

Horst Klingenberg

Automobil- Meßtechnik

Band B: Optik

Mit 177. Abbildungen

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York
London Paris Tokyo
HongKong Barcelona Budapest

Inhaltsübersicht

Verwendete Formelzeichen.....	XI
-------------------------------	----

1 Übersicht

1.1 Einleitung.....	1
1.2 Inhalt des Bandes.....	1

2 Physikalische Grundlagen der Optik

2.1 Übersicht.....	2
2.2 Wellenoptik.....	3
2.2.1 Wellengleichung für isotrope Medien.....	3
2.2.2 Lösungen der Wellengleichung für verlustfreie Medien und für das Vakuum.....	7
2.2.3 Hertzscher Oszillator im Vakuum.....	10
2.2.4 Energieströmung / Poyntingscher Vektor.....	11
2.2.5 Interferenz.....	12
2.2.5.1 Überlagerung ebener Wellen.....	13
2.2.5.2 Stehende ebene Welle.....	14
2.2.5.3 Intensität interferierender ebener Wellen.....	15
2.2.5.4 Zeitliche Kohärenzbedingung.....	17
2.2.5.5 Räumliche Kohärenzbedingungen.....	19
2.2.6 Huygenssches Prinzip.....	20
2.2.7 Beugung.....	21
2.2.7.1 Definition.....	21
2.2.7.2 Beugung am Spalt.....	21
2.2.7.3 Beugung am Strichgitter.....	23
2.2.8 Brechung.....	24
2.2.9 Grundlagen der Holografie.....	25
2.2.10 Speckle-Effekt.....	31
2.2.11 Wellengleichung in anisotropen Medien.....	33
2.2.11.1 Optische Anisotropie.....	33
2.2.11.2 Beschreibung der Wellengleichung.....	34

VIII

2.3	Geometrische Optik.....	36
2.3.1	Begriffsbestimmung.....	36
2.3.2	Brechung und Reflexion.....	36
2.3.3	Reflexion und Transmission.....	40
2.3.4	Erzeugung polarisierten Lichtes.....	43
2.3.5	Abbildung durch dünne Linsen.....	44
2.3.6	Abbildung durch dicke Linsen.....	47
2.3.7	Lichtbündelbegrenzung.....	49
2.3.8	Abbildungsfehler.....	51
2.4	Laser.....	51
2.4.1	Einführung.....	51
2.4.1.1	Lichtverstärkung im aktiven Laserwerkstoff.....	52
2.4.1.2	Selbsterregung im Laser-Resonator.....	56
2.4.1.3	Steuer- und andere Hilfseinrichtungen.....	57
2.4.2	Laserarten.....	61

3 Messen mit Laserlicht

3.1	Generelles.....	62
3.2	Meßverfahren.....	63
3.2.1	Leitstrahlverfahren.....	63
3.2.2	Triangulationsverfahren.....	63
3.2.3	Fokus-Verfahren.....	64
3.2.4	Laufzeitverfahren.....	65
3.2.5	Interferometrie.....	66
3.2.6	Oberflächenabastung mit Polygonspiegel.....	66
3.2.7	Schattenverfahren.....	67
3.2.8	Anwendungsbeispiele.....	68
3.2.8.1	Ebenheitsprüfung an Fahrzeugspiegeln.....	68
3.2.8.2	Sehunschärfe durch Schwingungen von Fahrzeugspiegeln.....	69
3.3	HilfsVorrichtungen und Bauelemente.....	70
3.3.1	Lichtleiter.....	70
3.3.2	Bragg-Zelle.....	71
3.3.3	Bildderrotator.....	73
3.3.4	Weitere Bauelemente.....	74
3.4	Meßverfahren der Fahrzeug-Aerodynamik.....	75
3.4.1	Fahrzeug-Querschnittsflächenvermessung.....	75
3.4.1.1	Aerodynamische Größen.....	75
3.4.1.2	Schattenverfahren.....	76
3.4.1.3	Laser-Reflexions-Meßverfahren zur Konturabastung.....	76
3.4.2	Laser-Lichtschnittverfahren zur Strömungsmessung.....	81
3.4.2.1	Laserlichtschnitt.....	81

