

Einsatzmöglichkeiten von flexibel automatisierten Montagesystemen in der industriellen Produktion

Montagestudie

Arbeitsgemeinschaft Handhabungssysteme
(ARGE-HHS) unter Beteiligung der:

Fraunhofer-Institute: IPA, Stuttgart, IAO, Stuttgart und
IITB, Karlsruhe

Gesellschaft für Arbeitsschutz und Humanisierungsforschung mbH (GfAH), Dortmund

IBP Pietzsch GmbH, Ettlingen

Jungheinrich Unternehmensverwaltung KG, Hamburg

KUKA Schweißanlagen und Roboter GmbH, Augsburg

VDI VERLAG

Verlag des Vereins Deutscher Ingenieure · Düsseldorf



Inhalt

1 Einführung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Abgrenzung und Zielsetzung der Studie	3
1.3 Konzept der Studienbearbeitung	5
1.3.1 Literaturrecherche	7
1.3.2 Repräsentativerhebung	7
1.3.3 Fallstudien	10
1.3.4 Expertenbefragung	11
1.3.4.1 Befragung von Herstellern und Anwendern . . .	11
1.3.4.2 Delphi-Befragung	12
1.3.5 Produktanalyse	13
1.3.6 Workshops	14
1.3.6.1 Workshop "Technik zur flexiblen Montage- automatisierung"	14
1.3.6.2 Workshop "Arbeitsgestaltung und flexible Auto- matisierung"	15
1.3.6.3 Workshop "Soziale Folgen"	16
2 Istzustand in der Montage	17
2.1 Ergebnisse aus der Literatur	17
2.1.1 Beschäftigung	20
2.1.2 Montagetätigkeiten und Qualifikation	21
2.1.3 Auswirkungen des Einsatzes computergestützter Produktionstechnik	22
2.1.3.1 Arbeitsorganisation	23
2.1.3.2 Qualifikation	23
2.1.3.3 Belastungsentwicklung	24
2.1.3.4 Beschäftigungseffekte	25
2.1.4 Resultat	26
2.2 Produkte und Branchen der Serienmontage	27
2.2.1 Kennzeichnung der Montage	27

2.2.2	Gestaltung der zu montierenden Produkte	32
2.2.2.1	Problemstellung	32
2.2.2.2	Stand der montagegerechten Produktgestaltung	34
2.2.2.3	Angewendete Maßnahmen zur montagegerechten Produktgestaltung in der Praxis	36
2.3	Produktionsaufgaben in der Montage	40
2.3.1	Stückzahlen	40
2.3.2	Taktzeiten	43
2.3.3	Tätigkeitsarten	45
2.4	Stand der Montagetechnik	46
2.4.1	Aufbau automatischer Montagesysteme	46
2.4.1.1	Teilsysteme und Komponenten eines automatischen Montagesystems	46
2.4.1.2	Arten automatischer Montagesysteme	49
2.4.2	Einsatz von Montagesystemen in der Bundesrepublik Deutschland	53
2.4.2.1	Eingesetzte Betriebsmittel zur Montage- automatisierung	53
2.4.2.2	Einsatz von charakteristischen Montage- systemen	60
2.4.2.3	Beschreibung von Montagesystemen mit neuerer Technologie-Anwendung	65
2.4.3	Einsatz automatisierter Montagesysteme im Ausland	76
2.5	Arbeitsstrukturierung und Automatisierungsniveau	79
2.5.1	Stand der Arbeitsstrukturierung	79
2.5.2	Arbeitsstrukturierung und Belastung	82
2.5.2.1	Exkurs: Zur Methode der "Regressionsanalyse"	84
2.5.2.2	Ergebnis der multiplen Regressionsrechnung für die Variable "Anzahl der seit 1975 von Arbeits- strukturierungsmaßnahmen betroffenen Arbeitsplätze in der Montage"	85
2.5.2.3	Ermittlung der Drittvariablen	87
2.5.3	Indikatoren des Automatisierungsniveaus	89
2.6	Beschäftigte in der Montage	93
2.6.1	Anzahl der Arbeitnehmer	93
2.6.2	Sozialstruktur, Entlohnungsformen, Qualifikations- struktur	96
2.6.2.1	Altersstruktur	96
2.6.2.2	Weibliche Arbeitskräfte	97

