

OBERFLÄCHENRAUHEITSMESSUNG

Profile und Filter (DIN EN ISO 4287:1998 und DIN EN ISO 11562:1998)

Das **wirkliche Oberflächenprofil** ergibt sich durch den Schnitt der wirklichen Werkstückoberfläche mit einer dazu senkrechten Ebene. Diese soll etwa senkrecht zu den Bearbeitungsriefen verlaufen.

Das **erfasste Oberflächenprofil** ist das Profil nach Abtasten des wirklichen Oberflächenprofils mit einem Taster. Dabei werden die Messwerte durch die Wirkung des Tastspitzenradius r_{tip} und ggf. durch die Gleitkufe des Tastsystems gefiltert. Oberflächenunvollkommenheiten wie Risse, Kratzer und Dellen zählen nicht zur Rauheit und sollen nicht mit erfasst werden. Falls nötig, sind dafür Toleranzen nach DIN EN ISO 8785 festzulegen.

Das **Primärprofil** ist das Profil nach Tiefpassfilterung der Messwerte mit der Grenzwellenlänge λ_c . Dabei werden die kurzwelligen Profilanteile abgetrennt. Die Kenngrößen werden mit **P** bezeichnet und innerhalb der Einzelmessstrecke ausgewertet. Diese ist hier gleich der Messstrecke bzw. der Länge des erfassten Oberflächenprofils.

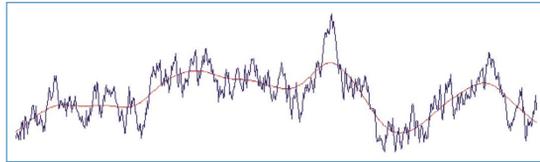


Bild 1: Primärprofil und mittlere Linie für das λ_c -Profiltfilter

Das **Rauheitsprofil** ergibt sich durch Hochpassfilterung des Primärprofils mit der Grenzwellenlänge λ_s . Dabei werden die langwelligen Profilanteile abgetrennt. Die Kenngrößen werden mit **R** bezeichnet und über die Messstrecke **ln** ausgewertet, die in der Regel aus fünf Einzelmessstrecken **lr** besteht. Die Einzelmessstrecke entspricht der Grenzwellenlänge λ_s des Profiltfilters.

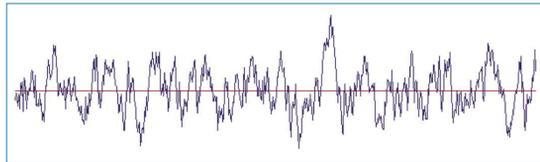


Bild 2: Rauheitsprofil mit mittlerer Linie (Hochpassfilterung des Primärprofils mit dem λ_s -Profiltfilter)

Das **Welligkeitsprofil** ergibt sich durch Tiefpassfilterung des Primärprofils mit der Grenzwellenlänge λ_w und Hochpassfilterung mit der Grenzwellenlänge λ_p . Die Kenngrößen werden mit **W** bezeichnet und über die Messstrecke **ln** ausgewertet, die aus mehreren Einzelmessstrecken **lw** besteht. Die Einzelmessstrecke **lw** entspricht der Grenzwellenlänge λ_p des Hochpassfilters. Ihre Anzahl ist jedoch nicht genormt und muss deshalb immer auf der Zeichnung angegeben werden. Sie sollte zwischen fünf und zehn liegen.

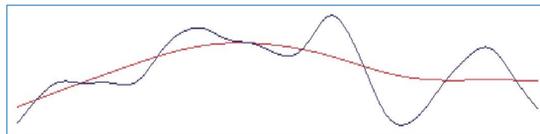


Bild 3: Tiefpassgefilterte mittlere Linie aus dem Primärprofil und mittlere Linie für das λ_p -Profiltfilter

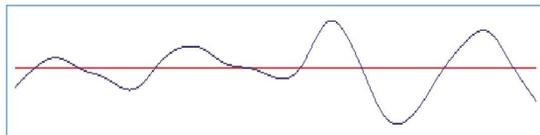


Bild 4: Welligkeitsprofil mit mittlerer Linie nach Hochpassfilterung mit dem λ_c -Profiltfilter

