Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 75 (1984)

Heft: 11

Artikel: Leistungsfähige Steuerungen in der Robotertechnik

Autor: Götz, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904415

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Leistungsfähige Steuerungen in der Robotertechnik

E. Götz

Zurzeit kündigt sich für Industrieroboter eine neue Steuerungsgeneration an, die durch die fortgeschrittene Mikrorechnertechnik ermöglicht wird. Die Industrierobotersteuerung wird dabei im Zusammenhang mit der Gesamtautomatisierung eines Produktionsbetriebes gesehen. Als Teil eines verketteten Gesamtsystems aber muss die Robotersteuerung hohen Anforderungen in bezug auf Flexibilität und Integrationsfähigkeit gerecht werden. Am Beispiel des AEG-robotronic 500 werden diese Bedingungen ausführlich beschrieben.

Une nouvelle génération de commandes de robots industriels s'annonce, rendue possible par les progrès en technique des micro-ordinateurs. Ces commandes sont considérées en relation avec l'automatisation générale d'une entreprise de production. Elles doivent satisfaire à de sévères exigences en ce qui concerne la souplesse et la faculté d'intégration à un système global, exigences qui sont décrites en détail en prenant comme exemple le AEG-robotronic 500.

Der Aufsatz entspricht dem Fachreferat von *E. Götz* anlässlich des 18. Technischen Presse-Colloquiums von AEG-Telefunken vom 20./21. Oktober 1983 in Frankfurt/M.

Adresse des Autors

Dipl.-Ing. *Elmar Götz*, Leiter des Fachgebiets Automatisierung industrieller Gesamtsysteme im Geschäftsbereich Industrieanlagen, Schiffbau und Sondertechnik, AEG-Telefunken, D-6000 Frankfurt/M.

1. Problemstellung

Bei den weltweit eingesetzten 30 000 Industrierobotern sind die zugehörigen Steuerungen fast ausschliesslich als speziell zugeschnittene, unflexible Einheiten für den einzelnen Robotertyp entstanden. Derzeit kündigt sich eine neue Steuerungsgeneration an, deren Auslegung die inzwischen weit fortgeschrittene Mikrorechnertechnik entgegenkommt. Sie zielt darauf ab, die Industrierobotersteuerung als Teil der Gesamtautomatisierung eines Produktionsbetriebes im Zusammenhang mit speicherprogrammierbaren Steuerungen und Überwachungssystemen zu sehen. Da dieses Gesamtsystem zunehmend verkettet wird, muss die Industrierobotersteuerung auch in solche Systeme integrierbar sein. Sie müssen zwangsläufig an verschiedene Typen von Handhabungsautomaten angeschlossen werden können und für die unterschiedlichen Aufgaben dieser Geräte ausgelegt sein. Darüber hinaus ist es notwendig, dass sich die Steuerungen nicht nur für die augenblicklichen Aufgaben von Industrierobotern, sondern auch für zukünftige Anwendungsschwerpunkte eignen. Um alle diese Forderungen erfüllen zu können, müssen die Konzeption und Entwicklung einer Robotersteuerung unter dem Blickwinkel der Industrieanlagentechnik mit besonderer Berücksichtigung einer durchgehenden Systemtechnik für die Automatisierung der gesamten Produktion durchgeführt werden. Dies eröffnet dem Planer von Werkanlagen die Möglichkeit, die Produktionsstrukturen über die Automatisierungstechnik auf hohe Leistungsfähigkeit und Verfügbarkeit hin zu optimieren. Flexibilität und Integrationsfähigkeit spielen dabei eine gewichtige Rolle.

2. Handhaben – das flexible Element in der Produktion

Die technische Innovation bei den Produktionsstrukturen der Fertigungstechnik, der Verfahrenstechnik und der Qualitätsprüfung richtet sich zunehmend auf die flexible Automatisierung der Produktionsmittel einschliesslich der Verkettungseinrichtungen und Transportmittel sowie auf die Integration der Automatisierungsmittel zu einem von einzelnen Leitstellen aus führbaren Gesamtsystem. Diese Trends haben bereits dazu geführt, dass man bei den Anstrengungen zur Automatisierung in den sechziger und siebziger Jahren von konventioneller Automatisierung spricht.

