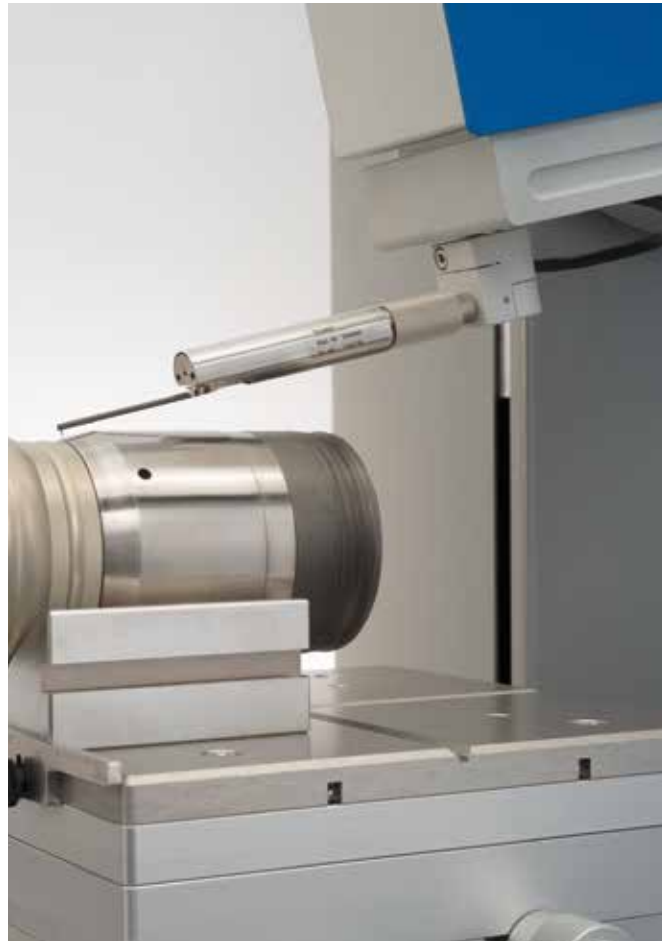


Rauheit sicher bestimmen

Oberflächenkenngrößen in der Praxis



Präzise Oberflächenmessung

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.

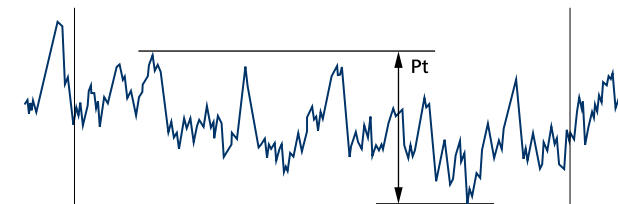
Dieses Blatt gibt einen Überblick über die wichtigsten Begriffe, Normen und Kenngrößen der Oberflächenmesstechnik.

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

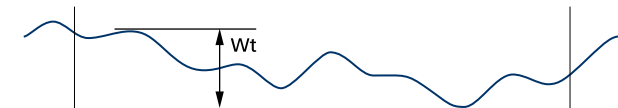
Ein besonders wichtiger Aspekt bei der Oberflächenmessung ist die kontinuierliche Überwachung auf bestmögliche Genauigkeit. In unserem DAkkSDKD Kalibrierlabor kalibrieren wir Ihre angelieferten Normale für verschiedene Rauheitskenngrößen. Für nicht akkreditierte Kenngrößen stellen wir Ihnen einen einfacheren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

Aufgliederung einer Oberfläche

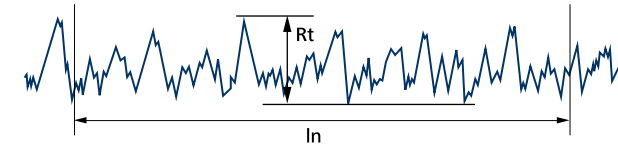
Ungefiltertes P-Profil



Gefiltertes W-Profil



Gefiltertes R-Profil



Oberflächenprofile – Gesamthöhe des Profils

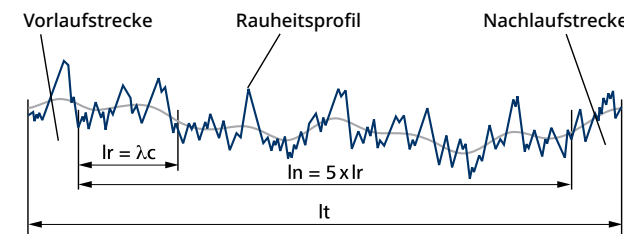
Mit dem Tastschnittverfahren wird das Profil einer Oberfläche zweidimensional erfasst.

