

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Die skalare Beugungstheorie in Kirchhoffscher Näherung</b>	<b>5</b>
2.1	Gegenüberstellung theoretischer Ansätze zur Beschreibung der Lichtstreuung an rauhem Oberflächen . . . . .	5
2.2	Der Kirchhoffsche Integralsatz . . . . .	8
2.3	Anwendung des Kirchhoffschen Integralsatzes auf die Lichtstreuung an rauhen Oberflächen . . . . .	11
2.4	Streuung an rauhen Oberflächen bei Einstrahlung ebener Wellen und Beobach- tung des Fernfeldes . . . . .	15
2.4.1	Tangentialebenen-Näherung . . . . .	17
2.4.2	Fernfeld-Näherungen . . . . .	18
2.4.3	Formulierung von Streufeldgleichungen . . . . .	20
2.5	Spezialfälle und weitere Näherungen . . . . .	23
2.5.1	Beobachtung in der Einfallsebene . . . . .	23
2.5.2	Beobachtung in Reflexionsrichtung . . . . .	24
2.5.3	Eindimensional raue Oberflächen . . . . .	24
2.5.4	Mittelung der Reflexionskoeffizienten . . . . .	25
2.5.5	Näherung kleiner Absolutbeträge der Oberflächensteigungen . . . . .	27
2.6	Streufeldgleichungen bei Verwendung der Fresnel-Näherung . . . . .	28
2.7	Fernfelderzeugende Eigenschaften von Linsen . . . . .	29
<b>3</b>	<b>Reflexion und Streuung an sinusförmig rauhen Oberflächen</b>	<b>32</b>
3.1	Beugungstheoretische Behandlung der Lichtreflexion an einer ebenen Grenzfläche	32
3.1.1	Bestimmung des Speckledurchmessers . . . . .	37
3.2	Streuung an sinusförmig rauhen Oberflächen . . . . .	38
3.2.1	Rechnergestützte Realisierung der Berechnung von Streukoeffizienten . .	41
3.2.2	Gültigkeitskriterien für die Kirchhoffsche Näherung . . . . .	49
3.2.3	Resultate für dielektrische und metallische Oberflächen . . . . .	55
<b>4</b>	<b>Beschreibung und Bewertung technischer Oberflächen</b>	<b>59</b>
4.1	Begriffe und Kennwerte zur Beschreibung rauher Oberflächen . . . . .	59
4.2	Statistische Eigenschaften realer rauher Oberflächen . . . . .	61
4.2.1	Gültigkeit der Kirchhoffschen Näherung bei realen technischen Oberflächen	65
4.3	Numerische Erzeugung fiktiver Oberflächenprofile als diskrete mathematische Funktionen . . . . .	66
<b>5</b>	<b>Berechnung von Intensitätswerten und deren Winkelverteilungen für zufalls- generierte raue Oberflächen</b>	<b>72</b>
5.1	Die Intensität in der Reflexionsrichtung . . . . .	72
5.2	Winkelverteilungen von Streufeldern . . . . .	73

<b>6</b>	<b>Auswertung des Streulichtes mit den Methoden der statistischen Optik</b>	<b>78</b>
6.1	Einführung in die Speckle-Korrelation . . . . .	78
6.2	Berechnung des Speckle-Korrelationskoeffizienten für zweidimensional anisotrop raue Oberflächen mit makrogeometrischen Krümmungen . . . . .	80
6.2.1	Speckle-Korrelationskoeffizient für makrogeometrisch ebene Oberflächen .	86
6.2.2	Beeinflussung des Korrelationskoeffizienten durch makrogeometrische Ober- flächenkrümmungen . . . . .	89
6.2.3	Zweifach gaußverteilte Oberflächenhöhen . . . . .	94
6.2.4	Exponentiell abklingende Autokorrelationsfunktion der Oberfläche . . . .	96
6.3	Intensitätserwartungswerte . . . . .	97
6.3.1	Intensitätserwartungswerte bei gaußförmiger Autokorrelationsfunktion der Oberfläche . . . . .	97
6.3.2	Intensitätserwartungswerte bei exponentieller Autokorrelationsfunktion der Oberfläche . . . . .	98
6.3.3	Rauheitsmessung durch Bestimmung von Intensitätserwartungswerten . .	99
6.4	Speckle-Kontrast-Verfahren . . . . .	101
<b>7</b>	<b>Simulation von Speckle-Korrelationsverfahren</b>	<b>103</b>
7.1	Speckle-Korrelation bei Detektion von Streulichtintensitäten in Reflexionsrichtung	103
7.2	Speckle-Korrelation bei Streulicht-Detektion in den Fourierebenen wellenlängen- angepaßter Linsen . . . . .	108
7.2.1	Simulationsergebnisse für numerisch generierte Oberflächenprofile . . . .	111
7.2.2	Simulationsergebnisse für reale raue Oberflächen . . . . .	114
7.2.3	Experimentelle Resultate . . . . .	122
7.3	Verhalten des Korrelationskoeffizienten bei nicht gaußverteilten Feldstärken des Streulichtes . . . . .	123
7.4	Beeinflussung der Resultate der Specklekorrelation durch die Ortsabhängigkeit der optischen Konstanten des Oberflächenmaterials . . . . .	126
<b>8</b>	<b>Rauheitsmessung durch Auswertung polychromatischer Specklemuster</b>	<b>130</b>
8.1	Theoretische Behandlung der Speckle-Elongation . . . . .	130
8.1.1	Darstellung der Resultate . . . . .	132
8.2	Simulationsrechnungen zur Speckle-Elongation . . . . .	135
8.3	Experimentelle Versuchsanordnung . . . . .	138
8.3.1	Experimenteller Nachweis . . . . .	140
8.3.2	Vorteile bei der Rauheitsmessung durch Auswertung polychromatischer Specklemuster . . . . .	147
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>149</b>
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>152</b>
A.1	Herleitung der Helmholtz Gleichung aus den Maxwellschen Gleichungen . . . . .	152
A.2	Herleitung der komplexen Fresnelschen Reflexionskoeffizienten . . . . .	153
A.2.1	TE-Polarisation . . . . .	155
A.2.2	TM-Polarisation . . . . .	158
A.3	Zusammenhang zwischen elektrischem Feld und Intensität . . . . .	161

A.4 Geometrische Beziehungen für ein vektoriell infinitesimales Oberflächenelement	162
A.5 Integrale von Exponentialfunktionen mit Polynomen zweiter Ordnung mit komplexen Koeffizienten als Argumenten . . . . .	163

<b>Literatur</b>	<b>165</b>
------------------	------------