

Inhalt

1	Einführung	1
2	Oberflächen	3
2.1	Funktion einer Oberfläche	5
2.2	Einfluss des Fertigungsverfahrens	5
2.3	Prüfmittel für die Oberflächenrauheit	7
2.4	Herstellung von Oberflächen	7
2.5	Die Oberfläche als komplexes Gebilde	9
2.6	Unterscheidung von Oberflächenunregelmäßigkeiten	11
3	Oberflächenkenngrößen	13
3.1	Bedeutung der Kenngrößen	15
3.1.1	Wichtige aktuelle Kenngrößen	16
3.1.2	Neue Kenngrößen	17
3.1.3	Weniger gebräuchliche Kenngrößen	18
3.2	Verwechslungsgefahren	19
3.3	Übersicht über die Kenngrößen	19
3.4	Rauheitskenngrößen	22
3.4.1	R_a – Arithmetischer Mittenrauwert	22
3.4.2	R_q – Quadratischer Mittenrauwert	24
3.4.3	R_z – Gemittelte Rautiefe R_{max} – Maximale Rautiefe	25
3.4.4	R_{3z} – Grundrautiefe	27
3.4.5	$R_z(ISO)$ – Zehnpunktehöhe R_y – Maximale Rautiefe (alt)	28
3.4.6	R_p – Mittlere Glättungstiefe R_v – Mittlere Riefentiefe	30
3.5	Welligkeitskenngrößen	32
3.5.1	W_t – Wellentiefe	32
3.5.2	W_{Dsm} – Dominante Wellenlänge	32
3.6	Oberflächenkenngrößen für das Gesamtprofil	37
3.6.1	P_t – Profiltiefe	37
3.7	Distanzkenngrößen (Horizontalkenngrößen)	38
3.7.1	RP_c – Normierte Spitzenzahl D – Dichte	38
3.7.2	RS_m – Mittlerer Rillenabstand	42
3.8	Zusammengesetzte Kenngrößen (Länge und Tiefe)	43
3.8.1	$Rmr(c)$, $Pmr(c)$ – Materialanteil des Profils	43

3.8.2	<i>Rk</i> – Kernrautiefe	
	<i>Rpk</i> – Reduzierte Spitzenhöhe	
	<i>Rvk</i> – Reduzierte Riefentiefe	
	<i>Mr1</i> – Kleinster Materialanteil	
	<i>Mr2</i> – Größter Materialanteil	45
3.8.3	<i>RΔq</i> – Quadratischer Mittelwert der Profilsteigung	50
3.8.4	<i>LO</i> – Gestreckte Länge des Profils (nicht genormt)	51
3.8.5	<i>LR</i> – Profillängenverhältnis	52
3.9	Motifkenngrößen	
	<i>R</i> – Mittlere Tiefe der Rauheitsmotifs	
	<i>Rx</i> – Maximale Tiefe der Profilunregelmäßigkeit	
	<i>W</i> – Mittlere Tiefe der Welligkeitsmotifs	
	<i>Wx</i> – Maximale Tiefe der Welligkeitsmotifs	
	<i>AR</i> – Mittlere Teilung der Rauheitsmotifs	
	<i>AW</i> – Mittlere Länge der Welligkeitsmotifs	
	<i>Wte</i> – Gesamttiefe der Welligkeit	52
3.10	Statistische Kenngrößen	54
3.10.1	Die Oberfläche aus statistischer Sicht	54
3.10.2	<i>Rsk</i> – Schiefe des Profils	55
3.10.3	<i>Rku</i> – Steilheit des Profils	56
3.10.4	<i>AKF</i> – Die Autokorrelationsfunktion	56
3.10.5	Fourier-Analyse (nicht genormt)	59
3.11	Dreidimensionale Analyse der Oberfläche	60
3.11.1	Drall-Kenngrößen	62
4	Oberflächenmessgeräte	65
4.1	Oberflächenvergleichsmuster	66
4.2	Tastschnittverfahren	67
4.2.1	Normen zu Tastschnittgeräten	67
4.2.2	Taster	69
4.2.3	Vorschubapparat	85
4.2.4	Computer	87
4.2.5	Anzeige	88
4.2.6	Dokumentation	88
4.3	Berührungslose Messung	90
4.3.1	Weißlichtsensor	90
4.3.2	Alternative Verfahren	92
5	Messtechnik	99
5.1	Oberflächenmesstechnik mit dem Tastschnittverfahren	100
5.1.1	Einstellung der Taststrecke	100
5.1.2	Wahl der Grenzwellenlänge des Filters	102