Das ungefilterte Primärprofil (P-Profil) ist das tatsächlich gemessene Oberflächenprofil. Durch dessen Filterung nach DIN EN ISO 11562/DIN EN ISO 1661021 entstehen das Welligkeitsprofil (W-Profil) und das Rauheitsprofil (R-Profil). Bestimmende Größe für die Grenze zwischen Welligkeit und Rauheit ist die Grenzwellenlänge λ_c (Cutoff).

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.

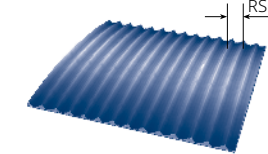
Mit Ausnahme von R_t , $R_{mr}(c)$ und RP_c sind die Rauheitskenngrößen innerhalb einer Messstrecke l_n definiert. Ermittelt werden sie jedoch als Mittelwert aus fünf Einzelmessstrecken l_r .

Die Einzelmessstrecke l_r entspricht der Grenzwellenlänge λ_c .

Wahl der Grenzwellenlänge des Filters (Cut-off) nach DIN EN ISO 4288:1998 und 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 zugehörige Taststrecke gemäß

Periodische Profile
z.B. Drehen, Fräsen



R_{Sm} [mm]	$\lambda_c = l_r$ [mm]	l_n [mm]	l_t [mm]	r_{tip} [μm]	λ_s [μm]
> 0,013 ...0,04	0,08	0,4	0,48	2	2,5
> 0,04 ...0,13	0,25	1,25	1,5	2	2,5
> 0,13 ...0,4	0,8	4	4,8	2 oder 5*	2,5
> 0,4 ...1,3	2,5	12,5	15	5	8
> 1,3 ...4	8	40	48	10	25

Anwendungsbeispiel

Bei einem periodischen Profil kommt der mittlere Rillenabstand der Rauheitsprofilelemente R_{Sm} zum Einsatz. Bei einem R_{Sm} , der zwischen 0,4 und 1,3 mm liegt, ergeben sich die folgenden Messbedingungen:
 $\lambda_c = 2,5 \text{ mm} / l_n = 12,5 \text{ mm} / l_t = 15 \text{ mm} / r_{tip} = 5 \mu m / \lambda_s = 8 \mu m$.

* Bei $R_z \leq 2 \mu m$ beträgt der Tastspitzenradius $2 \mu m$, bei $R_z > 2 \mu m$ beträgt er $5 \mu m$. Der Messpunktabstand liegt bei höchstens $0,5 \mu m$.

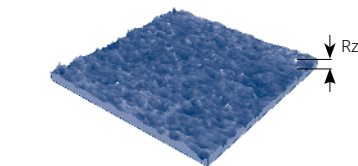
Messbedingungen für Motifkenngrößen nach DIN EN ISO 12085

A* [mm]	B* [mm]	Taststrecke [mm]	Messstrecke [mm]	λ_s [μm]	Tastspitzenradius [μm]
0,02	0,1	0,64	0,64	2,5	$2 \pm 0,5$
0,1	0,5	3,2	3,2	2,5	$2 \pm 0,5$
0,5	2,5	16	16	8	5 ± 1
2,5	12,5	80	80	25	10 ± 2

* Wenn nicht anders angegeben, gelten die Vorzugswerte A = 0,5 mm und B = 2,5 mm. Die vereinbarte Grenze A bestimmt in diesem Fall, dass die ermittelten AR-Kenngrößen immer kleiner als 0,5 mm sind.

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

Aperiodische Profile
z.B. Schleifen, Erodieren

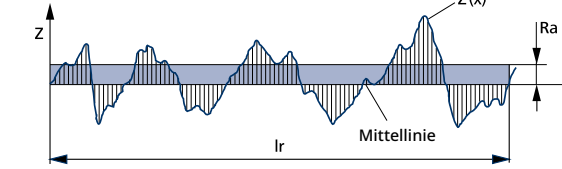


R_a [μm]	R_z [μm]
> (0,006) ...0,02	> (0,025) ...0,1
> 0,02 ...0,1	> 0,1 ...0,5
> 0,1 ...2	> 0,5 ...10
> 2 ...10	> 10 ...50
> 10 ...80	> 50 ...200

Verkürzte Regelmessstrecke

Wenn die tatsächlich mögliche Taststrecke auf der Werkstückoberfläche für l_t 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 R_t oder R_z die Gesamtprofilhöhe P_t des Primärprofils ausgewertet.

R_a nach DIN EN ISO 4287

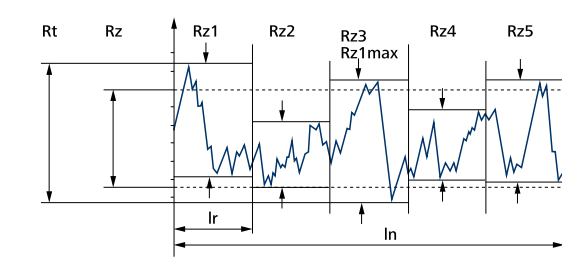


R_a – arithmetischer Mittenrauwert

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

$$R_a = \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |Z(x)| dx$$

R_z , R_{z1max} , R_t nach DIN EN ISO 4287



R_z – gemittelte Rautiefe

Mittelwert der fünf R_z -Werte aus den fünf Einzelmessstrecken l_r .

