

**Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft,
Forschung und Technologie**

**Abschlußbericht für das F + E - Vorhaben
13 N 5961**

3D-Objektvermessung auf kleinere Entfernung

**Grundlagen zur dreidimensionalen Modalanalyse mit einem
Mehrkanallaservivbrometer**

Berichtszeitraum
01. September 1993 - 30. September 1996
durchgeführt am
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik
in Aachen

Institutsleiter:	Prof. Dr. R. Poprawe
Projektleiter:	Dr. R. Noll
Projektbearbeiter:	Dipl.-Phys. M. Sellhorst

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Arbeitsprogramm	5
3	Beschreibung des Gesamtsystems	5
4	Untersuchung der Streueigenschaften technischer Oberflächen	9
5	Optischer Aufbau und Lichtwellenleiterstrahlführung	10
6	Sender	12
7	Steuerung des Senders und des Empfängers	13
7.1	Beschreibung des Regelkreises	16
7.2	Dimensionierung des Reglers	18
8	Mathematisches Modell	20
9	Triangulation	21
10	Signalverarbeitungselektronik	24
11	Empfindlichkeiten	27
12	Messungen und Ergebnisse	28
13	Vergleichende Untersuchungen	32
14	Zusammenfassung	34
15	Literatur	35
16	Publikationen und Patente	36
17	Geräteliste	38
18	Software	39

Abbildungen

Bild 1	Hauptkomponenten des Meßsystems	6
Bild 2	Schematische Darstellung des Meßaufbaus	8
Bild 3	Foto des Meßsystems	9
Bild 4	Optischer Aufbau eines Einkanalvibrometers	10
Bild 5	Meßaufbau für die 3D-Vibrometrie	11
Bild 6	Spektrale Empfindlichkeit der Avalanche Fotodioden bei einer Vorspannung in Sperrichtung von 0 V	13
Bild 7	Skizze des Aufbaus zur Nachregelung der Beobachtungsrichtung des Meßkopfes	14
Bild 8	Prinzip des Signaturverfahrens	15
Bild 9	Schema des Regelkreises zur Modellierung der Regelung für die Nachführung der Beobachtungsrichtung	16
Bild 10	Skizze zur Beschreibung des Regelkreises	17
Bild 11	Sprungantworten des Regelkreises für verschiedene Werte von q_0	20
Bild 12	Lagebestimmung der Beobachtungsgeraden im Weltkoordinatensystem	22
Bild 13	Komponenten der Signalverarbeitungselektronik	25
Bild 14	Foto der Meßobjektoberfläche	29
Bild 15	Schnellevektorverteilung auf der Objektoberfläche eines Verdichters in einer Schwingungsendlage	29
Bild 16	Verteilung der Verlagerungsvektoren auf der Oberfläche des Meßobjekts, Ansicht aus der x-Richtung	30
Bild 17	Verteilung der Verlagerungsvektoren auf der Oberfläche des Meßobjekts, Ansicht aus der y-Richtung	31
Bild 18	Verteilung der Verlagerungsvektoren auf der Oberfläche des Meßobjekts, Ansicht aus der z-Richtung	31
Bild 19	Verformung der Meßobjektoberfläche in den Schwingungsendlagen bei einer Anregungsfrequenz von $f = 1700$ Hz	32

1 Einleitung

Der vorliegende Bericht stellt die Arbeiten und Ergebnisse im Forschungsvorhaben "Grundlagen zur dreidimensionalen Modalanalyse mit einem Mehrkanallaservibrometer", Förderkennzeichen 13 N 5961 dar.

Ziel des Vorhabens war die Erforschung der Grundlagen der mehrdimensionalen Laservibrometrie zur Erfassung von Oberflächenschwingungen mechanischer Objekte. Da bei der herkömmlichen Laser-Dopplervibrometrie die vom Objekt emittierte Streustrahlung nur kollinear zur Einstrahlrichtung beobachtet wird, erfaßt diese Meßmethode nur eine Komponente des Schnellektors am Meßort. Für eine Schwingungsform- oder Modalanalyse ist dies nicht ausreichend. Das Meßverfahren muß daher so erweitert werden, daß die übrigen Komponenten des Schnellektors ebenfalls erfaßt werden.

Hierzu wird das vom Objekt ausgesandte Streulicht unter einem Winkel zur Einstrahlrichtung beobachtet. Werden drei Beobachtungsrichtungen gewählt, die nicht in einer Ebene liegen, so spannen die zugehörigen Empfindlichkeitsvektoren ein im allgemeinen nicht orthogonales Koordinatensystem auf. Der Zeitverlauf der Komponenten des Schnellektors, die in Richtung dieser Empfindlichkeitsvektoren liegen, wird mit dem erweiterten Meßverfahren erfaßt. Durch die Transformation der Daten in ein objektbezogenes, kartesisches Koordinatensystem wird der für die Modalanalyse notwendige Zeitverlauf des Schnellektors am Meßort ermittelt.

Für die Schwingungsformanalyse wird diese Information für eine diskrete Anzahl von Meßpunkten auf der Objekt Oberfläche benötigt.

Der Beleuchtungsstrahl des Vibrometeraufbaus wird dazu mit einem Scannerspiegel auf die verschiedenen Meßpunkte gerichtet. Die Beobachtungsrichtungen der Meßköpfe werden mit Zweiachsscannerspiegeln auf den Meßort ausgerichtet und die Position des Meßortes aus den Winkelstellungen der Scannerspiegel bestimmt. Für die Grundlagenuntersuchungen wurde ein solches System mit einer Ablenkeinrichtung für den Beleuchtungsstrahl und einem Meßkopf aufgebaut.

Die folgenden Kapitel beschreiben den Aufbau, der im Rahmen des Forschungsvorhabens erstellt wurde und anschließend die Ergebnisse, die mit dem Versuchsaufbau erzielt wurden.

2 Arbeitsprogramm

Das beschriebene Forschungsvorhaben gliedert sich in folgendes Arbeitsprogramm:

1. Mathematisches Modell für die dreidimensionale Schwingungsanalyse
2. Aufbau eines Senders
3. Integration eines Triangulationsmeßsystems in den Vibrometeraufbau
4. Strahlführung über Lichtwellenleiter
5. Steuerung der Strahlablenkung des Meßstrahls so, daß mehrere Punkte auf dem Meßobjekt angestrahlt werden können.
6. Aufbau eines Empfängers zur Detektion und Verarbeitung des Streulichts
7. Entwicklung einer Signalverarbeitungselektronik zur Verstärkung und Auswertung der Signale
8. Untersuchung der Empfindlichkeit und des Rauschverhaltens
9. Experimente zur 2D- und 3D-Vibrometrie
10. Schwingungsanalyse von mechanischen Objekten mit dem Vibrometeraufbau
11. Vergleichende Untersuchungen mit der holografischen Interferometrie und konventionellen Beschleunigungsaufnehmern
12. Untersuchung der Streueigenschaften technischer Oberflächen

In den folgenden Kapiteln werden die Projektarbeiten zu den einzelnen Arbeitspunkten beschrieben. Sofern die Arbeiten in den Jahresberichten bereits ausführlich dargestellt wurden, wird auf die entsprechenden Kapitel dort verwiesen und die Ergebnisse nur kurz zusammengefaßt.

3 Beschreibung des Gesamtsystems

Bild 1 zeigt eine Übersicht über die Hauptkomponenten des Meßsystems.