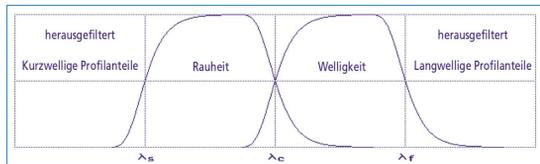
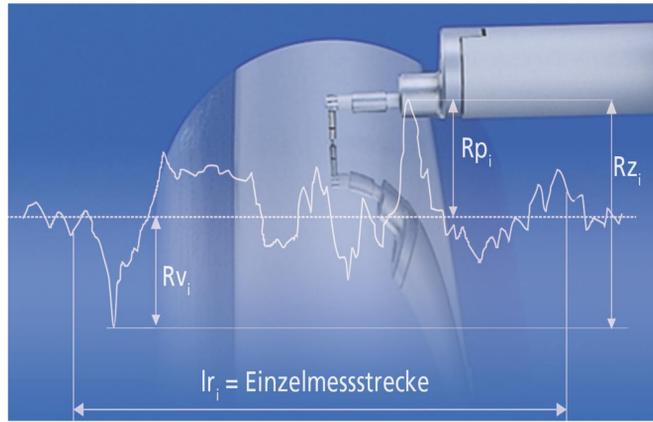


Bild 5: Übertragungscharakteristiken der Filter für die verschiedenen Profile; Gaußfilter nach DIN EN ISO 11562:1998



Messbedingungen für Rauheitsmessungen (DIN EN ISO 4288:1998)

Nichtperiodische Profile	Periodische Profile	Messbedingungen nach DIN EN ISO 4288 und DIN EN ISO 3274									
Schleifen, Honen, Läppen, Erodieren ↓ oder ↓	Drehen, Fräsen, Hobeln ↓	r_{tip}	Maximaler Tastspitzenradius	lr	Einzelmessstrecke	ln	Messstrecke	lt	Taststrecke (Messstrecke mit Vorlauf- und Nachlaufstrecken)		
Rt, Rz	Ra	RSm	r_{tip}	$\lambda_s = lr$	ln	lt	μm	μm	mm	mm	mm
> 0,025...0,1	> 0,006...0,02	> 0,013...0,04	2	0,08	0,4	0,48					
> 0,1...0,5	> 0,02...0,1	> 0,04...0,13	2	0,25	1,25	1,5					
> 0,5...1,0	> 0,1...2	> 0,13...0,4	2*	0,8	4	4,8					
> 1,0...5,0	> 2...10	> 0,4...1,3	5	2,5	12,5	15					
> 5,0...20,0	> 10...80	> 1,3...4	10	8	40	48					

* Bei **Rz** > 3 μm bzw. **Ra** > 0,5 μm kann der Tastspitzenradius $r_{tip} = 5 \mu m$ verwendet werden.

Zusätzlich sind noch der Messpunktstand Δx und die Grenzwellenlänge λ_s des Tiefpassfilters genormt. Diese Werte sind jedoch in den Rauheitsmessgeräten bereits eingestellt.

Praxistipp 1: Reicht der Platz auf der Werkstückoberfläche nicht für die erforderliche Taststrecke **lt** aus, muss die Anzahl der Einzelmessstrecken verringert und in der Zeichnung angegeben werden.

Praxistipp 2: Reicht auch dann der Platz nicht aus, wird anstelle von **Rt** bzw. **Rz** die Gesamthöhe des Primärprofils **Pt** über die zur Verfügung stehende Länge gemessen. Sie ist wie **Rt**, jedoch am Primärprofil definiert, und der Messwert ist immer größer.

Bewertung von Rauheitsmessungen (DIN EN ISO 4288:1998)

Rauheitsmesswerte, besonders die Senkrechtkenngößen **Rt**, **Rz**, **Rz1max** und **Ra**, streuen etwa im Bereich von -20% bis +30%. Ein einzelner Messwert kann deshalb keine vollständige Aussage über die Einhaltung der tolerierten Kenngrößen liefern. In DIN EN ISO 4288 Anhang A ist folgendes Vorgehen festgelegt:

Max-Regel

Alle Rauheitskenngößen mit dem Zusatz „**max**“ als Maximalwert des Mittelwertes aus den fünf Einzelmessstrecken: Messung an mindestens drei Stellen der Oberfläche, wo die größten Werte zu erwarten sind; an keiner Stelle darf der Grenzwert überschritten werden.