Ein wichtiges Teilgebiet des neuen Trends ist die seit einiger Zeit stark voranschreitende Automatisierung der *Handhabungsfunktionen* (Fig. 1). Hier-

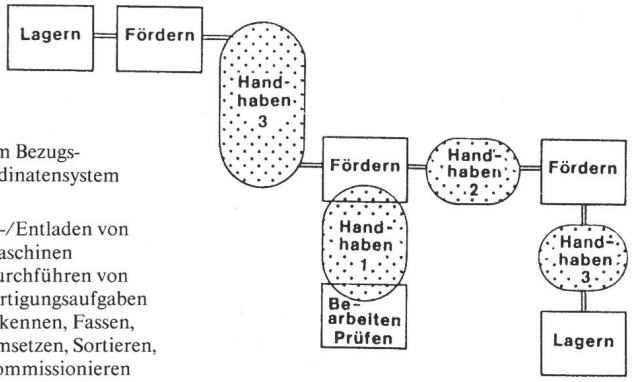


Fig. 1
Handhaben

Schaffen, definiertes Verändern oder vorübergehendes Aufrechterhalten einer vorgegebenen räumlichen Anordnung von geometrisch bestimmten Körpern in einem Bezugskoordinatensystem

1 Be-/Entladen von Maschinen
2 Durchführen von Fertigungsaufgaben
3 Erkennen, Fassen, Umsetzen, Sortieren, Kommissionieren

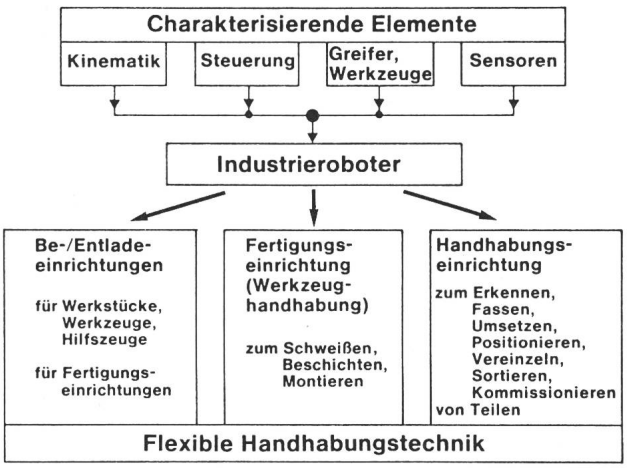


Fig. 2
Einsatzfelder von Industrierobotern

unter sind die Vorgänge zu verstehen, die im Aktionsbereich eines Arbeitsplatzes, einer Fertigungseinrichtung oder von verfahrenstechnischen Einrichtungen den Materialfluss bewirken. Als flexible Automatisierungseinrichtung für diese Teilaufgabe in einem Produktionsbetrieb können in vielen Fällen vorteilhaft Industrieroboter eingesetzt werden, die treffender als flexible Handhabungseinrichtungen bezeichnet werden. Industrieroboter sind somit Arbeitsmaschinen, die zum selbständigen Handhaben von Objekten mit an die technologische Aufgabe angepassten Kinematiken, Steuerungen, Werkzeugen oder Greifern und fallweise Sensoren ausgerüstet sind (Fig. 2).

Von Industrierobotern müssen aus dieser umfassenden Sicht der Aufgabenstellung ein Höchstmass an Flexibilität und Integrierbarkeit in Gesamtsysteme gefordert werden. In Zukunft wird diese Tendenz mehr und mehr Gewicht bekommen und zu Robotern führen, die über die bisher im Vordergrund stehenden automatisierungstechnischen Speziallösungen und Insellösungen weit hinausgehen. Einrichtungen mit diesen Eigenschaften werden zum Beispiel beim automatisierungstechnischen Vordringen in die *Montage* erforderlich. Dieses Arbeitsgebiet, das zurzeit erst wenig erschlossen ist, wird sich in den nächsten Jahren zu einem Einsatzschwerpunkt für Industrieroboter, denen eine OECD-Studie gesamthaft eine Zunahme auf 230 000...330 000 voraussagt, ausweiten. Wie gross dieses Einsatzfeld ist, wird dadurch deutlich, dass heute durchschnittlich 50% der für die Herstellung eines Produktes anfallenden produktiven Löhne auf Montagearbeiten entfallen. Für die Montage waren aber Ende 1982 nur 3% der bisher in der Bundesrepublik installierten Industrieroboter eingesetzt (Fig. 3). Zu geringe Leistungsfähigkeit, vor allem aber mangelnde Flexibilität und Integrationsfähigkeit bisheriger Handhabungsautomaten haben hier Grenzen gesetzt. In der Montage ist derzeit der Mensch als Muskelmensch mit vielseitiger Kinematik unentbehrlich, der sich auch von monotonen, anstrengenden und selbst gefährlichen Arbeiten in diesem Bereich noch nicht befreien konnte. Was hier am Beispiel der Montage erläutert wurde, gilt sinngemäss für andere, neue Einsatzfelder für Industrieroboter wie Palettieren, Entpalettieren und Kommissionieren.

