

Sonderdruck aus:

# Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung

Manfred Wolfsteiner

Einfluß der Robotertechnik auf Beschäftigung und  
Tätigkeiten

16. Jg./1983

**2**

## **Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (MittAB)**

Die MittAB verstehen sich als Forum der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. Es werden Arbeiten aus all den Wissenschaftsdisziplinen veröffentlicht, die sich mit den Themen Arbeit, Arbeitsmarkt, Beruf und Qualifikation befassen. Die Veröffentlichungen in dieser Zeitschrift sollen methodisch, theoretisch und insbesondere auch empirisch zum Erkenntnisgewinn sowie zur Beratung von Öffentlichkeit und Politik beitragen. Etwa einmal jährlich erscheint ein „Schwerpunktheft“, bei dem Herausgeber und Redaktion zu einem ausgewählten Themenbereich gezielt Beiträge akquirieren.

### *Hinweise für Autorinnen und Autoren*

Das Manuskript ist in dreifacher Ausfertigung an die federführende Herausgeberin Frau Prof. Jutta Allmendinger, Ph. D. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung 90478 Nürnberg, Regensburger Straße 104 zu senden.

Die Manuskripte können in deutscher oder englischer Sprache eingereicht werden, sie werden durch mindestens zwei Referees begutachtet und dürfen nicht bereits an anderer Stelle veröffentlicht oder zur Veröffentlichung vorgesehen sein.

Autorenhinweise und Angaben zur formalen Gestaltung der Manuskripte können im Internet abgerufen werden unter [http://doku.iab.de/mittab/hinweise\\_mittab.pdf](http://doku.iab.de/mittab/hinweise_mittab.pdf). Im IAB kann ein entsprechendes Merkblatt angefordert werden (Tel.: 09 11/1 79 30 23, Fax: 09 11/1 79 59 99; E-Mail: [ursula.wagner@iab.de](mailto:ursula.wagner@iab.de)).

### **Herausgeber**

Jutta Allmendinger, Ph. D., Direktorin des IAB, Professorin für Soziologie, München (federführende Herausgeberin)  
Dr. Friedrich Buttler, Professor, International Labour Office, Regionaldirektor für Europa und Zentralasien, Genf, ehem. Direktor des IAB  
Dr. Wolfgang Franz, Professor für Volkswirtschaftslehre, Mannheim  
Dr. Knut Gerlach, Professor für Politische Wirtschaftslehre und Arbeitsökonomie, Hannover  
Florian Gerster, Vorstandsvorsitzender der Bundesanstalt für Arbeit  
Dr. Christof Helberger, Professor für Volkswirtschaftslehre, TU Berlin  
Dr. Reinhard Hujer, Professor für Statistik und Ökonometrie (Empirische Wirtschaftsforschung), Frankfurt/M.  
Dr. Gerhard Kleinhenz, Professor für Volkswirtschaftslehre, Passau  
Bernhard Jagoda, Präsident a.D. der Bundesanstalt für Arbeit  
Dr. Dieter Sadowski, Professor für Betriebswirtschaftslehre, Trier

### **Begründer und frühere Mitherausgeber**

Prof. Dr. Dieter Mertens, Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Karl Martin Bolte, Dr. Hans Büttner, Prof. Dr. Dr. Theodor Ellinger, Heinrich Franke, Prof. Dr. Harald Gerfin,  
Prof. Dr. Hans Kettner, Prof. Dr. Karl-August Schäffer, Dr. h.c. Josef Stingl

### **Redaktion**

Ulrike Kress, Gerd Peters, Ursula Wagner, in: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesanstalt für Arbeit (IAB), 90478 Nürnberg, Regensburger Str. 104, Telefon (09 11) 1 79 30 19, E-Mail: [ulrike.kress@iab.de](mailto:ulrike.kress@iab.de); (09 11) 1 79 30 16, E-Mail: [gerd.peters@iab.de](mailto:gerd.peters@iab.de); (09 11) 1 79 30 23, E-Mail: [ursula.wagner@iab.de](mailto:ursula.wagner@iab.de); Telefax (09 11) 1 79 59 99.

### **Rechte**

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redaktion und unter genauer Quellenangabe gestattet. Es ist ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, fotografische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrofotos u.ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

### **Herstellung**

Satz und Druck: Tümmels Buchdruckerei und Verlag GmbH, Gundelfinger Straße 20, 90451 Nürnberg

### **Verlag**

W. Kohlhammer GmbH, Postanschrift: 70549 Stuttgart; Lieferanschrift: Heßbrühlstraße 69, 70565 Stuttgart; Telefon 07 11/78 63-0; Telefax 07 11/78 63-84 30; E-Mail: [waltraud.metzger@kohlhammer.de](mailto:waltraud.metzger@kohlhammer.de), Postscheckkonto Stuttgart 163 30. Girokonto Städtische Girokasse Stuttgart 2 022 309. ISSN 0340-3254

### **Bezugsbedingungen**

Die „Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung“ erscheinen viermal jährlich. Bezugspreis: Jahresabonnement 52,- € inklusive Versandkosten; Einzelheft 14,- € zuzüglich Versandkosten. Für Studenten, Wehr- und Ersatzdienstleistende wird der Preis um 20 % ermäßigt. Bestellungen durch den Buchhandel oder direkt beim Verlag. Abbestellungen sind nur bis 3 Monate vor Jahresende möglich.

### **Zitierweise:**

MittAB = „Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung“ (ab 1970)  
Mitt(IAB) = „Mitteilungen“ (1968 und 1969)  
In den Jahren 1968 und 1969 erschienen die „Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung“ unter dem Titel „Mitteilungen“, herausgegeben vom Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesanstalt für Arbeit.

**Internet:** <http://www.iab.de>

# Einfluß der Robotertechnik auf Beschäftigung und Tätigkeiten

Manfred Wolfsteiner\*)

Im Wettbewerb um Marktanteile gewinnen automatisierte flexible Arbeitssysteme (im Zusammenhang damit wird in der Presse gelegentlich auch von flexibler Automatisierung gesprochen) zunehmend an Interesse und Bedeutung. Es sind dabei vor allem die zur Automatisierung von Handhabetätigkeiten verwendbaren Industrieroboter (IR) in das öffentliche Interesse gerückt. Der Bestand der in der Bundesrepublik Deutschland Ende 1982 bereits installierten Industrieroboter wird mit ca. 3500 Stück beziffert.

Hinsichtlich der Personaleinsparungseffekte bei IR-Einsätzen gibt es unterschiedliche Einschätzungen. In der Bundesrepublik waren Einsparungen von durchschnittlich ca. 4-5 Personen je IR im 2-Schicht-Betrieb, wie Untersuchungen ergaben, möglich. Dagegen schätzt man in Japan, daß man nur mit Einsparungen von ca. 1,4 Personen rechnen kann. Die Gefahr der Freisetzung besteht vor allem für un- und angelehrte Arbeitskräfte der Serienfertigung. Das Substitutionspotential für IR in der Bundesrepublik Deutschland in Branchen, die besonders für den IR-Einsatz in Frage kommen, betrug im Jahr 1978 ca. 400 000 Arbeitskräfte.

## Gliederung

1. Einführung
2. Stand der Markteinführung von Industrierobotern
  - 2.1 Definition und Abgrenzung der Industrieroboter (IR)
  - 2.2 Die größten Industrieroboter-Herstellerfirmen
  - 2.3 Bestand an Industrierobotern
  - 2.4 Bisherige Einsatzgebiete der Industrieroboter
3. Auswirkungen von IR-Einsätzen auf Beschäftigung und Arbeitskräfte
  - 3.1 Beschäftigungseinfluß der IR in der Vergangenheit
  - 3.2 Eingrenzung des Umfangs möglicher IR-Anwendung
4. Roboter als betriebliches Innovationsobjekt
  - 4.1 Programmierung moderner IR-Steuerungen
  - 4.2 Stand der Sensorentechnik
  - 4.3 Einfluß der Robotertechniken auf die Fertigung
5. Folgerungen bezüglich Fertigungs- und Personalstrukturänderungen
6. Fazit

## 1. Einführung

Technische Entwicklungen haben es ermöglicht, ein neues Betätigungsfeld, das der „Automatisierung flexibler Arbeitssysteme“, zu erschließen. In den USA hatte man sich bereits in den 50er Jahren mit der Entwicklung einer solchen Technik beschäftigt. Als Produkt dieser Entwicklung wurde der sogenannte Industrieroboter (IR) auf den Markt gebracht. Es ist eine Maschine, der Handhabetätigkeiten übertragen werden können. Ende der 60er Jahre begann in der Bundesrepublik Deutschland die Markteinführung der Industrieroboter. Zu diesem Zeitpunkt hatten die Länder USA, Japan und Schweden auf dem Gebiet der Robotertechnologie gegenüber der Bundesrepublik Deutschland bereits einen beachtlichen Vorsprung. Zu Beginn der 70er Jahre gab es noch keinen nennenswerten inländischen IR-Hersteller. Durch Initiativen inländischer Firmen und Forschungsinstitute in Verbindung mit staatlichen Förderungen wurde

\*) Manfred Wolfsteiner ist Mitarbeiter im IAB. Der Beitrag liegt in der alleinigen Verantwortung des Autors.