16%-Regel

Alle Rauheitskenngößen ohne den Zusatz „**max**“ als Mittelwert aus den fünf Einzelmessstrecken: 16% der Messwerte dürfen den Grenzwert überschreiten; schrittweises Vorgehen:

1. Ist der erste Messwert kleiner als 70% des Grenzwertes, gilt dieser als eingehalten.
2. Andernfalls zwei weitere Messungen an anderen Stellen der Oberfläche; sind alle drei Messwerte kleiner als der Grenzwert, gilt er als eingehalten.
3. Andernfalls neun weitere Messungen an anderen Stellen der Oberfläche; sind insgesamt nicht mehr als zwei Messwerte größer als der Grenzwert, gilt er als eingehalten.

Zeichnungseintragungen (DIN EN ISO 1302:2002)

✓	Grundsymbol	a	Einzelanforderung an die Oberflächenbeschaffenheit
✓	Materialabtrag durch mechanische Bearbeitung gefordert	b	Weitere Anforderung an die Oberfläche
✓	Materialabtrag nicht zulässig	c	Fertigungsverfahren (z.B. gedreht, geschliffen, verchromt)
✓	Gleiche Beschaffenheit für alle Oberflächen	d	Symbol für die Richtung der Oberflächenrillen
✓		e	Bearbeitungszugabe (in mm)
✓		x	Buchstabe zur vereinfachten Bezugsangabe, wenn der Platz begrenzt ist

=	⊥	X	M	C	R	P
Parallel*	Senkrecht*	Gekreuzt	Verschieden	Konzentrisch	Radial	Ungerichtet

*... zur Projektionsebene der Ansicht, in der das Symbol eingetragen ist

Beispiele	Erklärung
$\sqrt{Rz\ 5}$	Keine materialabtragende Bearbeitung zulässig, Regel-Übertragungscharakteristik, R -Profil, 16%-Regel, mittlere Rautiefe 5 μm (oberer Grenzwert)
$0,2 \sqrt{Rz_{max}\ 3}$	Materialabtragende Bearbeitung, Regel-Übertragungscharakteristik, R -Profil, max-Regel, maximale mittlere Rautiefe 3 μm (oberer Grenzwert); Bearbeitungszugabe 0,2 mm
$\sqrt{C\ Rz\ 3\ 4}$	Materialabtragende Bearbeitung, Regel-Übertragungscharakteristik, R -Profil, Messstrecke aus 3 Einzelmessstrecken, 16%-Regel, mittlere Rautiefe 4 μm (oberer Grenzwert); Oberflächenrillen konzentrisch
$\sqrt{Rz\ 5\ Ra\ 1}$	Materialabtragende Bearbeitung, Regel-Übertragungscharakteristik, R -Profil, 16%-Regel, mittlere Rautiefe 5 μm , arithmetischer Mittenrauwert 1 μm (obere Grenzwerte)
$\sqrt{U\ Rz\ 3\ L\ Rz\ 1}$	Materialabtragende Bearbeitung, Regel-Übertragungscharakteristik, R -Profil, 16%-Regel, mittlere Rautiefe zwischen 1 μm (unterer Grenzwert) und 3 μm (oberer Grenzwert)
$\sqrt{Pt\ 25}$	Materialabtragende Bearbeitung, Regel-Übertragungscharakteristik für λ_c , kein λ_s -Filter, P -Profil, Messstrecke gleich der Werkstücklänge, 16%-Regel, Gesamthöhe des Primärprofils 25 μm (oberer Grenzwert)
$\sqrt{0,8 - 25 / Wt\ 5\ 10}$	Materialabtragende Bearbeitung, Übertragungscharakteristik 0,8 ($=\lambda_s$), -25 ($=\lambda_w = lw$) mm, W -Profil, Messstrecke aus 5 Einzelmessstrecken ($ln = 5 \cdot lw = 125$ mm), 16%-Regel, Gesamthöhe des Profils 10 μm (oberer Grenzwert)
$\sqrt{Rt\ 1\ Rmr\ (c=0,3)\ 90\ %}$	Materialabtragende Bearbeitung, Regel-Übertragungscharakteristik, R -Profil, 16%-Regel, Gesamthöhe des Rauheitsprofils 1 μm (oberer Grenzwert); Materialanteil des Profils 90% in der Schnitthöhe $c=0,3 \mu m$ (unterer Grenzwert)
$\sqrt{U\ RSm\ 0,3\ L\ RSm\ 0,1}$	Materialabtragende Bearbeitung, Regel-Übertragungscharakteristik, R -Profil, mittlere Rillbreite zwischen 0,1 mm (unterer Grenzwert) und 0,3 mm (oberer Grenzwert)
$\sqrt{y} = \sqrt{y} / \sqrt{Rz\ 10}$	Erläuterung der Bedeutung (rechts) einer vereinfachten Bezugsangabe (links), wenn der Platz begrenzt ist.

