheitsprofil bilden zu können.

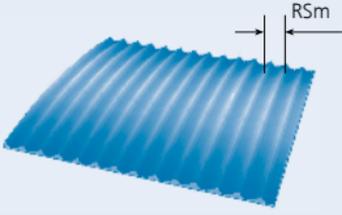
Mit Ausnahme von R_t und $R_{mr}(c)$ sind die Rauheitskenngrößen innerhalb einer Messstrecke l_n definiert. Ermittelt werden sie jedoch als Mittelwert aus fünf Einzelmessstrecken l_r .

Die Einzelmessstrecke l_r entspricht der Grenzwellenlänge λ_c .

Wahl der Grenzwellenlänge des Filters (Cut-off) DIN EN ISO 3274:1998

Die Grenzwellenlänge wird, abhängig von der Werkstückoberfläche entweder nach dem Riefenabstand oder den zu erwartenden Rauheitswerten gewählt. Gleichzeitig sind damit die Gesamtmessstrecke und die

Periodische Profile
z.B. Drehen, Fräsen



RSm (mm)	
> 0,013	...0,04
> 0,04	...0,13
> 0,13	...0,4
> 0,4	...1,3
> 1,3	...4

Messbedingungen

- lr** Einzelmessstrecke
- ln** Messstrecke
- lt** Taststrecke
- λc** Grenzwellenlänge
- λs** Kurzwelliges Profilfilter
- r_{tip}** Tastspitzenradius
- ΔX** Digitalisierungsabstand¹⁾

λc = lr (mm)	ln (mm)
0,08	0,4
0,25	1,25
0,8	4
2,5	12,5
8	40



Anwendungsbeispiel

Bei einem periodischen Profil kommt der mittlere Rillenabstand der Rauheitsprofilelemente RSm zum Einsatz. Bei einem RSm, der zwischen 0,4 und 1,3 mm liegt, ergeben sich die folgenden Messbedingungen: λc = 2,5 mm / ln = 12,5 mm / lt = 15 mm / r_{tip} = 5 μm / λs = 8 μm.

* Bei Rz ≤ 2 μm beträgt der Tastspitzenradius 2 μm, bei Rz > 2 μm beträgt er 5 μm. Der Messpunktabstand liegt bei höchstens 0,5 μm.

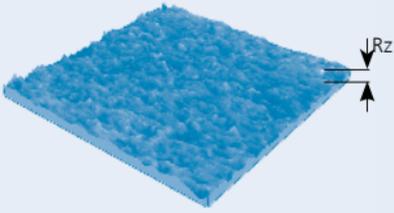
Messbedingungen für Motifkenngrößen nach

A* (mm)	B* (mm)	Taststrecke (mm)
0,02	0,1	0,64
0,1	0,5	3,2
0,5	2,5	16
2,5	12,5	80

* Wenn nicht anders angegeben, gelten die Vorzugswerte A = 0,5 mm und B = 2,5 mm. Die vereinbarte Grenzwellenlänge

ff) nach DIN EN ISO 4288:1998 und

zugehörige Taststrecke gemäß den Normen verbindlich festgelegt. Abweichungen sind dann erforderlich, wenn das Werkstück die geforderte Taststrecke nicht zulässt. Siehe Zeichnungseintragungen.

<p>1) Der Digitalisierungsabstand ist ebenfalls genormt. Dieser wird von den meisten Rauheitsmessgeräten automatisch eingestellt.</p>			<p>Aperiodische Profile z.B. Schleifen, Erodieren</p> 	
lt (mm)	r_{tip} (μm)	λ_s (μm)	Ra (μm)	Rz (μm)
0,48	2	2,5	> (0,006) ...0,02	> (0,025) ...0,1
1,5	2	2,5	> 0,02 ...0,1	> 0,1 ...0,5
4,8	2 oder 5*	2,5	> 0,1 ...2	> 0,5 ...10
15	5	8	> 2 ...10	> 10 ...50
48	10	25	> 10 ...80	> 50 ...200

Verkürzte Regelmessstrecke

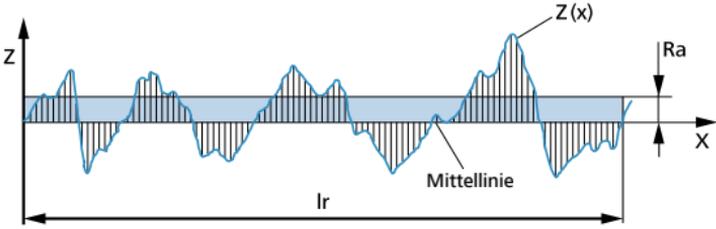
Wenn die tatsächlich mögliche Taststrecke auf der Werkstückoberfläche für lt nicht ausreicht, wird entsprechend die Anzahl der Einzelmessstrecken verringert und in der Zeichnung angegeben. Wenn die tatsächlich verfügbare Taststrecke kleiner als eine Einzelmessstrecke ist, wird anstelle von Rt oder Rz die Gesamtprofilhöhe Pt des Primärprofils ausgewertet.