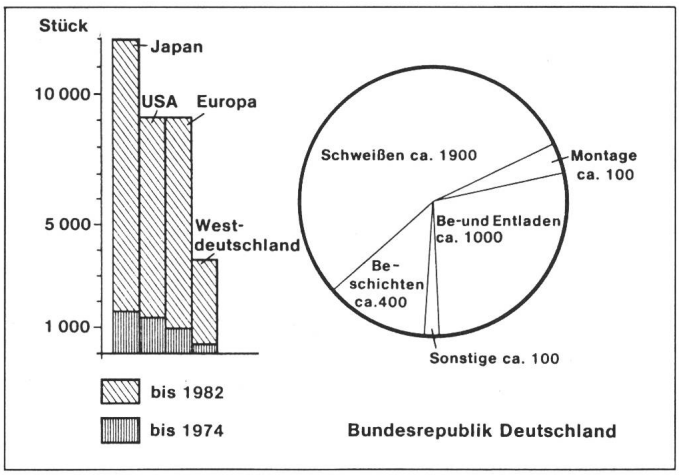


Fig. 3
Einsatz von Industrierobotern (Stand 1982)

3. Industrieroboter in der Produktion

Ziel der Automatisierung in der Produktion war in den letzten zwanzig Jahren zunehmend, den Automatisierungsgrad mit den Mitteln der Elektronik zu steigern. Ausgehend von der grundsätzlichen Kopplung elektronischer Schaltungen mit Fertigungsmaschinen und verfahrenstechnischen Einrichtungen und der damit einhergehenden Implementierung der Informationsverarbeitung in solche Einrichtungen sind nach und nach speicherprogammierbare oder rechnerintegrierte Systeme entstanden. Nach vorübergehenden Insellösungen an einzelnen Stellen der Produktion tritt heute mehr und mehr die Verkettung zu automatisierten Fertigungsinseln hinzu, die schliesslich zur *integriert-automatisierten* Produktion führen wird. In dieses Gesamtgeschehen müssen auch Industrieroboter eingeordnet werden, besonders dann, wenn sie bestehende Lücken zur Integration, wie bei der Automatisierung der Montage, ausfüllen können.

In der industriellen Produktion ist es zweckmässig, drei Arten von Systemen zu unterscheiden. Es sind

- technische Systeme, d.h. Betriebsmittel, wie Maschinen, Werkzeuge, auch Automatisierungseinrichtungen,
- soziale Systeme, d.h. Menschen, zum Planen, Ausführen und Überwachen von Arbeiten sowie
- soziotechnische Systeme, bei denen Menschen und Maschinen zusammenwirken.

Bei der Automatisierung werden die Aufgaben zwischen den sozialen und technischen Systemen umstrukturiert. Den sozialen Systemen wird die Informationsverarbeitung soweit als möglich durch technische Einrichtungen abgenommen und die Informationsvorgabe und -aufbereitung zugewiesen. Es entstehen dadurch sozio-technische Systeme, bei denen der Mensch allein in den Informationsfluss von und zu den Betriebsmitteln eingebunden ist. Die Eingangsgrössen bilden Material, Energie und Information, und die Ausgangsgrösse sind die Produkte.

Für die heute bei vielen Produkten wachsende Innovationsdynamik und

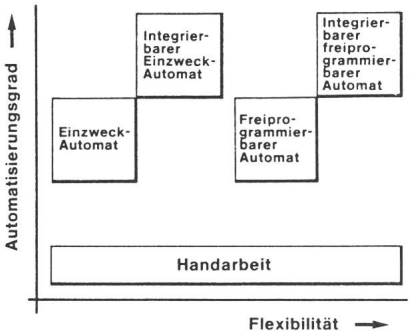


Fig. 4 Flexibilität und Automatisierungsgrad von Arbeitssystemen

Flexibilität: Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Aufgabenstellungen.

Automatisierungsgrad: Verhältnis der von einem technischen Informationsverarbeitungssystem übernommenen Entscheidungen zu allen zu treffenden Entscheidungen.

