

---

IPA-IAO

# Forschung und Praxis

---

Band 107

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

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



**Daegab Gweon**

**Fügen von biegeschlaffen  
Steckkontakten  
mit Industrierobotern**

Mit 13 Abbildungen

**Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg New York  
London Paris Tokyo 1987**

**Daegab Gweon, Master of Science**

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

**Dr.-Ing. H. J. Warnecke**

o. Professor an der Universität Stuttgart

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

**Dr.-Ing. habil. H.-J. Bullinger**

o. Professor an der Universität Stuttgart

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

D 93

ISBN-13:978-3-540-18134-7 e-ISBN-13:978-3-642-83175-1

DOI: 10.1007/978-3-642-83175-1

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 Fassung vom 24. Juni 1985 zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1987.

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 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  
2362/3020—543210

## Geleitwort der Herausgeber

Futuristische Bilder werden heute entworfen:

- o Roboter bauen Roboter,
- o Breitbandinformationssysteme transferieren riesige Datenmengen in Sekunden um die ganze Welt.

Von der "mensenleeren Fabrik" wird da gesprochen und vom "papierlosen Büro". Wörtlich genommen muß man beides als Utopie bezeichnen, aber der Entwicklungstrend geht sicher zur "automatischen Fertigung" und zum "rechnerunterstützten Büro". Forschung bedarf der Perspektive, Forschung benötigt aber auch die Rückkopplung zur Praxis - insbesondere im Bereich der Produktionstechnik und der Arbeitswissenschaft.

Für eine Industriegesellschaft hat die Produktionstechnik eine Schlüsselstellung. Mechanisierung und Automatisierung haben es uns in den letzten Jahren erlaubt, die Produktivität unserer Wirtschaft ständig zu verbessern. In der Vergangenheit stand dabei die Leistungssteigerung einzelner Maschinen und Verfahren im Vordergrund. Heute wissen wir, daß wir das Zusammenspiel der verschiedenen Unternehmensbereiche stärker beachten müssen. In der Fertigung selbst konzipieren wir flexible Fertigungssysteme, die viele verkettete Einzelmaschinen beinhalten. Dort, wo es Produkt und Produktionsprogramm zulassen, denken wir intensiv über die Verknüpfung von Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Fertigung und Qualitätskontrolle nach. Rechnerunterstützte Informationssysteme helfen dabei und sollen zum CIM (Computer Integrated Manufacturing) führen und CAD (Computer Aided Design) und CAM (Computer Aided Manufacturing) vereinen. Auch die Büroarbeit wird neu durchdacht und mit Hilfe vernetzter Computersysteme teilweise automatisiert und mit den anderen Unternehmensfunktionen verbunden. Information ist zu einem Produktionsfaktor geworden, und die Art und Weise, wie man damit umgeht, wird mit über den Unternehmenserfolg entscheiden.

Der Erfolg in unseren Unternehmen hängt auch in der Zukunft entscheidend von den dort arbeitenden Menschen ab. Rationalisierung und Automatisierung müssen deshalb im Zusammenhang mit Fragen der Arbeitsgestaltung betrieben werden, unter Berücksichtigung der Bedürfnisse der Mitarbeiter und unter Beachtung der erforderlichen Qualifikationen. Investitionen in Maschinen und Anlagen müssen deshalb in der Produktion wie im Büro durch Investitionen in die Qualifikation der Mitarbeiter begleitet werden. Bereits im Planungsstadium müssen Technik, Organisation und Soziales integrativ betrachtet und mit gleichrangigen Gestaltungszielen belegt werden.

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.

Beispielhaft sei hier an den großen Bereich der Informationsverarbeitung im Betrieb erinnert, der von der Angebotserstellung über Konstruktion und Arbeitsvorbereitung, bis hin zur Fertigungssteuerung und Qualitätskontrolle reicht. Beim Materialfluß geht es um die richtige Aus-

wahl und den Einsatz von Fördermitteln sowie Anordnung und Ausstattung von Lagern. Große Aufmerksamkeit wird in nächster Zukunft auch der weiteren Automatisierung der Handhabung von Werkstücken und Werkzeugen sowie der Montage von Produkten geschenkt werden.

Von der Forschung muß in diesem Zusammenhang ein Beitrag zum Einsatz fortschrittlicher intelligenter Computersysteme erfolgen. Planungsprozesse müssen durch Softwaresysteme unterstützt und Arbeitsbedingungen wissenschaftlich analysiert und neu gestaltet werden.

Die von den Herausgebern geleiteten Institute, das

- Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb der Universität Stuttgart (IFF),
- 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.

Vor allem danke ich dem Leiter des Institutes, Herrn Prof. Dr.-Ing. H. -J. Warnecke, für seine großzügige Förderung, die entscheidend zur erfolgreichen Durchführung der Arbeit beigetragen hat.