<sup>1)</sup> Süddeutsche Zeitung Nr. 297 vom 27. 12. 1982

<sup>2)</sup> Frankfurter Zeitung, Blick durch die Wirtschaft Nr. 248 vom 21. 12. 1982

<sup>3)</sup> Frankfurter Zeitung, Blick durch die Wirtschaft Nr. 10 vom 14. 1. 1983

inzwischen versucht, den Vorsprung ausländischer Firmen auf dem Gebiet der Robotertechnologie zu verringern.

Die Angaben der gegenwärtigen Anzahl von Industrierobotern sind umstritten, weil es keine einheitliche Definition über sie gibt.

Über die Folgen der IR-Anwendung auf die Beschäftigung werden z. Z. in der Presse unterschiedliche Meinungen vertreten.

Es erscheinen z. B. Artikel unter der Überschrift:

„Industrieroboter gewinnen an Kontur. In den USA werden Maschinen zu Konkurrenten um den Arbeitsplatz“<sup>1)</sup>

„Roboter nicht immer Jobkiller“<sup>2)</sup>

„Robotereinsatz schafft bessere Chancen im Wettbewerb. Wie Arbeitsplätze besser gesichert werden können“<sup>3)</sup>

Für die 80er Jahre wird auf dem Gebiet der Robotertechnik mit deutlichen Absatzsteigerungen gerechnet.

Es erscheint daher angebracht, Untersuchungsergebnisse und Informationen über Industrieroboter unter der Überschrift „Einfluß der Robotertechnik auf Beschäftigung und Tätigkeiten“ zu betrachten.

## 2. Stand der Markteinführung von Industrierobotern

### 2.1 Definition und Abgrenzung der Industrieroboter (IR)

Es gibt für Industrieroboter keine einheitliche international anerkannte Definition. Dies ist der Grund für die stark voneinander abweichenden Angaben über die Anzahl an Robotern der einzelnen Länder. Es werden zum Teil Einlegegeräte und Teleoperatoren bei den IR mitgezählt. In Deutschland haben sich im Verein Deutscher Ingenieure (VDI) verschiedene Ausschüsse mit der Definition von IR und den Begriffen der Handhabungstechnik beschäftigt. Ein Vorschlag zur Definition von IR wurde im Dezember 1981 als Entwurf der Richtlinien VDI 2860, Blatt 1, veröffentlicht.

Er lautet:

„Industrieroboter sind universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit mehreren Achsen, deren Bewegungen hinsichtlich Bewegungsfolge und -wegen bzw. -winkeln frei programmierbar (d. h. ohne mechanischen Eingriff veränderbar) und ggf. sensorgeführt sind. Sie sind mit Greifern, Werkzeugen oder anderen Fertigungsmitteln ausrüstbar und

können Handhabungs- und/oder Fertigungsaufgaben ausführen.“

### Einlegegeräte

Im Unterschied zu IR sind *Einlegegeräte* mit Greifern ausgerüstete mechanische Handhabungseinrichtungen, die vorgegebene Bewegungsabläufe nach einem festen Programm abfahren.

### Teleoperatoren

*Teleoperatoren* sind ferngesteuerte Manipulatoren ohne Programmsteuerung. Die Steuerung übernimmt der Mensch.

Manipulatoren sind Transportgeräte, die der gefahrlosen Handhabung und Bearbeitung von z. B. radioaktivem Material in Laboratorien und Brennstoffaufbereitungsanlagen dienen.

### Die nach IR-Umsatz größten IR-Hersteller sind:<sup>4)</sup>

Rang	Firma	Land
1	Unimation	USA
2	Cincinnati Milacron	USA
3	ASEA	Schweden
4	Kawasaki Heavy Ind.	Japan
5	Jaskawa Electric	Japan
6	Kuka	Bundesrepublik Deutschland
7	Kobe Steel	Japan
8	Fuji Electric	Japan

Die Firma VW als größter Hersteller von Industrierobotern in der Bundesrepublik Deutschland ist hier nicht aufgeführt, weil VW hauptsächlich Anwender der eigenen IR-Produktion ist.

In der Bundesrepublik sollen 1980 ca. 75 deutsche Hersteller auf dem IR-Markt angeboten haben. Der vom VDMA (Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau) gegründeten Fachabteilung „Montage und Handhabungstechnik“ gehörten 1981 ca. 43 namhafte Hersteller mit insgesamt ca. 11 000 Mitarbeitern an.<sup>5)</sup>

### Robotertypen am Markt

Die Hersteller haben sich jeweils auf Lösungsmöglichkeiten für bestimmte Aufgabengebiete spezialisiert, z. B. auf:

<sup>4)</sup> Schenk, W., Österreichische Investitionskredit AG, auf der Tagung: Die Industrieroboter, Sept. 1982 in Linz

<sup>5)</sup> VDI-Nachrichten Nr. 37, 11. 9. 1981, S. 43

<sup>6)</sup> Warnecke, H.-L., Fraunhofer Institut für Produktionstechnik (IPA), Industrieroboter, ein Mittel zur flexiblen Automatisierung, Vortrag auf der Tagung: Die Industrieroboter, Sept. 1982 in Linz

<sup>7)</sup> Als IR der 2. Generation werden Roboter mit Mini- oder Mikrocomputersteuerung und Sensor-Hand-Koordination (fühlergesteuerte Bewegungen) bezeichnet.

<sup>8)</sup> Wohinz, J. W., Institut für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften der Technischen Universität Graz, auf der Tagung: Die Industrieroboter, September 1982 in Linz.

Die Zahlen des Jahres 1981 beruhen vorwiegend auf einer Erhebung, die vom Robot Institute of America (RIA) durchgeführt wurde. Der Erhebung liegt folgende IR-Definition zugrunde:

Ein Roboter ist ein wiederholbar programmierbares Handhabungsgerät für Funktionen; konstruiert, um Material, Teile, Werkzeuge oder Sondervorrichtungen mit veränderlich programmierbaren Bewegungen zur Durchführung einer Vielzahl von Aufgaben zu bewegen.

- Handhabung großer Werkstückgewichte (max. 200 kg) und Transportwege
- extreme Werkstück- und Umweltbedingungen (z. B. glühende Werkstücke)
- empfindliche Werkstücke (z. B. Fernsehbildröhren)
- Montage von Kleinteilen (z. B. in der Uhrenindustrie)
- Montage von Teilen mit größeren Werkstückgewichten (z. B. Radmontage)
- Be- und Entladen von Werkzeugmaschinen (als zweckmäßig hat sich dabei die Programmierung von Unterprogrammen erwiesen)
- bestimmte Werkzeughandhabung (z. B. Schweißen)

Aus dem jeweiligen Aufgabengebiet und der Werkstückgeometrie ergeben sich die Erfordernisse hinsichtlich:

- Arten der Bewegungen (Linearachsen, Rotationsachsen)
- Freiheitsgrade (Anzahl der Achse) von IR
- Art der Steuerung
- Auslegung der Hübe in den Koordinatenachsen
- max. Geschwindigkeit der Bewegungen
- max. Beschleunigung der Bewegungen
- Wiederholgenauigkeit der Bewegungen
- zweckmäßige Programmierung
- Abmessungen und Arbeitsraum von IR

### 2.3 Bestand an Industrierobotern

Die Anzahl der in der Bundesrepublik Deutschland eingesetzten Industrieroboter wird nach Warnecke (IPA Stuttgart)<sup>6)</sup> für 1980 mit 1255 Stück, für 1981 mit ca. 2300 Stück, für Ende 1982 mit 3500 Stück angegeben.