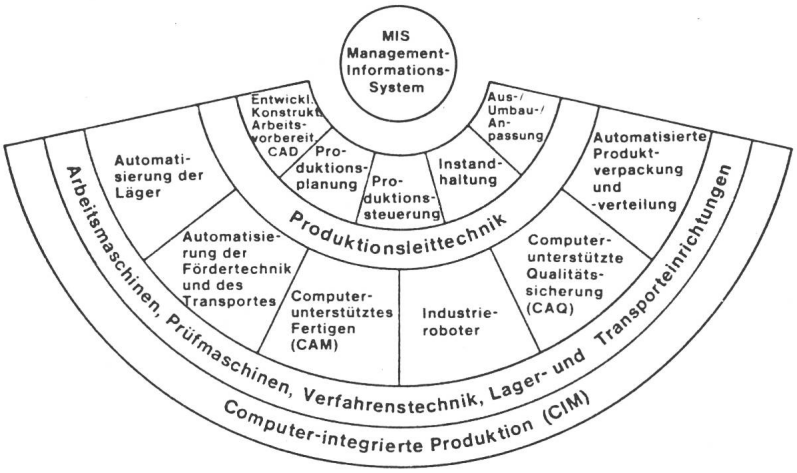


Fig. 5 CIM – Die künftige Automatisierungsstruktur in der Produktion

Variantenvielfalt bei kleineren Serien sind flexible Automatisierungseinrichtungen unumgänglich. Da wiederum die durch die Automatisierung an vielen Stellen eines Betriebes potentiell steigbare Produktivität nur dann ausgeschöpft werden kann, wenn das gesamte Produktionsgeschehen durch ein übergeordnetes System koordiniert wird, ist die notwendige Folge der Aufbau eines integrierten Gesamtsystems. Der Trend bei den Automatisierungssystemen für die Produktion geht somit zu flexiblen, integrierbaren Einrichtungen (Fig. 4) und wachsendem Automatisierungsgrad. Das Ergebnis sind computergeprägte Produktionsstrukturen (CIM = Computer Integrated Manufacturing), die Teilsysteme zum Lagern, Fördern, Handhaben, Fertigen, Prüfen und Verpacken zu einem Gesamtsystem zusammenzufügen. Dieses erhält von CAD-Systemen der Entwicklung und Konstruktion und der Produktionsplanung Informationen, wird von der Produktionssteuerung geleitet, von der Instandhaltung verfügbar gehalten und entsprechend den Erfordernissen beim Aus- und Umbau laufend erweitert und angepasst. Es ist als Ganzes an ein zentrales Management-Informationssystem (MIS) angeschlossen (Fig.5).

4. Hohe Leistungsfähigkeit freiprogrammierbarer Bewegungsautomaten

Der Systemwert eines Industrieroboters ergibt sich aus dem Verhältnis seiner Wirksamkeit zum Aufwand. Bewertet man die Wirksamkeit nach den Kriterien Leistungsfähigkeit, Verfügbarkeit und Sicherheit, dann ist die Leistungsfähigkeit der herausragende Bewertungskomplex. Die Verfügbarkeit darf die für die Wirtschaftlichkeit notwendigen Werte nicht unterschreiten, die Sicherheit muss Vorschriften abdecken und Schäden aufgrund von Fehlfunktionen weitgehend ausschliessen. Der Aufwand für den Industrieroboter setzt sich aus den Elementen Anschaffungs- und Instandhaltungsaufwand, dem Aufwand für das Anpassen an neue Aufgaben und der erforderlichen Stillsetzungszeit, also dem Nutzungsausfall für diese Anpassung, zusammen.

Die Leistungsfähigkeit ergibt sich aus der Summe der Leistungsfähigkeiten von Kinematik, Greifer, Steuerung und Sensoren (Fig. 6). Dimensionierungsziel ist hierbei, die Steuerung so auszulegen, dass die Leistungsfähigkeit von Kinematik und Greifern von ihr voll augenutzt werden kann. Durch die Steuerung wird also die Leistungsfähigkeit massgeblich bestimmt, insbesondere wird erst durch sie der Bewegungsautomatismus frei programmierbar. Eine Sonderrolle spielen die Sensoren. Sie erschliessen dem Roboter die Möglichkeit, sich über deterministische Abläufe hinaus auf stochastische Veränderungen der Arbeitsaufgabe einzustellen. Kinematiken sind für den Steuerungsbauer durch ihr Geometriekonzept und die Werte für Beschleunigungen und Geschwindigkeiten gekennzeichnet. Mit sechs Achsen können alle wichtigen Industrieroboter aufgebaut werden, wenn jede Achse als translatorische oder rotatorische Achse betrieben werden kann. Der Bediener von Industrieroboter hat für das Bewältigen der Geometrieaufgabe verschiedene Möglichkeiten. Er kann sich zum Beispiel