2.6.2.3	Ausländische Arbeitskräfte	98
2.6.2.4	Lohnformen	99
2.6.2.5	Qualifikationsstruktur	100
2.6.3	Arbeitsbelastungen	102
2.6.3.1	Schichtarbeit	102
2.6.3.2	Zeitbindung	103
2.6.3.3	Taktzeiten	105
2.6.3.4	Physiologische Belastungen	106
2.7	Einsatzplanung	108
2.7.1	Technische Einsatzplanung	112
2.7.2	Technisch-wirtschaftliche Bewertung	113
2.7.3	Bewertung aus Arbeitnehmersicht	114
2.7.4	Personalplanung	116
2.7.4.1	Maßnahmen zur Umschulung und Weiterbildung des Personals	118
3	Tendenzen und Entwicklungen	119
3.1	Rationalisierungsstrategien in der Montage	119
3.2	Technologieprognosen	124
3.2.1	Ergebnisse der DELPHI-Befragung	124
3.2.2	Technologieprognosen aus der Literatur	128
3.3	Montagerelevante Entwicklungstendenzen bei der Produkt- gestaltung	130
3.3.1	Einflüsse auf die Montagevorgabezeit	130
3.3.2	Entwicklung und Einsatz montagefreundlicher Füge- verfahren	131
3.4	Bewertung der Einsatzmöglichkeiten von automatisierten Montagesystemen	135
3.4.1	Einsatzbestimmende Faktoren	135
3.4.2	Prognose für die Investitionen in der Montage	140
3.4.3	Einzweck-Montageautomaten	140
3.4.4	Flexible Montageautomaten	141
3.5	Einsatzhemmnisse	145
3.5.1	Technisch-organisatorisch bedingte Einsatzhemmnisse	145
3.5.2	Personell bedingte Automatisierungshemmnisse	148
3.6	Risiken beim Einsatz der flexiblen Montagesysteme	154
3.6.1	Technisch-organisatorische Risiken	154
3.6.2	Wirtschaftliche Risiken	155

3.6.3	Personelle und soziale Risiken	157
3.6.3.1	Un- und Angelernte	157
3.6.3.2	Qualifizierte Angelernte und Facharbeiter	158
3.6.3.3	Risiken nach Betriebsgrößen und Branchen	159
3.7	Freisetzungspotentiale	160
3.7.1	Vorbemerkungen	160
3.7.2	Durch Produktgestaltungs- und Automatisierungs- maßnahmen gefährdete Arbeitsplätze	163
3.7.3	Prognose über die Freisetzung von Arbeitskräften durch die Automatisierung der Montage	168
3.7.3.1	Entwicklung der Vorgabezeiten	169
3.7.3.2	Hochrechnung aufgrund der Reduzierung von Montagevorgabezeiten durch Automatisierung/ Mechanisierung	170
3.7.3.3	Hochrechnung aufgrund der geplanten Investi- tionen für die Montageautomatisierung	172
3.7.4	Fallbeispiele für Freisetzungseffekte durch die Montage- automatisierung	173
3.7.5	Zusammenfassende Darstellung	175
3.8	Arbeitsorganisatorische und soziale Veränderungen für den Menschen	176
3.8.1	Arbeitsstrukturierung und Automatisierung	176
3.8.1.1	Arbeitsstrukturierung als Alternative zur flexiblen Automatisierung	177
3.8.1.2	Arbeitsstrukturierung als Wegbereiter der flexiblen Automatisierung	178
3.8.1.3	Arbeitsstrukturierung als begleitende Strategie zur flexiblen Automatisierung	179
3.8.2	Tätigkeitsarten	181
3.8.3	Qualifikation	183
3.8.4	Arbeitsplatzveränderungen	191
3.8.4.1	Schichtbetrieb	191
3.8.4.2	Lohnformen	191
3.8.4.3	Belastungsveränderungen	192
4	Technische Forschungs- und Entwicklungsaufgaben	196
4.1	Technologieentwicklung	196
4.1.1	Flexible Gestaltung konventionell automatisierter Montageanlagen	197

4.1.2	Montageroboter	198
4.1.2.1	Anforderungen des Marktes	198
4.1.2.2	Notwendige Entwicklungen im Bereich der Montageroboter	203
4.1.2.2.1	Werkstoffe	204
4.1.2.2.2	Antriebssysteme	205
4.1.2.2.3	Steuerungs- und Programmiersysteme	207
4.1.2.2.4	Preis—Leistungsverhältnis	210
4.1.3	Ordnungs-, Zuführ- und Transportsysteme	211
4.1.3.1	Anforderungen des Marktes	211
4.1.3.2	Komponenten	212
4.1.3.2.1	Ordnungssysteme	212
4.1.3.2.2	Zuführsysteme	215
4.1.3.2.3	Transportsysteme, Palettensysteme	215
4.1.4	Greifersysteme	216
4.1.5	Sensorsysteme	218
4.1.5.1	Sensoraufgaben bei der Montage	220
4.1.5.2	Notwendige Entwicklungen bzgl. der Sensoren	227
4.2	Entwicklungen und Umsetzungen bezüglich der montage- gerechten Produktgestaltung	230
4.2.1	Entwicklungsarbeiten zur Produktgestaltung	230
4.2.2	Umsetzungsmaßnahmen bezüglich der Produkt- gestaltung	233
4.3	Einsatzplanung	234
5	Förderempfehlungen	238
5.1	Über Grundzüge einer Förderpolitik	238
5.1.1	Zum Stellenwert einer Innovationsstrategie "flexible Automatisierung"	238
5.1.2	Randbedingungen aus der industriellen Praxis für eine "flexible Montage-Automatisierung"	240
5.1.3	Mögliche Stoßrichtungen einer Förderpolitik	243
5.2	Förderschwerpunkte	247
5.2.1	Planungshilfen für den Einsatz von Montagesystemen bei flexibler Automatisierung	247
5.2.2	Entwicklung von Prinzipien und Methoden zur montage- gerechten Produktgestaltung	249
5.2.3	Entwicklung von Technologie-Komponenten	250