### Bestand an Industrierobotern der 2. Generation – Schätzung für 1982

Welt insgesamt	20 000
Japan	10 000
USA	3 000
Bundesrepublik Deutschland	2 000
Schweden	800
COMECON-Länder	3 000
übrige Länder	1 200

Quelle: Schenk, W., Österreichische Investitionsbank AG

Das Land mit der im Jahre 1982 höchsten Einsatzdichte an Industrierobotern der 2. Generation<sup>7)</sup> ist Schweden mit 1750 Industriebeschäftigten je Industrieroboter. Es folgt Japan mit 2000 Beschäftigten der Industrie je IR. In der Bundesrepublik Deutschland entfallen auf einen IR ca. 5500, in den USA gäbe es danach sogar 10 000 Industrie-Beschäftigte je IR.

Über die Verteilung der Weltproduktion an Industrierobotern gibt es unterschiedliche Angaben.<sup>8)</sup>

## Verteilung der Weltproduktion an IR 1974 – 1981

	1974	1978	1981
Japan	1 500	3 000	14 250
USA	1 200	2 500	4 100
Europa	800	2 000	3 000 – 3 500
und zwar:			
Bundesrepublik Deutschland			1 420
Schweden			600
Italien			500
Großbritannien			370
Frankreich			200
Schweiz			50
Österreich			40

Div. Quellen

Von japanischen Fachleuten wurde die Anzahl der in verschiedenen Ländern installierten Roboter und die Anzahl der Herstellerfirmen wie folgt eingeschätzt:

### Anzahl der installierten Roboter nach Ländern

Land	installierte Roboter		Zahl der Roboterhersteller
	Stck.	in %	
Japan	14 250	62,7	75
USA	4 100	18,1	16
Bundesrepublik Deutschland	1 420	6,2	18
Schweden	940	4,1	7
Frankreich	600	2,6	8
England	371	1,6	8
Italien	353	1,5	16
Kanada	250	1,1	1
Summe einschl. Sonstige	22 779	100,0	85

Anmerkung: Ausschließlich Manipulatoren und Einlegegeräte

Quelle: Japan Industrial Robot Association, Mai 1982, in „Japan Labor Bulletin“, März 1983

In der Bundesrepublik Deutschland wurde die Entwicklung und insbesondere der Einsatz von IR im Rahmen des Aktionsprogramms „Forschung zur Humanisierung des Arbeitslebens“ gefördert. Es wurde als ein Versuch gewertet, gleichzeitig eine wichtige Technologie und deren menschengerechte Verwendung zu fördern.<sup>9)</sup>

<sup>9)</sup> Siehe dazu: HdA Schriftenreihe Humanisierung des Arbeitslebens, Band 23: Industrierobotereinsatz (Stand und Entwicklungstendenzen)

<sup>10)</sup> Schraft, D., Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), auf der Tagung: Die Industrieroboter, September 1982 in Linz

<sup>11)</sup> Mickler, O., Soziologisches Forschungsinstitut Göttingen (SOFI), auf der Tagung: Die Industrieroboter, September 1982 in Linz<sup>12)</sup>

HdA Schriftenreihe a. a. O.

## 2.4 Bisherige Einsatzgebiete der IR

Industrieroboter haben sich nicht so schnell durchgesetzt, wie man den Prognosen entsprechend erwartet hatte. Der Einsatz konzentriert sich derzeit noch auf wenige Gebiete. Es wird zwischen Werkzeug- und Werkstückhandhabungen unterschieden.

Am häufigsten sind Industrieroboter derzeit für „Schweißarbeiten“, also Werkzeug-Handhabungssysteme, eingesetzt. Als weiteres Anwendungsgebiet folgt das „Beschichten“ (Spritzlackieren). In der Montage wurden 1981 ca. 100 „Anwendungen“ registriert.

Die häufigste Anwendung der IR in der Werkstückhandhabung erfolgte für „Maschinen Be- und Entladen“. IR werden derzeit hauptsächlich in der Automobilindustrie, in der elektrotechnischen Industrie und in bestimmten Zweigen des Maschinenbaus eingesetzt.<sup>10)</sup>

## 3. Auswirkungen von IR-Einsatz auf Beschäftigung und Arbeitskräfte

### 3.1 Beschäftigungseinfluß der IR in der Vergangenheit

Ein Versuch, die Auswirkungen des Robotereinsatzes auf die Beschäftigung mittels einer Bilanzierung aufzuzeigen, wurde aufgrund der Ergebnisse der Untersuchung des Robotereinsatzes im Volkswagenwerk unternommen.<sup>11)</sup> Es wurden insgesamt 13 IR-Einsätze untersucht.

Im Durchschnitt wurden im 2-Schicht-Betrieb je IR 4 Personen in der Produktion eingespart. Davon entfielen an Arbeitskräften (AK) je Schicht und Jahr:

- 1,2 AK durch Mechanisierung der Funktionen, die durch Menschen erledigt wurden
- 0,5 AK durch Produktivitätssteigerung
- 0,3 AK durch Einsparung von Abwesenheitszeiten des Personals

Dem stehen gegenüber:

- 0,3 AK für Wartung, Betreuung, (1 Schlosser betreut 5 Roboter, 1 Elektriker betreut 10 Roboter)
- 0,5 AK zur Herstellung eines Roboters und der erforderlichen Zusatzeinrichtungen (Roboterherstellung 2 Personenjahre, Zusatzeinrichtung 1 Personenjahr, ergibt bei einer Nutzung von 6 Jahren 0,5 AK/Jahr)

Dies ergibt ein Verhältnis von Aufwand zu Einsparung von ca. 1 : 5. Betriebliche Experten sollen für die Zukunft sogar ein Verhältnis von 1 : 7 für wahrscheinlich halten.

Eine weitere Einschätzung der Beschäftigungseffekte erfolgte durch das Battelle-Institut.<sup>12)</sup>

Die Battelle-Ergebnisse beruhen auf Untersuchungen von 12 IR-Anwendungen in 5 Betrieben unterschiedlicher Branchen.

Die Analysen ergaben folgende Ergebnisse:

Personaleinsparung je eingesetzten IR

- Werkstückhandhabung 7,3 Arbeitskräfte
- Werkzeughandhabung 3,6 Arbeitskräfte

Durchschnitt aller untersuchten Einsatzfälle 5,5 Arbeitskräfte.

Nach Angaben der „Japan Industrial Robot Association“ wurden in der japanischen Automobilindustrie im Durchschnitt je Roboter und Schicht etwa 0,7 Arbeiter ersetzt. Das ergibt im Zweischichtbetrieb, von dem die Japaner ausgehen, bei 14 000 Stück bisher in der Industrie Japans insgesamt (nicht nur in der Automobilindustrie) eingesetzten Robotern 19 600 eingesparte Arbeitskräfte.

Dem stehen arbeitsplatzschaffende Effekte gegenüber durch:

- die Produktion von Robotern für 120 Mrd. Yen. Dies entspricht 1 % der Maschinenproduktion der 178 größten Maschinenbauunternehmen (außer Schiffbau) mit etwa 10 000 Beschäftigten (von 1 Mio Beschäftigten) in der japanischen Maschinenindustrie, die durch die Produktion von Robotern Arbeit fanden;
- Nachfrageänderungen aufgrund Preisreduzierung bei Automobilen infolge der gestiegenen Produktivität und durch Markterweiterung;
- indirekte Effekte der Beschäftigung, z. B. durch das Erstellen von Informationsmitteln über Industrieroboter.

In Japan wurden wegen der Roboterisierung keine Arbeiter freigesetzt („no worker has really been displaced due to robotization“), denn die Produktion konnte jeweils gesteigert werden.<sup>13)</sup>

### 3.2 Eingrenzung des Umfangs möglicher IR-Anwendung

Geht man von der Annahme aus, daß an künftigen Roboterarbeitsplätzen derzeit Personen im Leistungslohn (Akkordlohn) relativ einfache Tätigkeiten (Leistungsgruppe 3 oder 2) zu verrichten haben, die im Rahmen einer speziellen – meist branchengebundenen – Tätigkeit mit gleichmäßig wiederkehrenden oder mit weniger schwierigen und verantwortungsvollen Arbeiten beschäftigt werden, für die keine allgemeine Berufsbefähigung vorausgesetzt werden muß,<sup>14)</sup> so läßt sich die Anzahl der Personen, die möglicherweise durch die Robotertechnik unmittelbar durch Freisetzung betroffen werden könnten, mittels Daten aus den Gehalts- und Lohnstrukturerhebungen des Statistischen Bundesamtes eingrenzen.<sup>15)</sup>

Der Umfang künftig möglicher IR-Anwendung unter der Voraussetzung einer günstigen Entwicklung der Sensor- und Steuerungstechniken zeigt sich anhand der Daten der Tabelle 1.