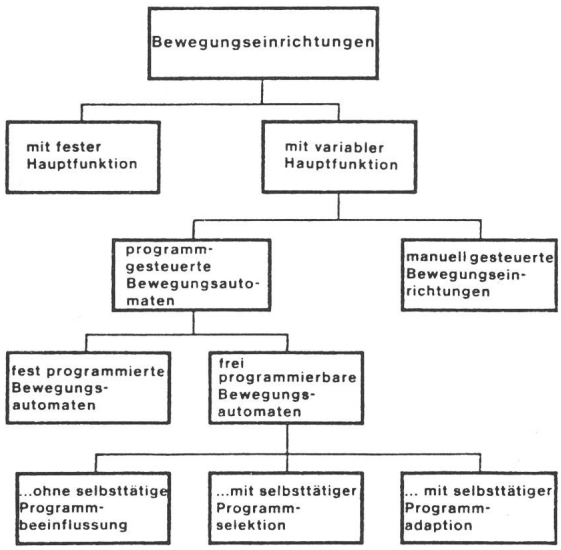


Fig. 6 Gliederung von Bewegungseinrichtungen

einen Raumpunkt, den der Greifer anfahren soll, in bezug auf einen raumfesten Punkt am Roboter vorstellen und damit definieren. Anderseits kann er sich auch an der momentanen Greiferlage orientieren. Schliesslich ist es möglich, sich an den Bewegungen der einzelnen Roboterachsen das Anfahren neuer Punkte vorzustellen.

Diesen drei Orientierungsmöglichkeiten entsprechend muss der Bediener drei Koordinatensysteme an seinem Bedienpult wählen und zwischen diesen laufend wechseln können. Die Forderungen an echte Robotersteuerungen sind daher geringer Aufwand bei Programmänderungen, fehlerfreie Eingabe durch automatische Bedienerführung über Texte und problemlose Eingabe von Maschinenparametern. Dies muss auf einem ergonomisch gestalteten und der Arbeitssituation optimal angepassten Bedienfeld realisiert werden. Es soll tragbar sein, damit sich der Bediener zur Lösung seiner Aufgabe an jedem beliebigen Ort des Roboteraktionsraumes optimal aufstellen kann. Das Bedienfeld muss trotzdem alle erforderlichen Tasten und eine alphanumerische Anzeige für den Bediendialog enthalten und mit einer Hand getragen, mit der anderen betätigt und überdies bequem abgelesen werden können. Darüber hinaus muss die Steuerung hohe Verfahrgeschwindigkeiten bei geringen Ungenauigkeiten auf Bahnen ermöglichen, die durch wenige Stützpunkte programmiert werden können. Schliesslich sollen Robotersteuerungen die Eigenschaften selbsttätiger Programmadaption durch Sensoren bieten und Schnittstellen zur Integration in integrierte Automatisierungssysteme vorgesehen sein. Um minimale Einricht- und Umrüstzeiten zu erzielen, ist es zweckmässig, wenn das generell gewünschte Verhalten durch ein getrennt (offline) erarbeitetes Programm beschrieben und der Bediener des Roboters über dieses so geführt wird, dass er durch das sogenannte Teach-In an der richtigen Stelle nur noch Positionen in eines der Koordinatensysteme eingeben muss.

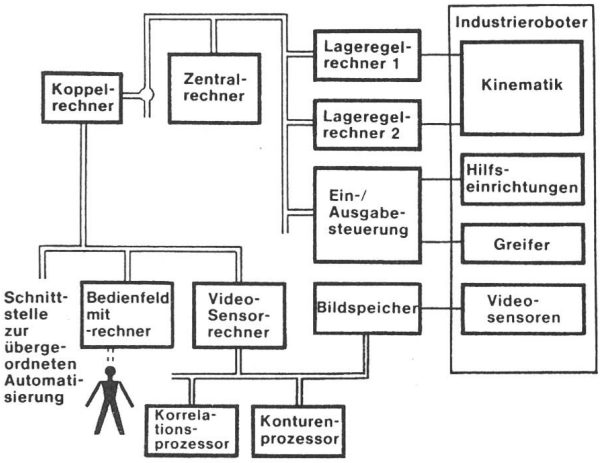
5. Eine flexible integrierbare 6-Achsen-Steuerung

Die Antwort von AEG-Telefunken auf die Forderung nach einer flexiblen, in Gesamtautomatisierungssysteme integrierbaren Robotersteuerung ist die *Robotronic 500*. Diese arbeitet mit einem modularen Mehr-Mikrorechner (Fig. 7) sowie mit einer leistungsfähigen, flexiblen Software. Auf diese Weise entstand eine Steuerung, bei der jeder Teilaufgabe ein eigener Rechner zugewiesen ist. Das Resultat dieses Konzepts zeigt sich in den Daten:

- 6-Achsen-bahngesteuert,
- 1,5 m/s Geschwindigkeit bei 0,01 mm Auflösung, bei geringerer Auflösung entsprechend schneller,
- satzweise programmierbare Beschleunigung,
- Bedienerführung,
- integrierte Diagnose,
- kinematik-flexibel,
- wenige Fixpunkte für vollständige Bahnbestimmung (Parabelinterpolation),
- externe Programmvorbereitung mit Programmvervollständigung durch Teach-In oder Teach-In allein,
- Schnittstellen für Sensoren, Kopplungen und Verkettungen,
- praxisoptimales, leichtes Bedienfeld.

Bei der Handhabung des Industrieroboters führt das Bedienfeld (Fig.8) den Bediener praxisnah mit Texten anstatt mit den bisher üblichen Handbüchern. Ein bis zu 50 m langes Anschlusskabel ermöglicht ihm, sich an den jeweiligen Ort des Geschehens zu begeben, und die optische Bedienerführung gewährleistet eine komfortable, sichere und weitgehend fehlerfreie Programmierung. Neben der noch zu erläuternden Sensorschnittstelle hat die Steuerung digital und analog arbeitende Eingänge für Prozesssignale. Grundlage der Software ist eine auf die Aufgaben von Robotern zugeschnittene Sprache, die bedienergeführt eingesetzt wird. Mit diesen Möglichkeiten ergeben sich minimale Einricht- und Umrüstzeiten. Die hohe Programmkapazität von 99 Programmen mit 99 Unterprogrammen vermeidet häufiges Nachladen auch bei grosser Programmvielfalt. Um Roboterteams, flexible Fertigungssysteme oder Systeme im Verbund mit Förder- oder Lagertechnikanlagen konzipieren zu können, ist die Industrierobotersteuerung mit einer kommunikationsfähigen, seriellen Schnittstelle ausgerüstet. Sie ist daher einer neuen Generation von Steuerungen zuzuordnen, die nicht mehr auf Speziallösungen für einzelne Roboterkinematiken und einzelne Anwendungssektoren beschränkt ist. Durch ihre Anpassungsfähigkeit erfüllt sie die Forderung, dass Anwender, die unterschiedliche Industrieroboter verschiedener Hersteller benötigen, mit *einem* Steuerungstyp und damit *einem* Bedienungs- und Instandhaltungskonzept arbeiten können. Dabei kann sie die Leistungseigenschaften der verschiedenen Roboter voll ausnutzen. Sie bietet darüber hinaus Leistungsdaten, wie sie bei künftigen Einsatzschwerpunkten von Industrierobotern in Montage, Entpalettierung und Kommissionierung benötigt werden. Zusätzlich ist anzumerken, dass Hardware, Betriebssysteme und Schnittstellen den ande-

Fig. 7
Mehrachs-/Mehr-Mikrorechner für Industrierobotersteuerung AEG-robotronic 500



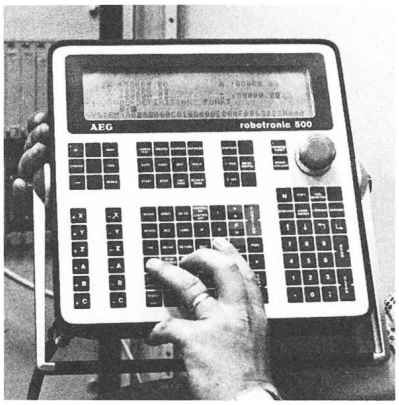


Fig. 8 Bedienfeld der Robotronic 500

ren Automatisierungssystemen von AEG-Telefunken, den speicherprogrammierbaren Steuerungen Logistat und den Fernwirksystemen Geadat entsprechen. Allein das Bedienfeld und die Software sind robotronic-500-spezifisch. Diese Merkmale sind vorteilhaft für Aufbau, Betrieb und Instandhaltung von Gesamtautomatisierungssystemen in der Produktion.

