

Klaus Karstedt

**Positionsbestimmung
von Objekten in der Montage-
und Fertigungsautomatisierung**

Mit 92 Abbildungen

**Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York
London Paris Tokyo Hong Kong 1990**

3

Inhaltsverzeichnis

0.	Formelzeichen und Abkürzungen	1
1.	Einleitung	3
2.	Stand der Forschung.....	6
2.1	Einleitung	6
2.2	Sensoren und Verfahren zur Positionsvermessung	6
3.	Anforderungen und Lösungsmöglichkeiten an die Positionsbestimmung im industriellen Einsatz	18
3.1	Anforderungen an die Positionsvermessung	18
3.2	Methoden des Sensoreinsatzes in Verbindung mit dem Industrieroboter	21
3.2.1	Übersicht	21
3.2.2	Zentrale und lokale Vermessung.....	22
3.2.3	Parallele und serielle Meßverfahren	23
3.2.4	Geregelte Systeme.....	24
3.2.5	Starre und flexible Sensorsysteme	25
3.2.6	Unabhängige und abhängige Meßsysteme.....	26
3.2.7	Direkte und indirekte Werkstücklagevermessung	28
3.3	Klassifizierung von Referenzmarken.....	29
4.	Positionsvermessung eines autonomen, mobilen Handhabungsgerätes.....	32
4.1	Einleitung	32
4.2	Erstellung eines Anforderungsprofils	34
4.3	Auswahl und Vergleich alternativer Sensorsysteme.....	37
4.4	Anforderungen und Auswahlkriterien an Laserablenkeinheiten.....	39
4.5	Methoden zur Laserstrahlablenkung	41
4.5.1	Übersicht	41
4.5.2	Galvanometerablenkung	42
4.5.3	Fokussierungsverfahren	42
4.5.4	Piezoablenkeinheiten	44
4.5.5	Akustooptische Ablenkeinheiten	44

4.5.6	Elektrooptische Ablenkeinheiten.....	44
4.5.7	Holographische Ablensysteme	45
4.5.8	Ablenkeinheiten mit Strahlrückführung	45
5.	Laserscanner zur Positionsfeinvermessung bei autonomen, mobilen Handhabungsgeräten.....	49
5.1	Einführung in das verwendete Meßverfahren.....	49
5.2	Entwicklung der Referenzmarken	51
5.3	Planung und Aufbau des Sensorsystems	52
5.4	Abtaststrategie	60
5.5	Meßdatenauswertung	60
5.6	Mathematisches Modell zur Laserstrahlablenkung	63
5.6.1	Definition der Koordinatensysteme und der Fehlermöglichkeiten	63
5.6.1.1	Fehler geometrischen Ursprungs	63
5.6.1.2	Verfahrensbedingte Fehler	70
5.6.1.3	Thermische Fehler.....	74
5.6.2	Methoden zur Ermittlung des mathematischen Modells	74
5.6.3	Grundlagen	75
5.6.3.1	Koordinatentransformation	75
5.6.3.2	Analytische Geometrie.....	78
5.6.4	Aufstellung des mathematischen Modells.....	81
5.6.4.1	Vereinfachte Darstellung einer Scanneranordnung	81
5.6.4.2	Vollständige mathematische Darstellung einer Scanneranordnung.....	84
5.6.4.3	Bestimmung des Mittelpunktstrahls der Referenzmarke.....	90
5.6.4.4	Bestimmung der Position der Referenzmarke.....	94

	5.6.4.5	Bestimmung der sechs Freiheitsgrade gegenüber dem Referenzsystem.....	96
5.7		Überprüfung des mathematischen Modells anhand der Simulation.....	99
5.8		Untersuchung der Meßgenauigkeit	100
	5.8.1	Einführung	100
	5.8.2	Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung	101
	5.8.3	Wiederholgenauigkeit der Winkelmessung	102
	5.8.4	Wiederholgenauigkeit der Kurzzeit-Positionsbestimmung	105
	5.8.5	Wiederholgenauigkeit der Langzeit-Positionsbestimmung	105
	5.8.6	Einschaltverhalten	106
	5.8.7	Messung der Absolutgenauigkeit.....	109
	5.8.7.1	Optimierung der Parameter	109
	5.8.7.2	Meßergebnisse	112
5.9		Zusammenfassung Laserscanner zur Positionsfeinvermessung und Ausblick	116
6.		Flexibler Sensor zur Anwesenheitskontrolle.....	117
	6.1	Situationsanalyse	117
	6.2	Funktionsablauf	119
	6.3	Funktionsprinzip	120
	6.4	Detektionsempfindlichkeit	124
	6.5	Das Steuerprogramm.....	126
	6.6	Einsatzmöglichkeiten	129
	6.7	Einsatzbeispiel des Lasersensors: Zuführeinrichtung für die automatische Montage von Klammern	130
	6.8	Anwendungsbeispiel: Kleingerätemontage.....	133
	6.9	Anwendungsbeispiel des Lasersensors: Lagebestimmung eines Stirnrades.....	135

6.10	Anwendungsbeispiel des Lasersensors: Schnelle Lagebestimmung von Bauelementen mit endlich vielen Vorzugslagen	137
6.11	Zusammenfassung Lasersensor	138
7.	Zusammenfassung.....	139
8.	Literatur.....	141