**Tabelle 1: Arbeiter im Leistungslohn der Gruppe 2 und 3 (Stichtagsbestände 1978) in Branchen, die für den Einsatz von Robotern in Frage kommen**

Branche	männl. Arbeiter im Leistungslohn		weibl. Arbeiter im Leistungslohn	
	Leistungsgruppe 2 in 1000	Leistungsgruppe 3 in 1000	Leistungsgruppe 2 in 1000	Leistungsgruppe 3 in 1000
Produz. Gewerbe (ohne Baugewerbe)	256,1	77,5	137,4	163,1
Herstellung von Gummiwaren	0,3	0,7	1,0	4,7
Eisen-, Stahl- u. Tempergießerei	7,2	3,1	0,3	0,4
Maschinenbau	31,8	9,8	2,0	6,3
Straßenfahrzeugbau	78,3	16,1	16,4	10,6
Elektrotechnik	24,7	14,1	29,4	70,0
Feinmechanik und Optik	3,6	0,9	4,9	10,2
Herstellen von Eisen-, Blech- und Metallwaren	14,8	5,3	1,7	11,2
Holzverarbeitung	10,3	3,0	3,2	4,8
<b>Summe</b>	<b>171,0</b>	<b>53,0</b>	<b>58,9</b>	<b>118,2</b>

Quelle: Statistisches Bundesamt, Gehalts- und Lohnstrukturerhebung 1978

Legt man zur Einschätzung der Anzahl möglicher IR-Anwendung und sonstiger Automatisierungstechniken die Leistungslöhner der Leistungsgruppen 2 und 3 zugrunde, so ergibt sich in den aufgeführten Branchen ein Substitutionspotential für Industrieroboter von ca. 400 000 Arbeitskräften. Das größte Potential an Arbeiten, für die auch IR in Frage kommen können, haben die Branchen „Elektrotechnik“ und Straßenfahrzeugbau.

Die Anzahl der Arbeitsplätze, die bei günstiger technischer Entwicklung der Sensor- und Steuerungstechniken für einen Robotereinsatz letztlich geeignet wäre, ist nicht konstant. Sie verändert sich weniger wegen der bereits erfolgten IR-Anwendungen, sondern infolge anderer technischer und wirtschaftlicher Entwicklungen. Dies zeigt ein Vergleich der jeweils beschäftigten Leistungslöhner und der gewerblich Beschäftigten in der Leistungsgruppe 3 der Jahre 1978 und 1972.<sup>16)</sup> Aufgrund einer unterschiedlichen Zusammenfassung von Branchen in der Statistik im Vergleich der Jahre 1972 und 1978, stimmen nicht alle Positionen der Vorspalte der Tabellen 2 und 3 mit der in der Tabelle 1 überein.

So ist 1978, wie Tabelle 2 zeigt, die Anzahl der beschäftigten Arbeiter in den aufgeführten Branchen gegenüber dem Jahr 1972 um ca. 75 000 Personen zurückgegangen. Eine Abnahme der Beschäftigung erfolgte vor allem in der Branche „Herstellung von Eisen-, Blech- und Metallwaren“ um ca. 130 000 Personen. In der Branche „Straßenfahrzeugbau“ hat dagegen die Anzahl der Leistungslöhner im gleichen Zeitraum um ca. 60 000 Personen und in der „Holzverarbeitung“ um ca. 7000 Personen zugenommen.

Die gewerblich Beschäftigten der Leistungsgruppe 3 (niedrigste Qualifikationsstufe), die noch nicht im Leistungslohn

<sup>13)</sup> Japan Labor Bulletin, März 1983, S. 5

<sup>14)</sup> Definitionen der Qualifikationsstufen für Arbeiter  
Qualifikationsstufe 2:

Arbeiter, die im Rahmen einer speziellen, meist branchengebundenen Tätigkeit mit gleichmäßig wiederkehrenden oder mit weniger schwierigen und verantwortungsvollen Arbeiten beschäftigt werden, für die keine allgemeine Berufsbefähigung vorausgesetzt werden muß. Die Kenntnisse und Fähigkeiten für diese Arbeiten haben die Arbeiter meist im Rahmen einer mindestens 3 Monate dauernden Anlernzeit mit oder ohne Abschlußprüfung erworben. In den Tarifen werden die hier erwähnten Arbeiter meist als Spezialarbeiter, qualifizierte angelernte Arbeiter, angelernte Arbeiter mit besonderen Fähigkeiten, angelernte Arbeiter, vollwertige Betriebsarbeiter, angelernte Hilfsarbeiter, Betriebsarbeiter oder ähnlich bezeichnet.  
Qualifikationsstufe 3:

Arbeiter, die mit einfachen, als Hilfsarbeiten zu bewertenden Tätigkeiten beschäftigt sind, für die eine fachliche Ausbildung auch nur beschränkter Art nicht erforderlich ist. In den Tarifen werden diese Arbeiter meist als Hilfsarbeiter, ungelernete Arbeiter, einfache Arbeiter oder ähnlich bezeichnet.

<sup>15)</sup> Siehe dazu Wolfsteiner, M., „Ersetzen Roboter menschliche Arbeitskräfte?“, in: MatAB 1/1977

<sup>16)</sup> Die Vergleichbarkeit ist infolge Änderungen einiger Bezeichnungen in der Wirtschaftszweig-Systematik gegenüber 1972 in einigen Bereichen eingeschränkt.

arbeiten, stellen vor allem das Potential, aus dem sich bei Bedarf zusätzliche Leistungslöhner rekrutieren. Sinkt der weitere Bedarf an Leistungslöhnern, so wird sich dies auf den Bedarf an Personal mit geringer Qualifikation auswirken.

**Tabelle 2: Arbeiter mit Leistungslohn – Veränderungen 1978 gegenüber 1972 in Branchen, die für den Einsatz von Robotern in Frage kommen**

Branche	Veränderungen 1978 gegenüber 1972					
	Arbeiter im Leistungslohn		Arbeiter der Leistungsgruppe 3		Beschäftigte Arbeiter <sup>1)</sup>	
	in 1000	%	in 1000	%	in 1000	
Eisen-, Stahlerzeugung, Zieherei u. Kaltwalzwerke u. Eisen-, Stahl- und Tempergießerei	+ 8,2	+ 15	+ 13,2	+ 24	+ 45,5	
Maschinenbau	- 28,2	- 19	+ 3,4	+ 6	- 26,8	
Straßenfahrzeugbau	+ 60,4	+ 38	+ 26,6	+ 39	+ 37,7	
Elektrotechnik	- 11,5	- 7	+ 16,6	+ 11	- 22,4	
Feinmechanik u. Optik	+ 1,1	+ 4	+ 10,6	+ 48	+ 13,0	
Herstellen von Eisen-, Blech- u. Metallwaren	- 14,5	- 25	+ 0,1	-	- 129,7	
Holzverarbeitung	+ 6,9	+ 23	+ 3,8	+ 18	+ 7,6	
Saldo	+ 22,4		+ 74,3		- 75,1	

1) liegt Hochrechnung zugrunde.

**Tabelle 3: Veränderungen 1978 gegenüber 1972 – Arbeiter, getrennt nach Männern und Frauen, mit Leistungslohn in Branchen, die für den Einsatz von Robotern in Frage kommen**

Branche	Veränderungen 1978 gegenüber 1972			
	männl. Arbeiter im Leistungslohn		weibl. Arbeiter im Leistungslohn	
	in 1000	in 1000	in 1000	in 1000
Eisen-, Stahlerzeugung, Zieherei u. Kaltwalzwerke u. Eisen-, Stahl- u. Tempergießerei	+ 6,2	+ 5,3	+ 2,0	+ 7,9
Maschinenbau	- 26,3	- 8,9	- 1,9	+ 12,3
Straßenfahrzeugbau	+ 51,2	+ 19,8	+ 9,2	+ 6,8
Elektrotechnik	- 9,6	- 6,2	- 1,9	+ 22,8
Feinmechanik u. Optik	- 0,3	- 0,5	+ 1,4	+ 11,1
Herstellen von Eisen-, Blech- u. Metallwaren	- 8,4	- 16,0	- 6,1	+ 16,1
Holzverarbeitung	- 1,4	- 2,2	+ 8,3	+ 6,0
Saldo	+ 11,4	- 8,7	+ 11,0	+ 83,0

Quelle: Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, Gehalts- und Lohnstrukturerhebungen 1972 und 1978 und eigene Berechnungen.