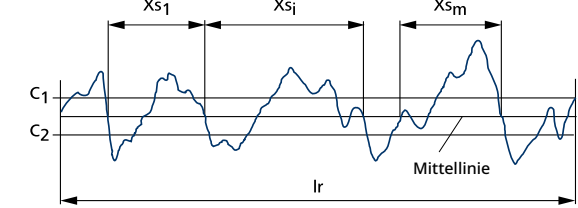
R_{z1max} – maximale Rautiefe (DIN EN ISO 4287:1997)

Größter R_z -Wert aus den fünf Einzelmessstrecken l_r .

R_t – Gesamthöhe des Rauheitsprofils

R_t ist der Abstand zwischen der höchsten Spitze und des tiefsten Tals des Profils der Gesamtmessstrecke l_n .

R_{Sm} nach DIN EN ISO 4287

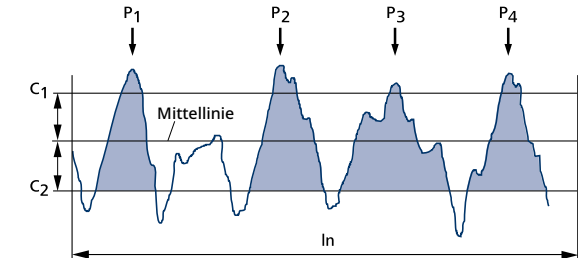


R_{Sm} – mittlerer Rillenabstand

R_{Sm} 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. Wenn nicht anders festgelegt, soll der Betrag der vertikalen Zählschwellen jeweils 10 % vom R_z betragen.

$$R_{Sm} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_{Si}$$

RP_c nach DIN EN 10049/DIN EN ISO 4287



RP_c – normierte Spitzenzahl

RP_c 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.

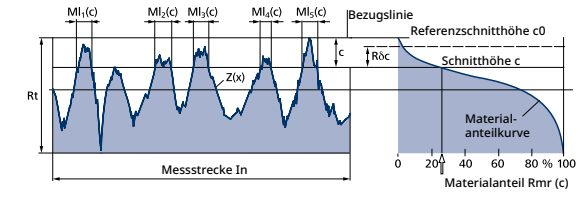
Wir unterstützen Sie weltweit

Unsere qualifizierten Mitarbeiter sind auf der ganzen Welt im Einsatz. Mit unseren Standorten und Vertriebspartnern in den wichtigsten Industriestaaten sind wir direkt bei Ihnen vor Ort, um Sie als zuverlässiger Partner optimal zu unterstützen.



10037108 2022-05 Copyright © JENOPTIK Industrial Metrology Germany GmbH. Alle Rechte, Änderungen und Irrtümer vorbehalten.

Rmr(c) nach DIN EN ISO 4287

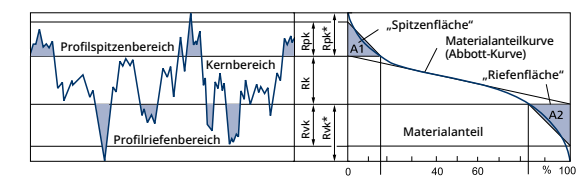


Rmr(c) – Materialanteil des Profils

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 Materialanteilskurve gibt den Materialanteil als Funktion der Schnitthöhe an.

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

Rk, Rpk, Rvk, Mr1, Mr2 nach DIN EN ISO 13565-2



Rk – Kernrautiefe

Tiefe des Rauheitskernprofils.

Rpk – reduzierte Spitzenhöhe

Gemittelte Höhe der aus dem Kernprofil herausragenden Spitzen.

Rpk* – höchste Profilspitzenhöhe (nicht in dieser Norm)

Rvk – reduzierte Riefentiefe

Gemittelte Tiefe der vom Kern in das Material hineinragenden Riefen.

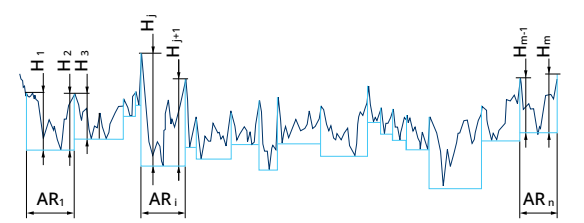
Rvk* – tiefste Profilriefentiefe (nicht in dieser Norm)

Mr1, Mr2 – Materialanteil

Kleinster (Mr1) und größter (Mr2) Materialanteil (in %) an den Grenzen des Rauheitskernbereichs.