Herrn Prof. Dr.-Ing. G. Pritschow danke ich für die Übernahme des Korreferates und für die vielen wertvollen Hinweise, die sich daraus ergaben.

Ebenso danke ich allen Mitarbeitern des Institutes, die mich durch anregende Kritik unterstützt haben. Aus diesem Kreise möchte ich die Herrn Dr.-Ing. J. Walther, Dr.-Ing. M. Schweizer, Dipl.-Ing. G. Schlaich und Dipl.-Ing. B. Frankenhauser besonders erwähnen.

Außerdem möchte ich mich beim Korea Advanced Institut of Science and Technology und bei der Korea Science and Engineering Foundation für die Unterstützung, die meine wissenschaftliche Ausbildung am obigen Institut ermöglicht hat, sehr bedanken.

Stuttgart, im April 1987

Daegab Gweon

# I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

Seite

0	Abkürzungen	12
1	Einleitung	14
1.1	Problemstellung	14
1.2	Zielsetzung	14
1.3	Vorgehensweise	15
2	Stand der Technik	16
2.1	Kabelbaummontagesysteme	16
2.2	Fügetechnik	18
3	Analyse des Istzustandes	21
3.1	Kabelbaumspektrum	21
3.2	Kabelbaumkomponenten	21
3.3	Montagevorgänge	26
3.4	Probleme bei der Montageautomatisierung	28
3.5	Ableitung der Anforderungen an das Füge-system	29
3.5.1	Grundanforderungen	29
3.5.2	Fügetechnische Anforderungen	30
4	Konzeption des Füge-systems	32
4.1	Lösungsprinzipien	32
4.1.1	Lösungsalternativen	32
4.1.2	Vorauswahl geeigneter Fügemethoden	34
4.2	Vibrationsmethode	35
4.2.1	Vibrierende Montageplatte	35

4.2.2	Kreisförmig vibrierendes Fügewerkzeug	36
4.2.3	Ungleichmäßig vibrierendes Fügewerkzeug	37
4.2.4	Bewertung der Vibrationsmethoden	39
4.3	Fügesystem mit taktilem Sensor	40
4.3.1	Fügewerkzeug mit Lageaufnehmer	40
4.3.2	Fügewerkzeug mit Kraftaufnehmer	42
4.3.3	Bewertung der Fügewerkzeuge	43
4.4	Fügesystem mit Bildsensor	43
4.4.1	Kameraaufbau	43
4.4.2	Beleuchtung	46
5	Untersuchung von Fügesystemen mit Vibrationsunterstützung	49
5.1	Analyse des Fügevorgangs	49
5.1.1	Grenzfallbetrachtung	49
5.1.2	Einfluß der Vibrationsform	52
5.1.3	Analyse der Fügekräfte	53
5.1.4	Simulation des Fügevorgangs	58
5.2	Versuchsaufbau	60
5.3	Versuchsdurchführung	60
5.3.1	Versuche mit idealisierten Werkstücken	62
5.3.2	Versuche mit Crimp-Kontakten	63
5.4	Versuchsergebnisse	64
5.4.1	Fügeversuche mit idealisierten Werkstücken	64
5.4.1.1	Vibrierende Montageplatte	64
5.4.1.2	Vibrierendes Fügewerkzeug	66
5.4.2	Fügeversuche mit Crimp-Kontakten	68
5.4.3	Vergleich der Vibrationssysteme	70
5.5	Zusammenfassung	71
6	Untersuchung von Fügemethoden mit taktilem Sensor	73
6.1	Analyse des Fügevorgangs	73
6.2	Analyse des Sensorsystems	74



6.2.1	Verarbeitung der Sensorsignale	74
6.2.2	Erprobung des Sensorsystems	76
6.3	Fügestrategie	77
6.4	Fügeversuche	81
6.5	Zusammenfassung	84
7	Untersuchung von Positioniermethoden mit Bild- verarbeitungssystem	86
7.1	Lageerkennung des Fügeteils	86
7.1.1	Bestimmung der Orientierung	86
7.1.2	Bestimmung der Position	87
7.2	Lageerkennung des Lochteils	89
7.3	Darstellung der Fügeposition im Koordinatensystem des Industrieroboters	91
7.4	Versuchsaufbau	93
7.5	Versuchsergebnisse	94
7.5.1	Erprobung der Beleuchtungsverfahren	94
7.5.2	Lageerkennung der Montageteile	94
7.5.3	Positioniersversuche	98
7.6	zusammenfassung	99
8	Vergleich der Fügemethoden und Ausblick	101
8.1	Vergleich der Fügemethoden	101
8.2	Ausblick	104
9	Zusammenfassung	107
10	Literaturverzeichnis	109