Es ist bemerkenswert, daß in den aufgeführten Branchen die Anzahl der männlichen Arbeiter der Leistungsgruppe 3 im Saldo (siehe Tabelle 3) um ca. 9000 Personen abnahm, dagegen die der weiblichen um ca. 83 000 Personen zunahm.

Die Anzahl der Leistungslöhner hat 1978 gegenüber 1972 um ca. 22 000 Personen zugenommen, was auch eine Zunahme der Anzahl der künftig möglichen IR-Anwendung gegenüber dem Jahr 1972 bedeutet. Die jeweiligen Bestandszahlen (Stichtagsbestand 1978) sind den Tabellen 4 und 5 im Anhang zu entnehmen.

#### 4. Roboter als betriebliches Innovationsobjekt

Entscheidenden Anteil an der Roboterentwicklung haben die Erfindungen und Entwicklungen in der Mikroprozessortechnik.

Der Einsatz von Robotern verändert die Tätigkeitsstruktur in Betrieben. Roboter ersetzen nicht nur „einfach“ bis zu 5 Arbeitskräfte, sondern verändern den Fertigungsablauf grundlegend. Ein Nebeneinander von Robotern und Menschen, z. B. an einem Montageband, ist nicht der übliche Weg des Einsatzes von Robotern, wenn auch Berichterstattungen in den Medien diesen Eindruck leicht erwecken könnten. Vielmehr ändert sich der gesamte Arbeitsablauf und die Art der Arbeitsstruktur. Die Tätigkeiten des Menschen werden zum Teil ersetzt, es verbleiben – meist einfache – Resttätigkeiten und es kommen zusätzlich Tätigkeiten wie Wartung, Kontrolle, Steuerung und Überwachung hinzu. Die Tätigkeitsstrukturen verändern sich.

Die Aufteilung von Arbeit und Zuordnung von Tätigkeiten zu Personen ist nicht so sehr technologieabhängig, es sind vielmehr arbeitsorganisatorische Entscheidungen, die jedoch von der Qualifikation der Mitarbeiter beeinflußt werden.

Es entstehen Barrieren, die den Einsatz der IR erschweren. Das sind:

- Soziale Barrieren (z. B. durch erforderliche Änderung des Qualifikationsprofils der Mitarbeiter und durch Arbeitskräftefreisetzungen),
- technische Barrieren (z. B. Fehlen geeigneter Peripherie, Kompatibilität von Geräten),
- ökonomische Barrieren (Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Kapital).

Industrieroboter stehen im Wettbewerb mit speziellen technischen Lösungen der Automatisierungstechniken, die der Sondermaschinenbau anbietet.

Dagegen erweitern IR die Möglichkeiten der Automatisierung durch

- ihre höhere fertigungstechnische Flexibilität,
- die Wiederverwendbarkeit für neue Aufgabenstellungen im Falle von Produkt- oder Produktionsänderungen,

und verringern

- den Projektierungs- und Konstruktionsaufwand für eine neue Produktion (IR stehen als Automatisierungsbaustein komplett zur Verfügung),
- den Schulungs- und Wartungsaufwand und die Ersatzteilhaltung gegenüber Sondermaschinen (anstelle von Sondermaschinen treten wenige Gerätetypen der IR).

Die Flexibilität der Industrieroboter wird derzeit durch mangelnde Flexibilität der Ordnungs- und Zuführeinrichtungen eingeschränkt.

Diese heute zusätzlich zum Roboter erforderlichen Einrichtungen werden bei zunehmender Anwendung der Sensortechnik entbehrlich.

Die Kosten der erforderlichen Zusatzeinrichtungen werden derzeit auf ca. 50% der Gesamtkosten eines Robotereinsatzes geschätzt.

Für ein Pilotsystem wurde jedoch errechnet, daß 82% der Gesamtinvestitionen nicht produktspezifisch waren.<sup>17)</sup> Die Mehrzahl der IR-Hersteller bietet heute komplette Problemlösungen, intensive Schulung des Wartungs- und Bedienungspersonals sowie Bereitstellung weiterer Ingenieurleistungen an, um Barrieren gegen den Robotereinsatz überwinden zu können.

#### 4.1 Programmierung moderner IR-Steuerungen

Die Programmiermethode für IR beeinflusst die Wirtschaftlichkeit des IR-Einsatzes und damit die Verbreitung der IR. Kurze Programmierzeiten erhöhen die Verfügbarkeit und die Rentabilität von IR drastisch.

Für Programmierungen kommen in Frage:

- die Programmierung im Büro mittels spezieller NC-IR-Programmiersprachen oder allgemeiner DV-Programmiersprachen,
- die Programmierung in der Werkstatt im „Teach-in“-Verfahren (Speichern der Arbeitsbewegungen durch Nachführen von Hand durch den Menschen, der die Arbeitsgänge einmal vorführt, die der Roboter dann selbstständig wiederholt).

Die Steuerfunktionen sind nach Grundfunktionen (programmierte Bahndaten in Roboterbewegungen umsetzen) und Sonderfunktionen (Verarbeiten externer Signale) zu unterscheiden.

Die Komplexität der Steuerungsfunktionen richtet sich nach den Steuerungsarten.

Die Steuerungsarten sind zu unterteilen nach:

- Punktsteuerung (PTP = Point-To-Point) (es besteht kein Funktionszusammenhang zwischen den Achsenbewegungen, z. B. ein Schweißpunkt nach dem anderen werden nacheinander angesteuert, ohne daß dazwischen weitere Steuerimpulse erforderlich wären),
- Vielpunktsteuerung (MP = Multipoint) (die Bahn wird durch eine Vielzahl an Stützpunkten programmiert, man kann also z. B. Kanten punktwise abfahren und bearbeiten lassen),
- Bahnsteuerung (CP = Continuous Path) (es besteht ein funktionaler Zusammenhang zwischen den Bewegungen der Verfahrensachsen), es können also z. B. stetig verlaufende Raumkurven mit dem Werkzeug beschrieben werden, um beispielsweise komplizierte Schweißnähte zu legen.

Das Verarbeiten externer Signale erfordert das Programmieren von Sensorenschnittstellen. Für einen intensiven Datenaustausch eines Roboters mit der Peripherie ist der Programmieraufwand zum Teil sehr umfangreich, weil der erforderliche Austausch von Signalen an bestimmten Punkten (Sensorenschnittstellen) zusätzliche Programmierung bedeutet. Bedarf es z. B. zur Erstellung eines einfachen Schweißpro-

gramms ca. 5 Minuten, so werden zur Programmierung von Handhabungsaufgaben bei entsprechend erforderlichen Sensorenschnittstellen Stunden oder Tage benötigt.<sup>18)</sup>

Dies zwingt zu einer Kombination von Büro- und Werkstattprogrammierung.

Sensorenschnittstellen sind z. B. erforderlich zur:

- Werkstück- und Lageerkennung,
- Erkennung der Abweichungen einer zu verfolgenden Bahn (Schweißbahn).

Gründe des Sensoreinsatzes sind vor allem:

- Erhöhung der zulässigen Bauteil-, Werkzeug- und Lage-toleranzen (Reduzierung des Aufwandes bei der Vorbereitung des Arbeitsplatzes),
- Vollautomatisierung ohne Restarbeitsplätze (Bahnfehlerkorrektur durch Istwert-Rückführung).

Die Sensorenschnittstellen sind so aufzubauen, daß die Korrekturdaten im kartesischen Koordinatensystem verarbeitbar sind. Die für die Bewegungssteuerung des IR erforderlichen Rechenzeiten müssen durch eine angepaßte Software-Struktur möglichst minimiert werden, weil sonst hohe Rechenzeiten die Regelgüte der Korrektur beeinflussen können.

Manche Roboter bedürfen zur Lösung ihrer Aufgaben eines aufgabenspezifischen flexiblen Softwarepaketes.

#### Übersicht 1: Arbeitsräume und Bewegungskordinaten in Handhabungseinrichtungen

Achs-kombination	KOORDINATENBEZEICHNUNG	ACHSBE ZEICHNUNGEN	ARBEITSRAUME	
3 Linearachsen	Kartesische Koordinaten		quaderförmig	
2 Linear-1 Drehachse	Zylinder-Koordinaten		zylindrisch	
1 Linear-2 Drehachsen	Kugel-Koordinaten		sphärisch	
3 Drehachsen	Gelenk-Koordinaten		Torus ähnlich	
m Linear-n Drehachsen	z. B. Kartesische- und Gelenk-Koordinaten		Kinematisch überbestimmt	

Quelle: G. Spur; B. H. Auer; H. Sinning: „Industrieroboter“, München, Carl Hauser Verlag 1979, entnommen aus K. Heinz; P. Salwiczek: „Fachgebiete in Jahresübersichten: Montage- und Handhabungstechnik“, VDI-Z Bd. 125 (1983), Nr. 5, S. 160.