3.4.2.2	Versuchsanordnung.....	82
3.4.2.3	Ergebnisse.....	85
3.4.3	Laser-Doppler-Anemometrie (LDA) zur Messung der lokalen Strömungsgeschwindigkeit.....	86
3.4.3.1	Dopplereffekt.....	86
3.4.3.2	Lichtstreuung am bewegten Teilchen.....	88
3.4.3.3	Interferenzstreifenverfahren.....	90
3.4.3.4	Anwendungsbeispiel.....	93
3.5	Untersuchungen im Motorbrennraum.....	94
3.5.1	Einführung.....	94
3.5.2	Optischer Zugang zum Motorbrennraum.....	94
3.5.3	Anwendung des Laser-Lichtschnitt-Verfahrens.....	95
3.5.4	Die Particle-Image-Velocimetry.....	97
3.5.5	Laser-Doppler-Anemometrie.....	98
3.5.6	Laser-Schlieren-Verfahren.....	101
3.5.7	Laser-Schatten-Verfahren.....	105
3.5.8	Spektroskopische Verfahren.....	106
3.5.8.1	Chemisch-thermische Fluoreszenz.....	107
3.5.8.2	Laser-Induzierte Fluoreszenz.....	107
3.5.8.3	Ramanspektroskopie.....	110
3.5.8.4	Coherent Anti-Stokes Raman Spectroscopy (CARS).....	113
3.6	Untersuchungen am Fahrzeug und an Fahrzeugbauteilen.....	117
3.6.1	Speckle-Analyse für Dehnungsmessungen an Oberflächen.....	118
3.6.1.1	Speckies.....	118
3.6.1.2	Vollautomatisches Specklegramm-Auswertegerät.....	123
3.6.1.4	Zwei Anwendungsbeispiele der Speckle-Meßtechnik.....	124
3.6.2	Laser-Doppler-Vibrometrie für Schwingungsmessungen.....	126
3.6.2.1	Prinzip.....	126
3.6.2.2	Faseroptisches Vibrometer.....	127
3.6.2.3	Flächenabtastendes Laser-Doppler-Vibrometer.....	129
3.6.3	Untersuchungen mittels holografischer Interferometrie.....	132
3.6.3.1	Allgemeines.....	132
3.6.3.2	Doppelbildholografie für statische Messungen.....	137
3.6.3.3	Doppelpulsholografie für Kurzzeit-Messungen.....	138
3.6.3.4	Automatische Auswertung mit Zweifachreferenz und nachträglicher Phasenverschiebung.....	142
3.6.3.5	Zeitmittelungs-Holografie.....	145
3.6.3.6	Stroboskopische Holografie.....	149
3.6.3.7	Echtzeit-Holografie.....	151
3.6.3.8	Holografische Interferometrie an rotierenden Objekten mittels Bild-derotator.....	153
3.6.3.9	Holografisches Reifenprüfgerät.....	154
3.6.3.10	Ausgewählte Beispiele.....	156

4	Messen mit Weißlicht	
4.1	Optische Eigenschaften der Fahrzeugverglasung.....	162
4.1.1	Optische Fehler von Glasscheiben.....	162
4.1.2	Transmissionsmessungen.....	167
4.1.2.1	Grundlagen.....	167
4.1.2.2	Transmissionsmeßgerät.....	169
4.1.2.3	Messung und Auswertung.....	172
4.2	Meßverfahren der Fahrzeugsicherheit.....	173
4.2.1	Übersicht.....	173
4.2.2	Hochfrequenz-Kinematografie.....	175
4.2.2.1	Schrittbildkamera.....	176
4.2.2.2	Drehprismenkamera.....	177
4.2.2.3	Trommelkameras.....	178
4.2.2.4	Anwendungsbeispiele.....	180
4.3	Festigkeitsuntersuchungen mit Spannungsoptischen Verfahren.....	182
4.3.1	Ähnlichkeitsanforderungen.....	182
4.3.2	Physikalisches Prinzip.....	182
4.3.3	Thermoelastischer Spannungsanalysator (THESA).....	186
4.4	Digitale-Nahbereichs-Photogrammetrie.....	192
4.4.1	Übersicht.....	192
4.4.2	Wichtige Begriffe der Photogrammetrie.....	194
4.4.3	Phbtogrammetrische Aufnahmekameras.....	196
4.4.4	Grundgleichungen der Bündeltriangulation.....	199
4.4.5	Anwendungsbeispiele aus der Off-line-Photogrammetrie.....	203
4.4.5.1	Ein Mehrbild-Triangulations-Meßsystem und seine Anwendungen.....	203
4.4.5.2	Hochgeschwindigkeits-Photogrammetrie.....	209
4.4.5.3	Hochgenaue stereoskopische Formerfassung ganzer Fahrzeuge.....	212
4.4.6	On-line-Photogrammetrie.....	213
4.4.7	Objektgestützte Mehrbildzuordnung.....	217
	Literaturverzeichnis.....	223
	Sachwortverzeichnis.....	233