6. Sensoren ersetzen menschliche Sinne

Die Einsatzmöglichkeiten von Industrierobotern wachsen, wenn sie nicht nur fest vorgegebene Bewegungsabläufe ausführen, sondern auch auf veränderliche Situationen reagieren können. Ein typisches Entwicklungsziel ist der vollautomatische «Griff in die Kiste», bei dem ungeordnet bereitgestellte Werkstücke wahrgenommen, erkannt, gegriffen und dann in geordneter Lage an eine bestimmte Position gebracht werden. Um solche und ähnliche Aufgaben bewältigen zu können, muss der Industrieroboter zusätzlich zur Steuerung mit einem Sensor und einer Verarbeitungseinrichtung für die von diesem gelieferten Informationen erweitert werden. Der Begriff Sensor, der allgemein für Messfühler zum Umsetzen physikalischer Signale in verarbeitbare Informationen verwendet wird, bedeutet hier speziell Erkennungseinrichtungen, mit denen der Industrieroboter sich im Rahmen seiner Aufgabenstellung an stochastisch veränderliche Situationen anpassen kann. Sie sind unmittelbar mit den Nah- und Fernsinnen des Menschen vergleichbar. Grundsätzlich können taktil, auditiv und auf elektromagnetische oder Teilchenstrahlung reagierende Sensoren unterschieden werden. Hierbei wirken taktile Sensoren nahsinnig, sie reagieren auf Berührungen, während die beiden anderen Sensorarten fernsinnig arbeiten.

Visuell arbeitende Sensoren, gelegentlich als Augen der Roboter bezeichnet, werden mit den Mitteln der Optoelektronik aufgebaut. Im einfachsten Fall sind dies Lichtschranken zum Erkennen von Schwarz-Weiss-Binärsignalen, Farbsignalen und Codierungen auf dieser Basis. Einen gewaltigen Sprung in der Leistungsfähigkeit bieten jedoch solche Sensoren, die das Bild einer elektronischen Kamera benutzen. Jedes Element des gerasterten Bildfeldes wird dabei zum Erkennen des abgebildeten Objektes herangezogen. Bekannt sind Verfahren, bei denen man jedem Element entsprechend einer einstellbaren Schwelle schwarz oder weiss zuordnet. Die Erkennungsfähigkeit ist dabei eng begrenzt, da oft schon Beleuchtungsunterschiede zu falschen Ergebnissen führen. Bei der Robotronic-IBS[1]) bilden Grauwertmuster die Grundlage. Jeder Bildpunkt kann hierbei 128 verschiedene Werte annehmen. Dadurch können Störeinflüsse durch unterschiedliche Beleuchtung, sich überlappende Teile, kontrastarme Hintergründe, optisch gestörte Hintergründe und Schattenbildungen in weiten Grenzen ausgeschlossen werden. Das Problem verschiebt sich auf die zeitgerechte, in weniger als einer Sekunde durchführbare Bildauswertung und Situationsdatenermittlung für den Industrieroboter. Diese Aufgabe lässt sich ebenfalls auf der Grundlage des Mehr-Mikrorechnerkonzepts von AEG-Telefunken wirksam lösen.

Da allgemeine Qualitätskriterien für das Beurteilen visuell arbeitender Sensoren bis heute noch fehlen, soll am Beispiel der Entpalettierung von Motorblöcken die Leistungsfähigkeit des Systems IBS dargestellt werden. Die von der Giesserei kommenden Motorblöcke für Automobilmotoren werden üblicherweise auf sogenannten Europaletten, das sind genormte Holzroste, angeliefert und müssen dann zum Weiterverarbeiten entpalettiert, d.h. von den Paletten heruntergenommen, und für den nächsten Arbeitsgang auf Förderbänder gesetzt werden. Auf jeder Palette stehen zahlreiche Motorblöcke, und einige Paletten sind übereinander gestapelt. Zur Automatisierung des Entpalettierens wird ein Portalroboter eingesetzt, der die Motorblöcke mit einem Innengreifer in einem Zylinderloch erfasst und sie auf das Transportband hebt. Hierfür muss der Roboter folgende Aufgaben beherrschen:

- Erkennen von Motorblöcken auf einer Palette,
- Auswahl eines Motorblockes und Ermitteln von dessen Position und Lage,
- Greifen und Heben des Motorblockes mit einem dafür geeigneten Greifer,
- Erkennen einer abgeräumten Palette,
- Ermittlung der Position und Lage der Palette,
- Greifen und Wegheben der Palette mit einem dafür geeigneten Greifer.

[1]) IBS *I*ntegriertes *B*ild-Verarbeitungs*s*ystem

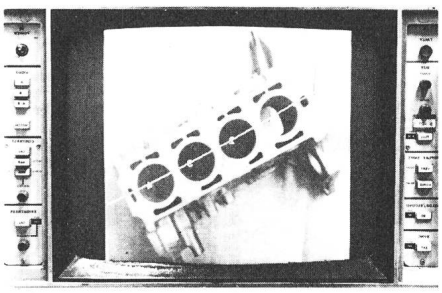


Fig. 9 Bildverarbeitung
mit dem Bilderfassungssystem Robotronic-IBS

Um diese Arbeitsvorgänge durchzuführen, sucht der Videosensor nach den vier Zylinderbohrungen des Motorblocks und stellt an der Form der Kühlwasserlöcher an der ersten und vierten Zylinderbohrung die Lage des Motorblocks fest (Fig. 9). Mit den gewonnenen Daten kann der Roboter über die Steuerung beauftragt werden, den Motorblock in einer Zylinderbohrung zu ergreifen und in vorgegebener Lage auf die Beladeeinrichtung einer Transferstrasse zu setzen.