5.1.3	Formabweichungen eliminieren	103
5.1.4	Ausrichten des Profils	104
5.2	Güteklassen	106
5.3	Kalibrierung der Geräte	107
5.3.1	Kalibrierlaboratorien	110
5.4	Rauschen, Schwingungen	112
5.4.1	Gleitkufentaster	113
5.4.2	Vorschubapparat an Säulen	113
5.4.3	Messtische mit Schwingungsdämpfung	114
5.5	Temperatur	115
5.6	Einfluss von Zugluft	115
5.7	Beschädigungen am Werkstück	115
5.8	Sauberkeit	117
5.9	Einfluss von Magnetismus	118
5.10	Oberflächenabdrücke	118
5.11	Statistische Analyse der Ergebnisse	119
5.11.1	„16%-Regel“	119
5.11.2	„Höchstwert-Regel“	120
5.12	Statistische Prozesskontrolle SPC	120
6	Filter	123
6.1	Die Grenzwellenlänge des Filters λ_c	124
6.2	Gaußfilter nach DIN EN ISO 16610-21:2013-06	125
6.3	Analoge Filter (2RC-Filter)	127
6.4	Sonderfilter nach Normenreihe DIN EN ISO 13565 (R_k)	128
7	Messunsicherheit	131
7.1	Theorie	132
7.1.1	Mathematisches Modell	133
7.1.2	Filterfaktor c	135
7.1.3	Unsicherheit der gemittelten Rautiefe R_z	136
7.2	Unsicherheitsbeiträge	136
7.2.1	Vorschub und Schwingungsisolierung	136
7.2.2	Tastsystem	139
7.2.3	Unbekannte systematische Abweichungen	142
7.2.4	Streuung der Messwerte $s(R_z)$	143
7.3	Messunsicherheitsbudget	144
8	Zeichnungseintragungen	147
8.1	Regeln nach DIN EN ISO 1302:2002-08	148
8.1.1	Symbole für die Oberflächenbeschaffenheit	148

8.1.2	Oberflächenbeschaffenheit am vollständigen Symbol	149
8.1.3	Bearbeitungsverfahren	151
8.1.4	Übertragungscharakteristik und Einzelmessstrecke	151
8.1.5	Oberflächenrillenrichtung	151
8.1.6	Bearbeitungszugabe	153
8.1.7	Lage und Ausrichtung der Symbole	153
8.1.8	Vereinfachte Zeichnungseintragung	154
8.1.9	Ausblick ISO 21920 – Zeichnungseintragungen	155
9	DIN-Normen und VDI-Richtlinien	157
9.1	Technische Oberflächen	158
9.1.1	Entwicklung	158
9.1.2	Konstruktion	159
9.1.3	Fertigung	160
9.1.4	Qualitätsprüfung	161
9.2	Weiterentwicklung der Normung	173
9.2.1	ISO 21920 Profilnorm	173
9.2.2	Neue Filterverfahren	175
9.2.3	Unterschiedliche Interpretationen beim <i>R_{max}</i> und <i>Rz1_{max}</i>	175
9.3	Anleitungen zur Ermittlung der Messunsicherheit	177
9.4	Normen und Richtlinien aus angrenzenden Bereichen	178
10	Literatur	181
10.1	Entwicklung der Oberflächenmesstechnik	182
10.2	Standardwerke	182
10.2.1	Bodschwinna; Hillmann (1992)	182
10.2.2	Whitehouse (1994)	183
10.2.3	Thomas (1999)	183
10.2.4	Leach (2013)	183
	Abkürzungsverzeichnis	184
	Stichwortverzeichnis	188