ch DIN EN ISO 12085

Messstrecke (mm)	λ_s (μm)	Tastspitzenradius (μm)
0,64	2,5	$2 \pm 0,5$
3,2	2,5	$2 \pm 0,5$
16	8	5 ± 1
80	25	10 ± 2

enze A bestimmt in diesem Fall, dass die ermittelten AR-Kenngrößen immer kleiner als 0,5 mm sind.

Ra nach DIN EN ISO 4287

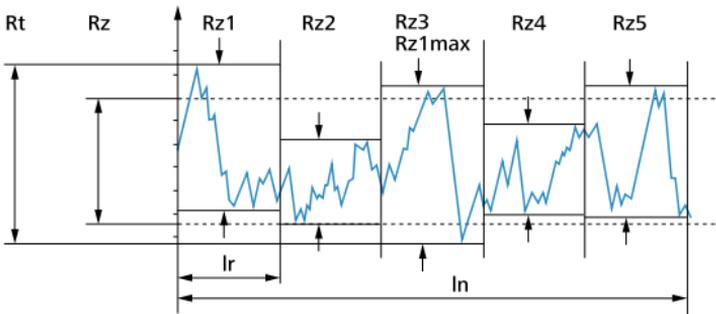


Ra – arithmetischer Mittenrauwert

Ra ist der arithmetische Mittenrauwert aus den Beträgen aller Profilwerte. Die Aussagekraft von Ra ist relativ gering, da er unempfindlich gegenüber Spitzen und Riefen reagiert.

$$Ra = \frac{1}{lr} \int_0^{lr} |Z(x)| dx$$

Rz, Rz1max, Rt nach DIN EN ISO 4287



Rz – gemittelte Rautiefe

Mittelwert der fünf Rz-Werte aus den fünf Einzelmessstrecken lr.

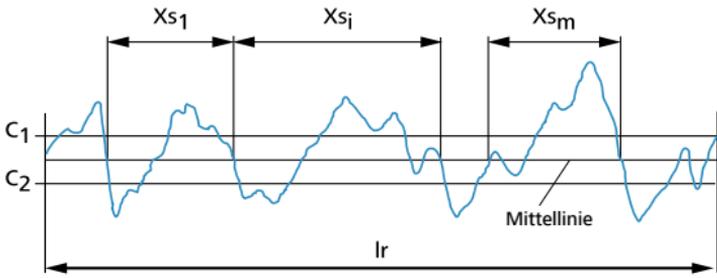
Rz1max – maximale Rautiefe

Größter Rz-Wert aus den fünf Einzelmessstrecken lr.

Rt – Gesamthöhe des Rauheitsprofils

Rt ist der Abstand zwischen der höchsten Spitze und des tiefsten Tals des Profils der Gesamtmesstrecke ln.

RSm nach DIN EN ISO 4287

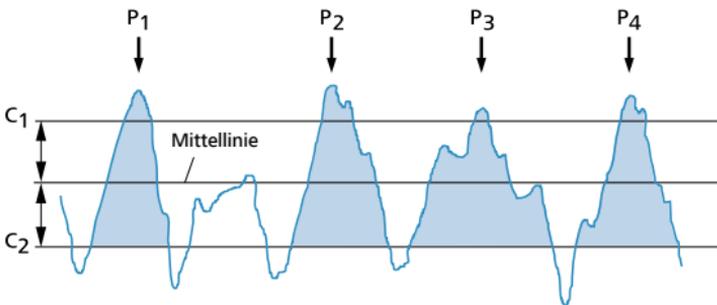


RSm – mittlerer Rillenabstand

RSm ist der arithmetische Mittelwert der Breite der Profilelemente des Rauheitsprofils innerhalb der Einzelmessstrecke und erfordert die Festlegung von Zählschwellen (c_1 , c_2) passend zur Funktion der Oberfläche.

$$RSm = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{s_i}$$

RPc nach DIN EN 10049



RPc – normierte Spitzenzahl

RPc entspricht der Anzahl lokaler Spitzen, die nacheinander eine obere Schnittlinie c_1 und eine untere Schnittlinie c_2 überschreiten. Die Spitzenzahl wird unabhängig von der gewählten Messstrecke auf eine Länge von 10 mm bezogen.

