

Berichte aus der Mikro- und Feinwerktechnik

herausgegeben von Prof. Dr. rer. nat. S. Büttgenbach

Band 19

Jens Güttler

**Entwicklung eines gelenkintegrierten Winkelsensors
für den Einsatz in hochdynamischen Parallelrobotern**

Shaker Verlag
Aachen 2006

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2006

Copyright Shaker Verlag 2006

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN-10: 3-8322-5681-4

ISBN-13: 978-3-8322-5681-4

ISSN 1433-1438

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Kurzfassung der Dissertation von Dipl.-Ing. Jens Güttler mit dem Thema: Entwicklung eines gelenkintegrierten Winkelsensors für den Einsatz in hochdynamischen Parallelrobotern

In der vorliegenden Arbeit werden die Entwicklung und die mikrotechnische Fertigung eines hochauflösenden Winkelsensors beschrieben. Dieser Sensor wurde zur Messung der Winkelstellung von Gelenken eines Parallelroboters konzipiert und kann aufgrund seiner geringen Baugröße direkt in die Gelenke integriert werden. Diese Information über die Gelenkstellung stellt einen wichtigen Parameter dar und wird von der Robotersteuerung zur Selbstkalibrierung, zur Lösung des DKP (Direktes kinematisches Problem), zur Arbeitsraumüberwachung sowie zur Kraft- und Lageregelung genutzt.

Im Vorfeld des Sensorentwurfs erfolgt eine Analyse der aktuell verfügbaren Sensorsysteme und deren theoretische Betrachtung sowie eine Einteilung nach den grundlegenden physikalischen Wirkprinzipien. Anschließend wird unter Berücksichtigung der besonderen Anforderungen für die geplante Anwendung eine Auswahl von drei verschiedenen Sensorprinzipien getroffen, die hier eine mikrotechnische Umsetzung erfahren sollen. Alle drei Sensoren beruhen auf einem induktiven Verfahren. Dabei wird eine Induktivitätsänderung durch Flussverdrängung, eine Induktivitätsänderung durch Variation des Luftspaltes sowie eine Veränderung der Kopplung zweier Spulen messtechnisch sensiert und ausgewertet. Die Detektion der Gelenkstellung erfolgt dabei jeweils über eine Maßstabsscheibe, die die Winkeländerungen an den Sensor überträgt. Dieser Maßstab trägt Inkremente aus metallischen Flächen, die aus Kupfer bzw. Nickel-Eisen bestehen. Die Auswertung der Winkeländerungen entspricht dann dem Zählen der am Sensor vorbeigestrichenen Inkrementstrukturen. In Verbindung mit der bekannten Auflösung der Maßstabsscheibe kann so auf den entsprechenden Winkelbereich geschlossen werden.

Vor der Beschreibung der mikrotechnischen Fertigung der Sensoren werden in einem vorangehenden Kapitel die wichtigsten dazu verwendeten technologischen Grundlagen vorgestellt und erläutert. Nach der Herstellung erster Funktionsmuster erfolgt deren Untersuchung an einem dafür konzipierten Prüfstand. Dieser besteht im Wesentlichen aus einem hochauflösenden Drehtisch, der die jeweilige Maßstabsscheibe trägt und gegenüber dem Sensor verdreht. Die Ausrichtung des Sensors zum Maßstab kann über eine lineare XYZ-Verstelleinheit realisiert werden.

Die Funktionsprüfung der drei Sensorsysteme zeigte die generelle Eignung dieser Konzepte. Hohe Querempfindlichkeiten wie z. B. gegenüber Abstandsänderungen zwischen Sensor und Maßstab sowie die während dieser Arbeit gestiegenen Anforderungen hinsichtlich der Sensorauflösung führten jedoch dazu, dass die bisherigen Sensorkonzepte nicht weiter verfolgt und optimiert werden konnten. Stattdessen wurde nach einem neuen Sensorprinzip gesucht, dass die erwähnten Nachteile nicht aufweist und gleichzeitig eine höhere Sensorauflösung ermöglicht. Die Wahl fiel auf den so genannten Fluxgate-Sensor, der die Größe und Richtung eines Magnetfeldes bestimmen kann. Um diesen für die Detektion von Winkeländerungen nutzen zu können, wurden die bisherigen inkrementellen Maßstäbe durch einen Permanentmagneten ersetzt, der die Winkelstellung der Gelenkachse an das Fluxgate überträgt. Dieser Sensor bietet aufgrund seines Wirkprinzips gegenüber den bisher untersuchten Konzepten den Vorteil der zumindest theoretisch unendlichen Auflösung, da der als Maßstab fungierende Permanentmagnet im Gegensatz zu den inkrementellen Sensoren die analoge Übertragung der Winkelstellungen ermöglicht. Des Weiteren handelt es sich beim Fluxgate-Sensor um ein absolut messendes System, bei dem jeder Gelenkstellung ein eindeutiger Messwert zugeordnet ist.

Nach der Bestätigung der Eignung dieses Sensorkonzeptes durch die Herstellung und den Test eines ersten Funktionsmusters wurde der Sensor weiterentwickelt und unter Berücksichtigung des zur Verfügung stehenden Bauraumes optimiert. Dazu war es vielfach erforderlich, die verwendeten Technologien zur Herstellung der Sensoren anzupassen und zahlreiche während der Fertigung auftretende Probleme zu lösen. Schließlich konnte ein Sensor realisiert werden, der mit einer Empfindlichkeit von $1 \text{ mV}/0,1^\circ$ und einer Auflösung von $0,2^\circ$ vergleichbar sehr gute Werte erreicht.