Rauheitskenngößen (DIN EN ISO 4287:1998)

Ra – Arithmetischer Mittenrauwert: Arithmetischer Mittelwert der Beträge aller Profilwerte
Rmr(c) – Materialanteil des Profils: Quotient aus der Summe der Materiallängen der Profilelemente in der vorgegebenen Schnitthöhe **c** (in μm) und der Messstrecke **ln** (Angabe in Prozent)

RSm – Mittlere Rillbreite: Mittelwert der Breite der Profilelemente **Xs** (früher **S_m**); für die Auswertung sind horizontale und vertikale Zählschwellen festgelegt

Rt – Gesamthöhe des Rauheitsprofils: Summe aus der Höhe **Zp** der größten Profilspitze und der Tiefe **Zv** des größten Profiltales innerhalb der Messstrecke **ln**

Rz – Größte Höhe des Rauheitsprofils: Summe aus der Höhe der größten Profilspitze und der Tiefe des größten Profiltales innerhalb einer Einzelmessstrecke **lr**

Rz1max – Maximale Rautiefe: Größter der fünf **Rz**-Werte aus den fünf Einzelmessstrecken **lr** innerhalb der Messstrecke **ln**

Rz – Mittlere Rautiefe: Mittelwert der fünf **Rz**-Werte aus den fünf Einzelmessstrecken **lr** innerhalb der Messstrecke **ln**

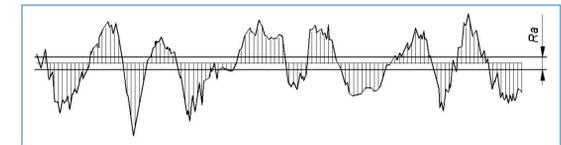


Bild 6: Arithmetischer Mittenrauwert **Ra**

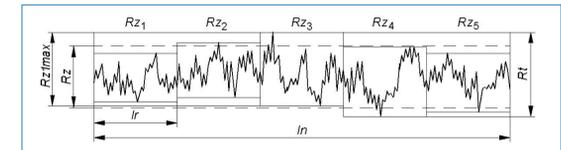


Bild 7: Gesamthöhe des Rauheitsprofils **Rt**, mittlere Rautiefe **Rz** und maximale Rautiefe **Rz1max**

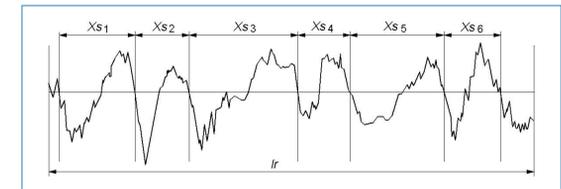


Bild 8: Die mittlere Rillbreite **RSm** ist der Mittelwert der Breite **Xs** der Profilelemente

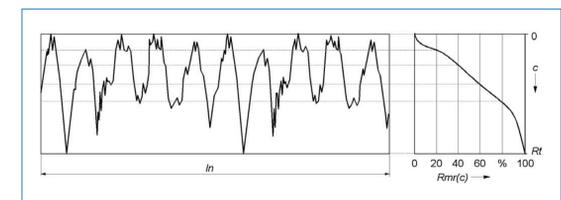


Bild 9: Die Materialanteilkurve des Profils stellt den Materialanteil **Rmr(c)** des Profils als Funktion der Schnitthöhe **c** dar (Abbott-Firestone-Kurve)

Vorzugskenngößen

Maximale Rautiefe Rz1max für Oberflächen, bei denen einzelne Abweichungen die Funktion der Oberfläche stark beeinflussen, z.B. Dichtflächen

Materialanteil des Profils Rmr(c) bei Führungsflächen und gegeneinander bewegten Dichtflächen

Mittlere Rautiefe Rz in der Regel für alle anderen Oberflächen
 Der arithmetische Mittenrauwert **Ra** reagiert durch die Mittelwertbildung über alle Profilwerte kaum auf einzelne Spitzen oder Täler, seine Aussagekraft ist daher nur gering.