Globale Marktpräsenz.



Unser Leistungs- spektrum

Messtechnologie

Taktile Messtechnik
Pneumatische Messtechnik
Optische Messtechnik

Produktprogramm

Rauheitsmessung
Konturenmessung
Formmessung
Optische Wellenmessung
Dimensionelle Messung
Optische Oberflächeninspektion

Prüfprozess

In-Prozess
Post-Prozess
SPC
Endkontrolle
Messraum

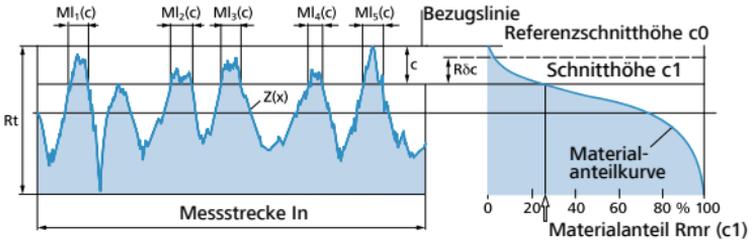
Service

Systemlösungen
DAkkS-DKD Kalibrierdienst
Beratung, Training und Service



www.jenoptik.com/messtechnik

Rmr(c) nach DIN EN ISO 4287

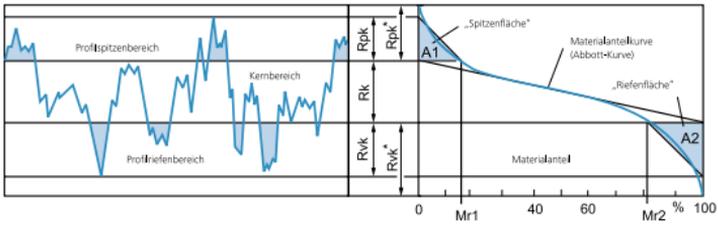


Rmr(c) – Materialanteil des Profils

Rmr gibt an, welchen Anteil die summierte, im Material verlaufende Strecke relativ zur Messstrecke einnimmt (in %). Der Vergleich wird in der vorgegebenen Schnitthöhe c und der Gesamtmessstrecke ln ausgeführt. Die Materialanteilkurve gibt den Materialanteil als Funktion der Schnitthöhe an.

$$Rmr(c) = \frac{100}{ln} \sum_{i=1}^n MI_i(c) = \frac{MI(c)}{ln} [\%]$$

Rk, Rpk, Rvk, Mr1, Mr2 nach DIN EN ISO 13565



Rk – Kernrautiefe

Tiefe des Rauheitskernprofils.

Rpk – reduzierte Spitzenhöhe

Gemittelte Höhe der aus dem Kernprofil herausragenden Spitzen.

Rvk – reduzierte Riefentiefe

Gemittelte Tiefe der vom Kern in das Material hineinragenden Riefen.

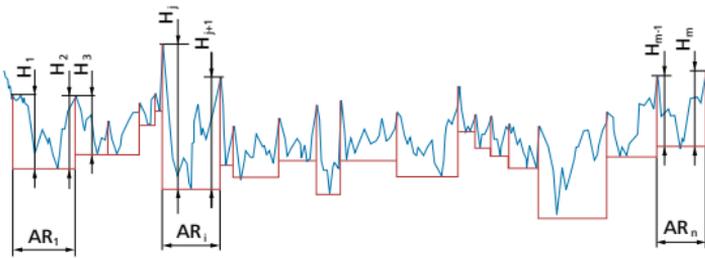
Mr1, Mr2 – Materialanteil

Kleinsten und größten Materialanteil (in %) an den Grenzen des Rauheitskernbereichs.

Motif nach DIN EN ISO 12085

Das Prinzip der Motifnorm besteht darin, lokale Spitzen und Täler im Primärprofil zu suchen, und jeweils ein Tal mit den beiden nächsten vor- bzw. nachgelagerten Spitzen zu assoziieren, um ein Motif zu bilden. Mehrere iterative Kombinationen von jeweils zwei Motifs sorgen dafür, dass schließlich die wichtigsten Motifs berücksichtigt werden, deren Breite den Grenzwert A unterschreitet. Wenn nicht anders angegeben, gilt der Vorzugswert $A = 0,5 \text{ mm}$ (siehe Messbedingungen). Der Rauheitsgrenzwert spielt dabei eine ähnliche Rolle wie der Cut-off bei der Gaußfilterung.

