

---

IPA-IAO

# Forschung und Praxis

---

Band 191

Berichte aus dem  
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik  
und Automatisierung (IPA), Stuttgart,  
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft  
und Organisation (IAO), Stuttgart,  
Institut für Industrielle Fertigung und  
Fabrikbetrieb der Universität Stuttgart und  
Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement, Universität Stuttgart

Herausgeber: H. J. Warnecke und H.-J. Bullinger



**Armin Willy**

**Vorrichtungssysteme  
für die flexibel  
automatisierte Montage**

Mit 60 Abbildungen

**Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg New York  
London Paris Tokyo  
Hong Kong Barcelona  
Budapest 1994**

**Dipl.-Ing. Armin Willy**

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Dr.-Ing. E. h. H. J. Warnecke**

o. Professor an der Universität Stuttgart

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart

**Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. H.-J. Bullinger**

o. Professor an der Universität Stuttgart

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

**D 93**

ISBN-13: 978-3-540-57784-3

e-ISBN-13: 978-3-642-47956-4

DOI: 10.1007/978-3-642-47956-4

**Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils gültigen Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.**

© Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1994.

**Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.**

**Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.**

**Gesamtherstellung: Copydruck GmbH, Heimsheim**

**SPIN: 10465595**

**62/3020-6 5 4 3 2 1 0**

## Geleitwort der Herausgeber

Über den Erfolg und das Bestehen von Unternehmen in einer marktwirtschaftlichen Ordnung entscheidet letztendlich der Absatzmarkt. Das bedeutet, möglichst frühzeitig absatzmarktorientierte Anforderungen sowie deren Veränderungen zu erkennen und darauf zu reagieren.

Neue Technologien und Werkstoffe ermöglichen neue Produkte und eröffnen neue Märkte. Die neuen Produktions- und Informationstechnologien verwandeln signifikant und nachhaltig unsere industrielle Arbeitswelt. Politische und gesellschaftliche Veränderungen signalisieren und begleiten dabei einen Wertewandel, der auch in unseren Industriebetrieben deutlichen Niederschlag findet.

Die Aufgaben des Produktionsmanagements sind vielfältiger und anspruchsvoller geworden. Die Integration des europäischen Marktes, die Globalisierung vieler Industrien, die zunehmende Innovationsgeschwindigkeit, die Entwicklung zur Freizeitgesellschaft und die übergreifenden ökologischen und sozialen Probleme, zu deren Lösung die Wirtschaft ihren Beitrag leisten muß, erfordern von den Führungskräften erweiterte Perspektiven und Antworten, die über den Fokus traditionellen Produktionsmanagements deutlich hinausgehen.

Neue Formen der Arbeitsorganisation im indirekten und direkten Bereich sind heute schon feste Bestandteile innovativer Unternehmen. Die Entkopplung der Arbeitszeit von der Betriebszeit, integrierte Planungsansätze sowie der Aufbau dezentraler Strukturen sind nur einige der Konzepte, die die aktuellen Entwicklungsrichtungen kennzeichnen. Erfreulich ist der Trend, immer mehr den Menschen in den Mittelpunkt der Arbeitsgestaltung zu stellen - die traditionell eher technokratisch akzentuierten Ansätze weichen einer stärkeren Human- und Organisationsorientierung. Qualifizierungsprogramme, Training und andere Formen der Mitarbeiterentwicklung gewinnen als Differenzierungsmerkmal und als Zukunftsinvestition in *Human Resources* an strategischer Bedeutung.

Von wissenschaftlicher Seite muß dieses Bemühen durch die Entwicklung von Methoden und Vorgehensweisen zur systematischen Analyse und Verbesserung des Systems Produktionsbetrieb einschließlich der erforderlichen Dienstleistungsfunktionen unterstützt werden. Die Ingenieure sind hier gefordert, in enger Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen, z.B. der Informatik, der Wirtschaftswissenschaften und der Arbeitswissenschaft, Lösungen zu erarbeiten, die den veränderten Randbedingungen Rechnung tragen.

Die von den Herausgebern geleiteten Institute, das

- Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb der Universität Stuttgart (IFF),
- Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA),
- Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO)

arbeiten in grundlegender und angewandter Forschung intensiv an den oben aufgezeigten Entwicklungen mit. Die Ausstattung der Labors und die Qualifikation der Mitarbeiter haben bereits in der Vergangenheit zu Forschungsergebnissen geführt, die für die Praxis von großem Wert waren. Zur Umsetzung gewonnener Erkenntnisse wird die Schriftenreihe "IPA-IAO - Forschung und Praxis" herausgegeben. Der vorliegende Band setzt diese Reihe fort. Eine Übersicht über bisher erschienene Titel wird am Schluß dieses Buches gegeben.

Dem Verfasser sei für die geleistete Arbeit gedankt, dem Springer-Verlag für die Aufnahme dieser Schriftenreihe in seine Angebotspalette und der Druckerei für saubere und zügige Ausführung. Möge das Buch von der Fachwelt gut aufgenommen werden.