Motif-Norm 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 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 Hj der Rauheitsmotifs innerhalb der Messstrecke.

AR – Mittlere Teilung der Rauheitsmotifs

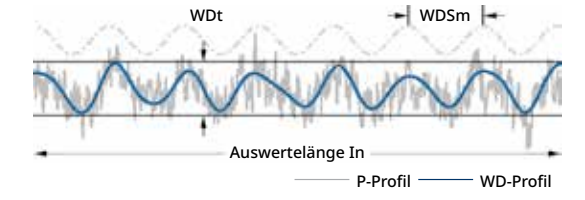
Arithmetischer Mittelwert der Längen ARi der Rauheitsmotifs innerhalb der Messstrecke.

Rx – Maximale Tiefe der Profilunregelmäßigkeit

Die größte Tiefe Hj innerhalb der Messstrecke.

WDSm, WDt, WDc – 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 ln erfolgt entweder nach DIN EN ISO 4288 wie bei einer Rauheitsmessung oder anhand der Zeichnungseintragung. Periodenlängen werden im Bereich $0,02 \text{ mm} \leq WDSm \leq ln/5$ auf Dominanz untersucht. Um dominante Ausprägungen bei $WDSm > ln/5$ 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.

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

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 λ s-Filters ist grundsätzlich nicht zugelassen.

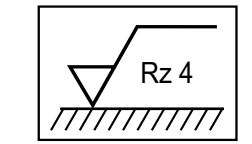
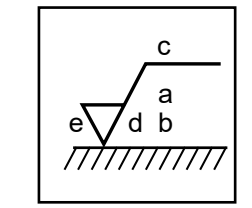
Bei $Rz \leq 2 \mu\text{m}$ beträgt der Tastspitzenradius $2 \mu\text{m}$, bei $Rz > 2 \mu\text{m}$ beträgt er $5 \mu\text{m}$. Der Messpunktabstand liegt bei höchstens $0,5 \mu\text{m}$.

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

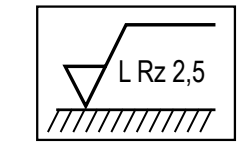
Zeichnungseintragungen nach DIN EN ISO 1302:2002

Angaben für Anforderungen

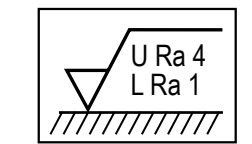
- a Oberflächenkenngröße mit Zahlenwert in μm
- b Zweite Anforderung (Oberflächenkenngröße in μm)
- c Fertigungsverfahren
- d Angabe der Rillenrichtung
- e Bearbeitungszugabe in mm



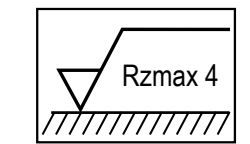
Materialabtragende Bearbeitung; Rz = max. $4 \mu\text{m}$



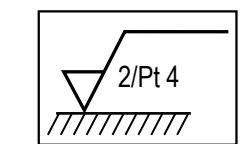
Materialabtragende Bearbeitung; unterer Grenzwert für Rz gefordert; Rz = min. $2,5 \mu\text{m}$



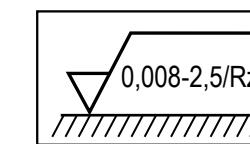
Materialabtragende Bearbeitung; oberer und unterer Grenzwert für Ra gefordert; Ra = min. $1 \mu\text{m}$ und max. $4 \mu\text{m}$



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



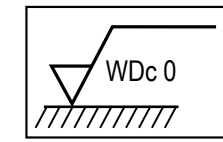
Materialabtragende Bearbeitung; P-Profil, Taststrecke = 2 mm ; Pt = max. $4 \mu\text{m}$



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

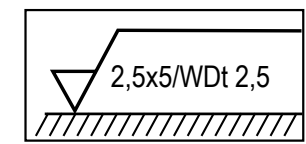
Zeichnungseintragungen nach VDA 2007 – Dominante Welligkeit

Fall 1: Keine dominante Welligkeit zugelassen



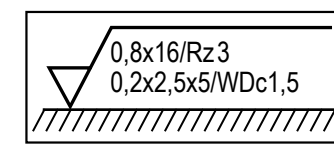
Materialabtragende Bearbeitung; WDC 0 oder WDt 0: Keine dominante Welligkeit zugelassen

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



Materialabtragende Bearbeitung; im Periodenbereich bis $2,5 \text{ mm}$ gilt $WDt = \text{max. } 2,5 \mu\text{m}$

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



Materialabtragende Bearbeitung; Rz: die Messstrecke beträgt $12,5 \text{ mm}$ und $\lambda_c = 0,8 \text{ mm}$; Rz = max. $3 \mu\text{m}$; WDC: im Periodenbereich von $0,2$ bis $2,5 \text{ mm}$ gilt $WDC = \text{max. } 1,5 \mu\text{m}$