Es gilt generell die 16 %-Regel.



Die wichtigsten Motif-Rauheitskenngrößen:

R – Mittlere Tiefe der Rauheitsmotifs

Arithmetischer Mittelwert der Tiefen H_j der Rauheitsmotifs innerhalb der Messstrecke.

AR – Mittlere Teilung der Rauheitsmotifs

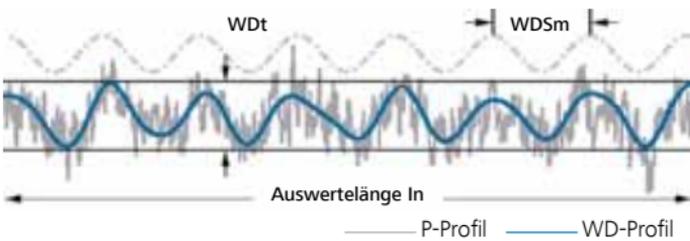
Arithmetischer Mittelwert der Längen AR_i der Rauheitsmotifs innerhalb der Messstrecke.

R_x – Maximale Tiefe der Profilunregelmäßigkeit

Die größte Tiefe H_j innerhalb der Messstrecke.

WDSm, WDc, WDt – Dominante Welligkeit nach VDA 2007

Das Primärprofil wird auf das Vorhandensein von keiner, einer oder zwei dominanten Wellenlängen analysiert. Durch Schmalbandfilterung des Primärprofils mit der gefundenen Wellenlänge wird das WD-Profil abgeleitet, das zur Berechnung der Kenngrößen herangezogen wird. Die Wahl der Messstrecke l_n erfolgt entweder nach DIN EN ISO 4288 wie bei einer Rauheitsmessung oder anhand der Zeichnungseintragung. Periodenlängen werden im Bereich $0,02 \text{ mm} \leq \text{WDSm} \leq l_n/5$ auf Dominanz untersucht. Um dominante Ausprägungen bei $\text{WDSm} > l_n/5$ zu erkennen, muss die Messstrecke vergrößert werden.

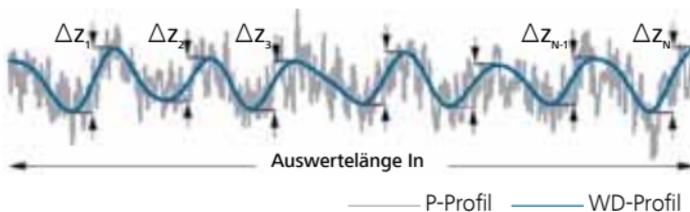


WDSm

Aus dem Amplitudenspektrum ermittelte mittlere horizontale Größe der Profilelemente (Mittlere Periodenlänge der dominanten Welligkeit).

WDt

Vertikale Differenz zwischen dem höchsten und tiefsten Punkt des WD-Profiles innerhalb der Auswertlänge.



WDc

Mittelwert aus den Höhen der Profilelemente innerhalb der Auswertlänge.

$$\text{WDc} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta z_i$$

Bewertung der Messergebnisse

Laut DIN EN ISO 4288 soll die Oberflächenmessung dort vorgenommen werden, wo die höchsten Werte zu erwarten sind (visuelle Feststellung).

Höchstwertregel

Die Oberfläche wird als gut angenommen, wenn die gemessenen Werte einer Kenngröße den festgelegten Höchstwert nicht überschreiten. In diesem Fall wird die Kenngröße mit dem Zusatz „max“ gekennzeichnet, z.B. Rz1max.

16 %-Regel

Wenn der Zusatz „max“ nicht angegeben ist, gilt die 16 %-Regel. Die Oberfläche wird als gut angenommen, wenn nicht mehr als 16% der gemessenen Werte einer Kenngröße den festgelegten Höchstwert überschreiten. Weitere Informationen zu dieser Regel finden sich in der Norm DIN EN ISO 4288:1997.

Sonderregelung VDA 2006

Die 16 %-Regel wird nicht angewendet. VDA 2006 geht davon aus, dass die Streuung der Kennwerte bei der Festlegung der Grenzwerte berücksichtigt wird.

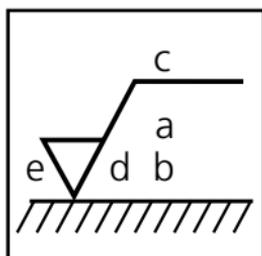
Es gilt generell die Höchstwertregel, auch ohne die Angabe des Index „max“ innerhalb der Bezeichnung.