<sup>17)</sup> Warnecke, H.-J., a. a. O.

<sup>18)</sup> Reis, W., Roboterprogrammierung durch Nachführung, auf der Tagung: Die Industrieroboter, September 1982 in Linz



Für Lichtbogenschweißroboter ist z. B. die Programmierung folgender Programmfunktionen vorteilhaft:

- Linear-Interpolation
- Kreisinterpolation
- Pendeln
- Parallelverschiebung
- Verschiebung im Raum, 3 D-Verschiebung
- Spiegelbildliches Bewegen
- Bewegen in zylindrischer Koordination
- Maßstäbliches Vergrößern und Verkleinern

Die je nach Robotertyp zu programmierenden Arten an Achsbewegungen und das durch die jeweilige Bewegungsfreiheit der Hauptachsen bestimmte Ausmaß des Arbeitsraumes zeigt Übersicht 1.

#### 4.2 Stand der Sensorentchnik

Unter einem Sensor wird ein physikalischer Wandler mit anschließender Verarbeitung der Meßwerte verstanden.

Man unterscheidet für das Messen der Umfeldgegebenheiten von Robotern zwischen:

- einfache, schaltende Sensoren mit Binärausgang
- Berührungslose Sensoren (z. B. durch Lichtschranken, kapazitive und induktive Sensoren)
- Taktile Sensoren (Schalten durch Abtasten über Schalter, Kraft- und Drucksensoren)
- Sensoren für ein- und mehrdimensionale analoge Größen
- Abstandsmessende Sensoren (kapazitive, induktive und optische Sensoren, Ultraschall-Sensoren)
- Kraft-, Druck- und Moment-Sensoren
- Sensoren für mechanische Schwingungen (Luft- und Körperschall-Sensoren)
- Bildverarbeitende Sensoren (2-dimensionale Anordnung von Werten, z. B. Binärbild, Grauwertbild, 3-D-Bild, Farbbild, Infrarotbild)

Es lassen sich damit folgende Sensoraufgaben erfüllen:

- direkte Messung von Prozeßparametern (Kraft, Moment)
- Messung abgeleiteter Prozeßgrößen (Positionsabweichungen)
- Erkennen und Bestimmung von Teilen (Kontur, Drehlage, Position, Formabweichung)
- Vermessen (Breite, Fläche, Durchmesser)

Weitere Anwendungsgebiete ergeben sich für:

- Zustands- und Ablaufüberwachung
- Prozeßparameterüberwachung
- Identifizierung
- Qualitätskontrolle

<sup>19)</sup> Morris, H. M., Where Do Robots Fit in Industrial Control?, in: Conrol Engng. 29 (1982) Nr. 3

<sup>20)</sup> Dostal, W., A. W. Kamp, M. Lahner, W. P. Seessle, Flexible Fertigungssysteme und Arbeitsplatzstrukturen, in: MittAB 2/1982

<sup>21)</sup> Schraft, R. D., Stand der Technik, neue Einsatzfelder, Grenzen der Automatisierung, auf der Tagung: Die Industrieroboter, September 1982 in Linz

#### 4.3 Einfluß der Robotertechniken auf die Fertigung

Zu unterscheiden ist zwischen der Technologie der bereits serienmäßig angebotenen IR und den noch im Laborstadium sich befindlichen Industrierobotereinsätzen. Mit den serienmäßig hergestellten IR sind bereits eine Reihe von Handhabungsaufgaben lösbar. Durch Entwicklungen in der Sensortechnik erhofft man sich, weitere Einsatzgebiete (besonders in der Montage) für den Robotereinsatz erschließen zu können.

In einer Automobilfirma in den USA nimmt der IR-Einsatz für Montagetätigkeiten bereits Rang I in der Rangskala der Anwendungen ein; es folgt die Werkstückhandhabung, Schweißen, Lackieren, Polieren und Verpacken.<sup>19)</sup>

Im Laborstadium befinden sich bei uns derzeit noch Lösungen für Aufgaben wie:

- Griff auf ein laufendes Band
- Radmontage
- Schweißnahtverfolgung und Prozeßsteuerung mittels Sensoren
- Entwicklung des Tastgefühls für Montageaufgaben oder für Entgratearbeiten

Für Entgrateaufgaben sind z. B. folgende Kenngrößen zu erfassen und zu verarbeiten:

- Zerspankraft (Normal- und Tangentialkraft)
- geometrische Größen (Werkstücklage, Grathöhe und -dicke)
- Schleifleistung (Leistungsaufnahme des elektrischen oder pneumatischen Antriebs)

Die Entwicklungen in der Robotertechnologie haben Einfluß auf Fertigungsweise und -Systeme. So wird z. B. an den Realisierungen flexibler Fertigungssysteme gearbeitet. Roboter werden als Bediener mehrerer Maschinen eingesetzt. Andere Aufgaben wiederum erfordern die Zusammenarbeit mehrerer Roboter.

Es können im Baukastensystem Montageinseln, Fertigungszellen mit verschiedenen Fertigungsverfahren (z. B. Drehen, Fräsen, Bohren) gebildet werden.<sup>20)</sup>

Für das Magazinieren und Abrufen von Teilen und deren Bearbeitung können bei entsprechenden Losgrößen und Teilefamilien übergeordnete Fertigungsrechner die Fertigungssteuerung übernehmen.

Experten sind der Meinung, daß Montageaufgaben ein künftiger Einsatzschwerpunkt für IR sein werden. Über das Marktpotential für Montageroboter wurde für den Zeitraum bis 1990 eine Studie (Schraft und Volkholz)<sup>21)</sup> erstellt. Die Angaben basieren auf Befragungen potentieller Montageroboteranwender und beziehen sich auf die Montage von Produkten dieser Industriezweige.

Der Markt für Industrieroboter soll nach Expertenmeinung im Laufe der achtziger Jahre durchschnittlich um ca. 20 – 25% pro Jahr wachsen; wobei die Wachstumsraten bis 1985 höchstwahrscheinlich über diesem Wert liegen werden. Auf diese Weise werden 1985 weltweit ca. 70 000 – 80 000 Industrieroboter im Einsatz stehen.

## 5. Folgerungen bezüglich Fertigungs- und Personalstrukturänderungen

Industrieroboter sind z. Z. vor allem dann wirtschaftlich einzusetzen, wenn größere Werkstückserien zu handhaben oder zu bearbeiten sind. Ein wirtschaftlicher Einsatz von IR ist jedoch bereits auch bei weniger großen Serien durch Mehr-Maschinen-Bedienung möglich.

Wirtschaftlichkeitsrechnungen ergaben, daß durch IR bei Mehr-Maschinen-Bedienung bis zu 80% Personalkosten eingespart werden können.<sup>22)</sup> Das entspricht den Angaben über die Freisetzungsraten von 1 : 4 bis 1 : 5 der Untersuchungen bei Mickler.<sup>23)</sup>

Für Handhabungstätigkeiten in hoch arbeitsteiligen Fertigungen mit entsprechenden Stückzahlen, für die die Roboter in Frage kommen, werden hauptsächlich un- und angeleitete Arbeitskräfte eingesetzt. Die Tätigkeiten sind meist im Leistungslohn (Akkordlohn) auszuführen. Eine Entlohnung im Leistungslohn setzt an sich voraus, daß die Höhe der persönlichen Arbeitsleistung und damit des Einkommens bei entsprechender Arbeitsleistung in bestimmten Grenzen zu beeinflussen ist.

Diese Möglichkeit der Einkommenssteigerung entfällt zunehmend mit Zunahme der IR-Anwendung (Wegfall der Grundlage zur Akkordentlohnung). Für den davon betroffenen Personenkreis kann dies einen sozialen Abstieg infolge verminderter Einkommenschancen bedeuten, sofern dem nicht durch qualifizierende Maßnahmen begegnet werden kann.

