

Dipl.-Ing. Christian Rathjen, Hannover

**Untersuchungen zu Mehr-
Wellenlängen-Verfahren
und deren Anwendungen
auf Projektionsmoirés zur
absoluten Formerfassung**

Reihe **8**: Meß-, Steuerungs-
und Regelungstechnik

Nr. **579**

Inhalt

Bezeichnungen	VII
Allgemeines	VII
Abkürzungen	VII
Koordinaten	VII
Verwendete Größen	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Zielsetzung	1
1.2 Themenschwerpunkte der Arbeit	1
1.3 Gliederung der Arbeit	2
2 Stand der Kenntnisse	4
2.1 Allgemeines zu Moiré-Meßverfahren	4
2.2 Auswertung von Streifenbildern – Problem der Eindeutigkeit	5
2.3 Moiré-Verfahren zur Formerfassung	9
2.4 Streifenprojektions- und Projektionsmoiréverfahren	11
2.5 Alternative optische Verfahren zur Formerfassung	18
3 Prinzip des Meßverfahrens	24
4 Modell der Streifenprojektion	30
4.1 Beschreibung der Moiré-Flächen im Raum	30
4.2 Herleitung ebener Moiré-Flächen	40
4.3 Simulation von Meßergebnissen auf Basis der Modellgleichungen	44
5 Auswerteverfahren und Betrachtung von Abweichungen	50
5.1 Allgemeine Betrachtungen	50
5.2 Auswerteverfahren	53
5.2.1 Allgemeine Beschreibung der Ordnungs- und Abstandsbestimmung	53
5.2.2 Mindestanforderungen an das Meßverfahren	57
5.3 Systematische Abweichungen	60
5.3.1 Möglichkeiten und Grenzen des Modells – Abschätzung systematischer Einflüsse	60
5.3.2 Einflüsse auf das Meßverfahren	63
5.4 Zufällige Abweichungen	71
5.4.1 Allgemeines	71
5.4.2 Herleitung des Phasenrauschens	73
5.4.3 Auswirkungen der Phasen-Schiebe-Algorithmen auf das Phasenrauschen	78
5.4.4 Beschreibung des Phasenrauschens für große <i>SNR</i> -Werte	84
5.4.5 Schätzung des Phasenrauschens	85

6 Mögliche Realisierungen des Meßverfahrens	89
7 Umsetzung in eine experimentelle Einrichtung	95
7.1 Zielsetzung	95
7.2 Optischer Aufbau.....	97
7.3 Ansteuerung und Aktorik des optischen Aufbaus	104
7.4 Signalverarbeitung, Datenerfassung und Umsetzung des Auswerteverfahrens	105
8 Experimentelle Untersuchungen zum Meßverfahren.....	109
8.1 Allgemeines	109
8.2 Untersuchungen zur Phasenmessung	109
8.2.1 Intensitätsrauschen.....	109
8.2.2 Phasenrauschen und dessen Schätzung	114
8.2.3 Systematische Abweichungen	121
8.3 Untersuchungen zur Ordnungsbestimmung	125
8.3.1 Stabilität der Meßeinrichtung	125
8.3.2 Ordnungsbestimmung.....	126
8.3.3 Prinzipielle Ursache falscher Ordnungsbestimmung im unkompensierten Betrieb – Separierbarkeit von Parametern	132
9 Justierung und Kalibrierung	136
9.1 Justierung.....	136
9.2 Kalibrierung.....	139
10 Zusammenfassung und Ausblick.....	144
10.1 Zusammenfassung	144
10.2 Ausblick.....	145
Anhang	147
Anhang A – Anmerkungen zur Herleitung der Moiré-Flächen.....	147
Anhang B – Herleitung ebener Moiré-Flächen	148
Anhang C – Bestimmung möglicher Moiré-Flächen	157
Anhang D – Berechnung der Parameter α und ρ von Phasen-Schiebe-Algorithmen	161
Anhang E – Anzahl möglicher Phasenwerte bei quantisiertem Signal	163
Literaturverzeichnis.....	164