Die Anwendung des σ_s -Filters ist grundsätzlich nicht zugelassen.

Bei $Rz \leq 2 \mu\text{m}$ beträgt der Tastspitzenradius $2 \mu\text{m}$, bei $Rz > 2 \mu\text{m}$ beträgt er $5 \mu\text{m}$. Der Messpunktabstand liegt bei höchstens $0,5 \mu\text{m}$.

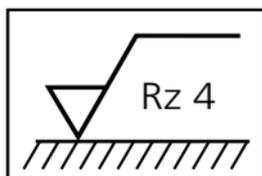
Der Kegelwinkel beträgt 60° oder 90° . Wenn nicht anders angegeben, beträgt der Kegelwinkel 90° .

Zeichnungseintragungen nach DIN EN ISO 1302:2002

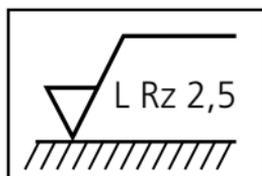


Angaben für Anforderungen

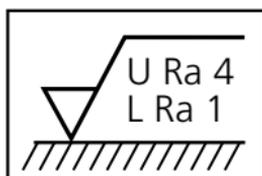
- a Oberflächenkenngröße mit Zahlenwert in μm
- b Zweite Anforderung (Oberflächenkenngröße in μm)
- c Fertigungsverfahren
- d Angabe der Rillenrichtung
- e Bearbeitungszugabe in mm



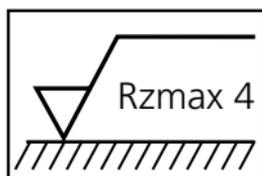
Materialabtragende Bearbeitung;
 $R_z = \text{max. } 4 \mu\text{m}$



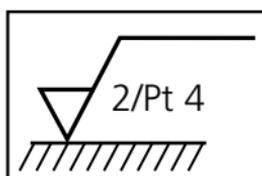
Materialabtragende Bearbeitung; unterer Grenzwert für R_z gefordert;
 $R_z = \text{min. } 2,5 \mu\text{m}$



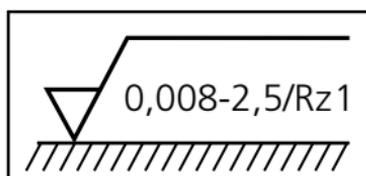
Materialabtragende Bearbeitung; oberer und unterer Grenzwert für R_a gefordert; $R_a = \text{min. } 1 \mu\text{m}$ und $\text{max. } 4 \mu\text{m}$



Materialabtragende Bearbeitung; $R_z = \text{max. } 4 \mu\text{m}$; es gilt die Höchstwertregel



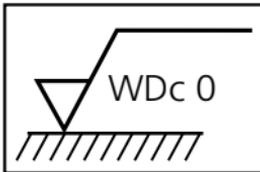
Materialabtragende Bearbeitung; P-Profil, Taststrecke = 2 mm; $P_t = \text{max. } 4 \mu\text{m}$



Materialabtragende Bearbeitung; Übertragungscharakteristik entspricht nicht dem Regelfall (vgl. Tabelle); $R_z = \text{max. } 1 \mu\text{m}$; Filterwahl $\lambda_s = 0,008 \text{ mm}$ und $\lambda_c = 2,5 \text{ mm}$

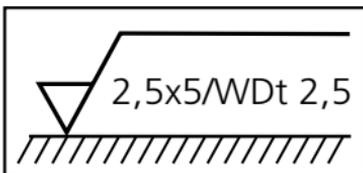
Zeichnungseintragungen nach VDA 2005 – Dominante Welligkeit

Fall 1: Keine dominante Welligkeit zugelassen



Materialabtragende
Bearbeitung; WDc 0 oder
WDt 0: Keine dominante
Welligkeit zugelassen

Fall 2: Dominante Ausprägungen sind bis zu einem oberen Grenzwert zugelassen



Materialabtragende Bearbeitung;
im Periodenbereich bis 2,5 mm gilt
WDt = max. 2,5 μm

Fall 3: Dominante Ausprägungen sind in einem oben oder beidseitig begrenzten Periodenlängenbereich zugelassen



Materialabtragende Bearbeitung;
Rz: die Messstrecke beträgt 12,5 mm und
 $\lambda_c = 0,8$ mm; Rz = max. 3 μm ;
WDc: im Periodenbereich von 0,2 bis
2,5 mm gilt WDc = max. 1,5 μm