Eine mittels IR automatisierte Fertigung ist eine automatisierte flexible Fertigung. Die bislang vom Sondermaschinenbau gebotenen Lösungen zur Automatisierung von Fertigungen waren produktbezogen und kaum flexibel. Die Folge war eine geringe Marktflexibilität der Firmen mit automatisierten Fertigungen. Die Anpassungsfähigkeit an Marktverhältnisse kann jedoch zur Sicherung von Arbeitsplätzen zunehmend Bedeutung erlangen.

Im Zuge der Umstrukturierung von Fertigungen zu automatisierten flexiblen Fertigungen ändern sich die Anforderungen an die Mitarbeiter.<sup>24)</sup>

In den Vordergrund rücken Anforderungen wie: flexiblere Einsatzfähigkeit, Einfühlungsvermögen in neue Aufgaben und Kreativität.

Man kann daraus folgern, daß bei zunehmender IR-Anwendung die Folgen industrieller Arbeitsteilung (einseitige, monotone Arbeit für bestimmte Personengruppen), zumindest teilweise, entfallen.

Es liegt die Frage nahe, ob sich über die IR-Entwicklung hinaus ein Trend zur Automatisierung ergeben hat. Eine solche Entwicklung müßte eine Abnahme der Zahl der Leistungslöhner in der Lohn- und Gehaltsstatistik zufolge haben, wenn nicht gleichzeitig Produktionsstrukturänderungen (wie höhere Losgrößen, Typisierungen und bilden von Teilefamilien) dies verhindert haben.

Was sich aus der Statistik zeigt (siehe Tabelle 2), ist, daß vor allem im „Maschinenbau“ die Anzahl der Leistungslöhner bereits im Jahre 1978 im Vergleich zu 1972 abgenommen hat. Die höchste relative Abnahme erfolgte jedoch in der „Herstellung von Eisen-, Blech- und Metallwaren“ mit minus 25% gegenüber der Zahl des Jahres 1972 (was aber auch bedeuten kann, daß die Losgrößen je Auftrag zurückgingen).

In einigen Branchen nahm dagegen die Anzahl der Leistungslöhner noch zu, z. B. im „Straßenfahrzeugbau“.

Der Beschäftigungsrückgang der gewerblichen Mitarbeiter ist in den Branchen „Herstellen von Eisen-, Blech- und Metallwaren“ und in der „Elektrotechnik“ im Vergleich zum Rückgang der Leistungslöhner dieser Branchen, wesentlich stärker.

Wie sich aus der Tabelle 2 zeigt, ist ein Netto-Personalfreisetzungseffekt *durch Automatisierungstechniken* im Vergleich der vorliegenden Statistiken der Jahre 1978 zu 1972 - wenn überhaupt - nur in sehr geringem Maße nachweisbar. Er war im Verhältnis zur Anzahl der Freisetzungen gewerblicher Arbeiter durch andere Ursachen relativ gering. Allerdings können sich hinter den Veränderungen von Bestandsgrößen, die als „Nettoeffekte“ bezeichnet werden, auch höhere Effekte von Personalbewegungen in und aus den Gruppen der Leistungslöhner verbergen und andere Ursachen als die Automatisierung für Personalabbau und -Zugang kompensierend oder verstärkend wirksam sein.

Es ist an dieser Stelle der Hinweis angebracht, daß, besteht einmal der Entschluß zur Automatisierung, häufig nicht nur die Handhabung, sondern auch der Arbeitsablauf an den Bearbeitungsmaschinen zu automatisieren ist. Ein wirtschaftlicher Einsatz von Automatisierungsmitteln ist hierbei ebenso wie bei der Handhabung um so eher gegeben, je höher die zu erwartende Maschinenauslastung ist und die Werkstückserien (Losgrößen) sind.

Die herkömmlichen Werkzeugmaschinen werden durch Maschinen mit NC-(numerical control)-Technik ersetzt.

Die üblichen Tätigkeiten eines Maschinenbedieners, wie Werkstücke auf-/einspannen, Rückführen und Zustellen der Bearbeitungswerkzeuge, übernimmt bei neuzeitlichen Maschinen die Steuerungstechnik.

Nach der „Refa-Methodenlehre“ wird die für diese Tätigkeiten benötigte Zeit (Bedienen des Betriebsmittels) als Neben-nutzungszeit bezeichnet.<sup>25)</sup> Die Tätigkeiten des Bedienens sind im Gegensatz zur Hauptnutzung der Maschine (Einwirken auf das Werkstück im Sinne des Arbeitsfortschritts), dessen Ablauf meist schon automatisiert ist, in vielen Fällen ebenso wie die Handhabung, noch der Automatisierung durch neue Steuerungstechniken vorbehalten.

Auf dem Markt befinden sich zur Zeit verschiedene Arten von Steuerungen. Die Steuerungen führen in Verbindung mit verschiedenen anwendeorientierten Programmiersprachen zu einer Sprachverwirrung bei der Programmierung von Steuerungsgeräten.

Um eine Vereinheitlichung der Begriffe zu erreichen, hat ein Ausschuß der VDI-Gesellschaft Produktionstechnik den Entwurf der VDI-Richtlinien 2880 „Speicherprogrammierbare Steuerungsgeräte“ erarbeitet.<sup>26)</sup>

Man unterscheidet Steuerungen nach der Art der Programmierung wie folgt:

<sup>22)</sup> Siehe dazu Elbracht, D., G. Pfeiffer, Induktiv geführte Industrieroboter, in: WH-Z. ind. Fertig. 72 (1982), S. 689 - 692

<sup>23)</sup> Mickler, O., a. a. O.

<sup>24)</sup> Dostal, W., A. W. Kamp, M. Lahner, W. P. Seessle, a. a. O.

<sup>25)</sup> Siehe dazu Refa-Verband für Arbeitsstudium, Methodenlehre des Arbeitsstudiums, Teil 2, Datenermittlung

<sup>26)</sup> VDI-Nachrichten vom 14. 1. 83 „Anwendungsorientierte Programmierung, VDI-Richtlinie klärt Sprachverwirrung bei Steuerungsgeräten“

1. verbindungsprogrammiert (VPS)
  - fest programmiert
  - umprogrammierbar
2. speicherprogrammiert
  - universell (Mikrocomputer)
  - spezifisch durch
    - CNC = computerized numerical control
    - oder
    - SPS = speicherprogrammierbare Steuerungsgerate
  - freiprogrammierbar (Speicher: RAM = Random Access Memory)
    - oder
    - austauschprogrammierbar (Speicher: PROM = Programmable Read-Only Memory) unveränderbar oder veränderbar programmiert

Es ist festzustellen, daß in den Betrieben die Anzahl der Produktionsmittel mit Steuerungsautomatik zunimmt.<sup>27)</sup> Bisher standen als Automatisierungsmittel vor allem mechanische Geräte zur Auswahl.

Das Potential an mechanischen Handhabungsvorrichtungen (Einlegegeräte) betrug im Jahre 1981 in der Bundesrepublik Deutschland ca. 10 000 Geräte. (Vergleichszahl: Japan hatte ca. 53 000 Geräte.<sup>28)</sup>)

Ersetzt man die Einlegegeräte durch IR, so sind damit auch Tätigkeitsänderungen in den Betrieben verbunden, die zu Personalstrukturänderungen beitragen.

Die Tätigkeiten der Bediener neuzeitlicher Maschinen konzentrieren sich auf die der Betriebsmittelnutzung vorgelagerten Tätigkeiten, wie Werkzeuge vorbereiten, Maschine einstellen und programmieren oder Programme für die Ablaufsteuerung eingeben.

Die dazu benötigte Arbeitszeit wird nach „Refa“ als „Betriebsmittel-Rüstzeit“ bezeichnet. Die Tätigkeiten des Maschinenbedieners neuzeitlicher Maschinen sind im wesentlichen den Rüsttätigkeiten zuzuordnen.

Eine Arbeitszeiterparnis beim Einsatz von Automatisierungstechniken an Werkzeugmaschinen ist (außer durch höhere Leistung der Maschinen) häufig weniger durch den Wegfall von Tätigkeiten möglich, sondern vielmehr durch nicht mehr erforderliche prozeßbedingte Wartezeiten der Maschinenbediener während des Betriebsmitteleinsatzes (Hauptnutzungszeit des Betriebsmittels).

Diese Wartezeiten entfallen bei automatisierten Arbeitsabläufen vor allem dann, wenn größere Werkstückserien vorliegen. Für die Maschinenbediener entfällt damit eine Art wartezeitbedingter Erholungszeiten, in der und in dem er nur beobachtend in dieser Zeit tätig war.