5.2.4	Verbesserung der Arbeitsgestaltung und Arbeitsorganisation bei flexibel automatisierten Montagesystemen . . .	254
5.2.5	Pilotprojekte	255
5.2.6	Gestaltung des Arbeitskräfteeinsatzes	257
6	Literatur	260
7	Zusammenfassung	270
7.1	Aufgabe, Ziel und Vorgehensweise der Studie	270
7.2	Zur gegenwärtigen Situation in der Montage	272
7.3	Entwicklungstendenzen	277
7.4	Notwendige Forschungs-, Entwicklungs- und Umsetzungsarbeiten	287
7.5	Förderempfehlungen	291
8	Abkürzungsverzeichnis	294
9	Anhang	295
A 1	Fragebogen der repräsentativen Betriebserhebung (IPA, IAO, GfAH)	296
A 2	Branchenstruktur im Vergleich (GfAH)	305
A 3	Betriebsgrößenstruktur im Vergleich (GfAH)	306
A 4	Umsatzstruktur im Vergleich (GfAH)	306
A 5	Beschäftigtenstruktur im Vergleich (GfAH)	307
A 6	Untersuchungsthemen der Fallstudien (IPA, IAO, GfAH)	308
A 7	Information und Beteiligung der Betriebsräte an den Fallstudien (GfAH)	310
A 8	Anzahl der Beschäftigten im Betrieb und Montage, nach Branchen (für Betriebe mit 100 und mehr Beschäftigten) (GfAH)	311
A 9	Modellrechnungen für maximale, durch Produktgestaltung und Automation bedingte Freisetzungspotentiale in der industriellen Serienmontage (für Betriebe mit 100 und mehr Beschäftigten; absolute und relative Häufigkeiten, bezogen auf die Anzahl der Montagebeschäftigten der jeweiligen Branchen im Jahr 1982) (GfAH)	312
A10	Relevante Korrelationen (IAO)	314
A11	Kreuztabellen (IAO)	315
	Tab. 1 Automatisierungshemmnis nach Branchen	315

Tab. 2	Zukünftige Entwicklung der Anteile der Facharbeiter, nach Branchen	315
Tab. 3	Kreuztabelle Entwicklung der Anteile der Facharbeiter in der Montage mit Erfahrungen mit höher automatisierten Betriebsmitteln (Maschinenbau)	315
Tab. 4	Kreuztabelle Entwicklung der Anteile der Facharbeiter in der Montage mit Erfahrungen mit höher <i>automatisierten Betriebsmitteln (Fahrzeugbau)</i>	316
Tab. 5	Kreuztabelle Entwicklung der Anteile der Facharbeiter in der Montage mit Erfahrungen mit höher automatisierten Betriebsmitteln (Elektrotechnik) . . .	316
Tab. 6	Anteil der Frauen in der Montage, nach Branchen . . .	317
Tab. 7	Anteil der Un-/Angelernten in der Montage, nach Branchen	317
Tab. 8	Investitionsanteil für die Montageautomatisierung 1982, nach Branchen	318
Tab. 9	Investitionsanteil für die Montageautomatisierung 1987, nach Branchen	318
Tab. 10	Anteil der Facharbeiter am Montagepersonal, nach Branchen	319
Tab. 11	Entwicklung der Anteile der Un-/Angelernten in der Montage, nach Branchen	319
Tab. 12	Entwicklung des Anteils der qualifizierten Angelernten, nach Branchen	320
Tab. 13	Korrelationen	321
A12	Wesentliche Probleme im Montagebereich und mit durchgeführten Automatisierungsprojekten; tabellarische Zusammenstellung einiger Ergebnisse der Fallstudien (IPA)	322