H.J. Warnecke    H.-J. Bullinger

## **Vorwort**

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. h.c. mult. Dr.-Ing. H.-J. Warnecke, für seine großzügige Unterstützung und Förderung, die entscheidend zur erfolgreichen Durchführung dieser Arbeit beigetragen hat.

Herrn Professor Dr.-Ing. U. Heisel danke ich für die Übernahme des Mitberichts und die eingehende Durchsicht der Arbeit.

Herrn Professor Dr.-Ing. R.-D. Schraft, Herrn Dr.-Ing. M. Schweizer und Herrn Dr.-Ing. T. Schmaus danke ich für die wertvollen Hinweise, die sich aus den Diskussionen ergaben.

Besonders erwähnen möchte ich die Unterstützung durch Herrn Prof. J. P. Sadler, Ph.D., P.E. und die wertvollen Anregungen durch meine ehemaligen Kollegen Herrn Dr.-Ing. G. Fischer und Herrn Dr.-Ing. J. Wößner sowie Herrn cand.el. M. Dürr.

Regensburg, November 1993

Armin Willy

## **Inhaltsverzeichnis:**

<b>0</b>	<b>Abkürzungen und Formelzeichen</b>	<b>13</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>15</b>
1.1	Problemstellung	15
1.2	Zielsetzung und Vorgehensweise	16
<b>2</b>	<b>Ausgangssituation</b>	<b>17</b>
2.1	Begriffe und Definitionen	17
2.2	Einteilung von Vorrichtungen	18
2.3	Stand der Technik	20
2.3.1	Vorrichtungen	20
2.3.1.1	Konventionelle Vorrichtungen	21
2.3.1.2	Flexible Vorrichtungen	21
2.3.2	Vorrichtungskonfiguration	25
2.3.2.1	Konventionelle Vorrichtungskonfiguration	25
2.3.2.2	Rechnergestützte Vorrichtungskonfiguration	26
<b>3</b>	<b>Analyse der Vorrichtungsaufgabe und Ableitung der Anforderungen an Vorrichtungssysteme für die flexibel automatisierte Montage</b>	<b>29</b>
3.1	Analyse eines repräsentativen Aufgabenspektrums	29
3.2	Toleranzbetrachtung	31
3.3	Ableitung der Anforderungen aus den Analyseergebnissen	33
3.3.1	Anforderungen an das Vorrichtungssystem	33
3.3.2	Anforderungen an flexible Montagevorrichtungen	34
3.3.3	Anforderungen an den Konfigurationsprozeß	36
3.4	Ableitung der Entwicklungsschwerpunkte	37

<b>4</b>	<b>Konzeption von flexiblen Montagevorrichtungssystemen</b>	<b>38</b>
4.1	Randbedingungen bei der Systemkonzeption	38
4.2	Konzeption des Konfigurationsprozesses	38
4.3	Konzeption von flexiblen Vorrichtungen	40
<b>5</b>	<b>Untersuchungen zum Aufbau einer Programmstruktur zur automatischen Vorrichtungskonfiguration</b>	<b>46</b>
5.1	Eingabeteil	46
5.2	Automatische Vorrichtungskonfiguration	47
5.2.1	Analyse des Stabilitätsproblems	48
5.2.2	Definition möglicher Konfigurationen	54
5.2.3	Stabilitätsbeurteilung	60
5.3	Ausgabeteil	64
<b>6</b>	<b>Untersuchungen zum Aufbau von flexiblen Montagevorrichtungen</b>	<b>66</b>
6.1	Vorrichtungskonzept Instationäres Spannen	66
6.1.1	Integrierte Spannvorrichtungen	66
6.1.2	Modulare Haltevorrichtungen	72
6.2	Vorrichtungskonzept Stationäres Spannen mittels modularer Spannvorrichtung	76
<b>7</b>	<b>Aufbau der entwickelten Vorrichtungen und Integration zum Gesamtsystem</b>	<b>82</b>
7.1	Gesamtaufbau	82
7.2	Aufbau der entwickelten Vorrichtungskonzepte	83
7.2.1	Instationäres Spannen	83
7.2.1.1	Lamellenkissen	83
7.2.1.2	Magnethaltevorrichtung	87
7.2.2	Stationäres Spannen mittels Baukastenspannvorrichtung	88



<b>8</b>	<b>Erprobung der entwickelten Vorrichtungsteilsysteme im Gesamtsystem</b>	<b>92</b>
8.1	Anwendungsbeispiel automatische Vorrichtungskonfiguration	92
8.2	Erprobung der entwickelten flexiblen Montagevorrichtungen	101
8.2.1	Instationäres Spannen	101
8.2.1.1	Versuchsaufbau	101
8.2.1.2	Funktionsablauf	102
8.2.1.3	Versuchsergebnisse	103
8.2.2	Stationäres Spannen	105
8.2.2.1	Versuchsaufbau	105
8.2.2.2	Funktionsablauf	106
8.2.2.3	Versuchsergebnisse	107
8.2.3	Gegenüberstellung der entwickelten Vorrichtungen	110
8.3	Mögliche Weiterentwicklungen	112
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>114</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>115</b>