## 6. Fazit

Entsprechend den Expertenprognosen über das durchschnittliche Wachstum des IR-Marktes in den 80er Jahren<sup>29)</sup> (jährliches Wachstum 20 – 25%), ergibt sich ein Zugang an IR in den Jahren:

1983 bis zu ca. 1500 IR  
 1984 bis zu ca. 1850 IR  
 1985 bis zu ca. 2300 IR

<sup>27)</sup> Dostal, W., K. Köstner, Beschäftigungsveränderungen beim Einsatz numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen, in: MittAB 4/1982

<sup>28)</sup> Jablonowski, J., Wieviel Industrieroboter werden betrieben?, in: Wt-Z. ind. Fertigung 73 (1983) Nr. 1, S. 44

<sup>29)</sup> Schenk, W., a. a. O.

Bei einem Verhältnis Neubedarf zu Einsparung an Arbeitskräften von durchschnittlich 1 : 5 (Saldo 4 Personen) ergeben sich zusätzliche Personaleinsparungen durch IR für die Jahre:

1983 bis zu 6000 AK  
 1984 bis zu 7400 AK  
 1985 bis zu 9200 AK

(Voraussetzung ist, daß IR nicht als Ersatz für Sondermaschinen zur automatischen Fertigung oder älterer IR verwendet werden.)

Zur Beurteilung von Betroffenheit ist zwischen den Personaleinsparungen und den Personalfreisetzungen zu unterscheiden.

Ob es bei künftigen Personaleinsparungen durch IR zu Personalfreisetzungen kommt, ist sehr stark von der jeweiligen Auftragsentwicklung in den jeweiligen Branchen abhängig, in denen IR eingesetzt werden.

Statistisch ergibt sich die Anzahl der Personalfreisetzungen (als Bestandsgröße und nicht als Bewegungsgröße) aus dem Saldo der unterschiedlich auf die Anzahl der Beschäftigten wirkenden Änderungen, wobei im Saldo der negative Effekt überwiegt. Die für die Höhe des Saldos und dessen Vorzeichen maßgebenden Entwicklungen sind vor allem Änderungen:

- von Produktionstechniken (zu denen die Automatisierungstechniken gehören) und
- der Marktverhältnisse (wie Produkte und Produktentwicklungen bei IR-Anwendern auf der einen Seite und Kaufkraft derer, die als Käuferschicht in Frage kommen, auf der anderen Seite)

Als unbekannte Größe bei der Einschätzung künftiger Personalfreisetzungen durch IR sind die Marktentwicklungen der Branchen anzusehen, die für den Einsatz von IR besonders geeignet sind.

Ein Beispiel dafür ist der Personalabbau bei der „Herstellung von Eisen-, Blech- und Metallwaren“ (Vergleich der beschäftigten Arbeiter der Jahre 1978 und 1972) mit einem Personalabbau von ca. 130 000 AK gleich ca. 40%, bezogen auf die beschäftigten Arbeiter des Jahres 1972.

Im Vergleich dazu sind die in den nächsten Jahren zu erwartenden „Personaleinsparungen“ durch IR verhältnismäßig gering.

Die Abnahme der Beschäftigung in einer Branche ist jedoch nicht zwangsläufig die Anzahl an Freisetzungen; ebenso können Betriebe einen Branchenwechsel vollzogen haben.

Bei der Beurteilung der Anzahl der durch IR-Einsatz „betroffenen“ Personen sind jedoch nicht nur die Freisetzungen, sondern ist auch die Anzahl der Personen zu berücksichtigen, bei denen sich Arbeitsanforderungen und Arbeitsbedingungen ändern.

Über die Art und den Umfang der Betroffenheit von Personengruppen liegen derzeit (außer über die Art von Resttätigkeiten bei IR-Einsätzen, die noch von Personen zu verrichten sind und den erforderlichen Wartungspersonal für IR) keine Untersuchungsergebnisse vor. Die bei IR-Einsätzen beschriebenen anfallenden Aufgaben, Tätigkeiten und Arbeitselemente geben jedoch Hinweise über die erforderlichen Einarbeitungsleistungen von Beschäftigten bei IR-Anwendungen.

Bezüglich der Entwicklung des Potentials an Arbeitsmitteln zum Zweck der Teilautomatisierung von Arbeitssystemen ist festzustellen, daß es im Steigen begriffen ist.<sup>30)</sup>

Ob, wie und in welchem Ausmaß die Automatisierungstechnik letztlich die Beschäftigung verändern wird, ist auch von dem Geschick abhängig, mit welchem man die sich bietende Marktflexibilität durch automatisierte flexible Arbeitssysteme nutzen wird, um Marktchancen zu verbessern.

Bereits in der Entwicklung von Produkten ist z. B. auf eine Konstruktion solcher Bauteilformen zu achten, die einer

<sup>30)</sup> Dostal, W., K. Köstner, a. a. O.

## Anhang

**Tabelle 4: Arbeiter mit Leistungslohn und Arbeiter der Leistungsgruppe 3 (Stichtagsbestand 1978) in Branchen, die für den Einsatz von Robotern in Frage kommen**

Branche	Arbeiter im Leistungslohn		Arbeiter der Leistungsgruppe 3		Beschäftigte Arbeiter in 1000
	in 1000	% von (5)	in 1000	% von (5)	
	1	2	3	4	5
Produzierendes Gewerbe (ohne Baugewerbe)	1 018	22	897	19	4 611
Herstellung von Gummiwaren	27,1	46	11,8	20	58,9
Eisen-, Stahl- und Tempergießerei, Eisen-, Stahlerzeugung, Zieherei und Kaltwalzwerke	63,1	17	68,1	19	367,0
Maschinenbau	119,2	22	61,1	11	541,5
Straßenfahrzeugbau	219,9	45	68,9	14	492,8
Elektrotechnik	161,9	32	164,0	32	504,9
Feinmechanik und Optik	26,3	26	28,6	28	100,5
Herstellen von Eisen-, Blech- und Metallwaren	42,4	22	57,0	29	193,4
Holzverarbeitung	37,2	22	24,5	15	166,9
Summe	697,1		484,0		2 425,9

Quelle: Statistisches Bundesamt, Gehalts- und Lohnstrukturerhebung 1978

automatisierten Fertigung besonders gut zugänglich sind. Von den Fertigungsplanern sind die Bauteile nach Fertigungsmerkmalen zu systematisieren, so daß Teilefamilien erkennbar werden, die an bestimmten Fertigungssystemen bearbeitbar und von IR leicht zu handhaben sind.

Der IR-Einsatz kann daher auch nicht ohne Einfluß auf die Arbeit in den Konstruktionsabteilungen bleiben. Ein Anwachsen an IR-Einsätzen setzt auch einen vermehrten Informationsaustausch zwischen Konstruktionsabteilungen und Abteilungen der Arbeitsorganisation, z. B. der Fertigungsplanung, voraus.

Zu erwarten ist, daß Computerhersteller ihre Erfahrungen auf dem Gebiet der Informations- und Steuerungstechnik für die Entwicklung und den Bau von neuen IR-Geräten einsetzen und in Konkurrenz zum NC-Maschinenbau treten werden. Ob dies zu einer Beschleunigung der Verbreitung von IR führt, bleibt abzuwarten.

**Tabelle 5: Arbeiter mit Leistungslohn und Arbeiter der Leistungsgruppe 3 (Stichtagsbestand 1978), getrennt nach Männern und Frauen, in Branchen, die für den Einsatz von Robotern in Frage kommen**

Branche	männl. Arbeiter im Leistungslohn		weibl. Arbeiter im Leistungslohn	
	in 1000	der Leistungsgr. 3 in 1000	in 1000	der Leistungsgr. 3 in 1000
Produzierendes Gewerbe (ohne Baugewerbe)	699,8	376,3	318,6	521,1
Herstellung von Gummiwaren	21,4	3,3	5,7	8,5
Eisen-, Stahl- und Tempergießerei, Eisen-, Stahlerzeugung, Zieherei und Kaltwalzwerke	58,6	57,7	4,5	10,4
Maschinenbau	110,8	38,5	8,4	22,6
Straßenfahrzeugbau	189,5	44,2	30,4	24,7
Elektrotechnik	58,7	36,1	103,2	127,9
Feinmechanik und Optik	11,1	3,7	15,2	24,9
Herstellen von Eisen-, Blech- und Metallwaren	29,5	21,9	12,9	35,1
Holzverarbeitung	28,9	18,5	8,3	6,0
Summe	508,5	223,9	188,6	260,1

Quelle: Statistisches Bundesamt, Gehalts- und Lohnstrukturerhebung 1978