Die grundsätzliche Schaltung der Sensoreinrichtung und ihre wichtigsten Daten zeigt Figur 10. Die Einrichtung besteht aus einer Videokamera geringerer Leistungsfähigkeit und damit niedrigen Preises, einem elektronischen Bildspeicher und drei Mikrorechnern, dem eigentlichen Sensor-

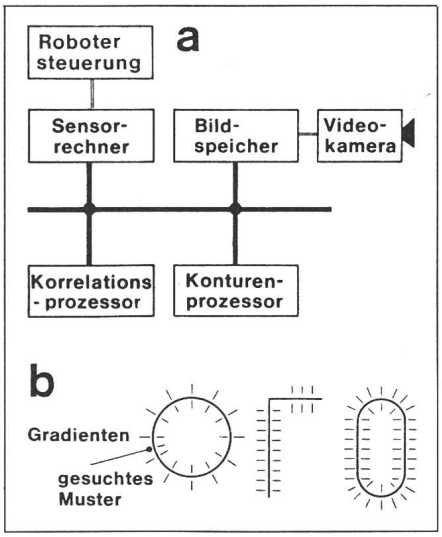


Fig. 10 Prinzip des IBS-Zusatzes der Robotronic 500
a Blockschema
b Konturenprozessor-Suchstrategie
Bildspeicher:
- Anzahl Bildpunkte: 512×512
- Grauwertauflösung: 2^{-7} je Bildpunkt

Korrelationsprozessor:
- Betragsdifferenzkorrelation
- Referenzspeicher: 4096 Bildpunkte
- Suchbereich 4096 Bildpunkte
- Gütespeicherformat: 4096×20 bit

rechner sowie den unterstützenden Rechnern zur Korrelationsrechnung und Konturendetektion. Im Bildspeicher wird das von der Kamera aufgenommene Bild in 512×512 einzelne Elemente aufgelöst und gespeichert. Jedem dieser Bildpunkte ist je nach Grauwert eine Zahl zwischen 0 (schwarz) und 127 (weiss) zugeordnet. Zum Auffinden der Übereinstimmung zwischen gespeicherten Mustern und den im Bildspeicher von der Kamera festgehaltenen Mustern dienen zwei Verfahren, die von getrennten Prozessoren ausgeführt werden. Der Konturenprozessor nutzt eine Gradientenprozedur. Dabei werden auf Geradenstückchen senkrecht zur gesuchten Struktur Grauwertanalysen durchgeführt. Erhält man einen Grauwertsprung, werden dessen Ortskoordinaten gespeichert. Ergeben sich ausreichend viele solcher Grauwertsprünge mit Ortskoordinaten, die der Kontur des Referenzmusters entsprechen, dann gilt das gesuchte Muster als erkannt. Der Korrelationsprozessor hingegen eignet sich zur Suche flächiger Muster in bezug auf gespeicherte Referenzmuster. Ergibt sich entsprechend einer Korrelationsformel in einem Bildspeichergebiet beim Vergleich jedes Bildpunktes mit dem entsprechenden Referenzmusterpunkt unmittelbar oder mit entsprechender Grundwertverschiebung Übereinstimmung, dann gilt das Muster als erkannt.

Bei geeigneter Steuerung des gesamten Erkennungsprozesses durch den Sensorrechner findet das IBS in weniger als einer Sekunde das gesuchte Muster und liefert dessen charakteristische Ortskoordinaten an die Robotersteuerung. Diese enthält in ihrem Programm die Strategie, nach der die Vearbeitung der gelieferten Ortskoordinaten zu geschehen hat. Sie läuft zum Beispiel so ab, dass der geeignete Greifer automatisch aktiviert, danach der Roboter an den gefundenen Ort des Objektes verfahren und dieses dann entsprechend Aufgabe und Situation behandelt wird. Praktische Versuche haben ergeben, dass mit dem IBS in mehr als 99% der Fälle die gesuchten Muster richtig erkannt und vermessen werden, selbst wenn praxisübliche Störungen einwirken.

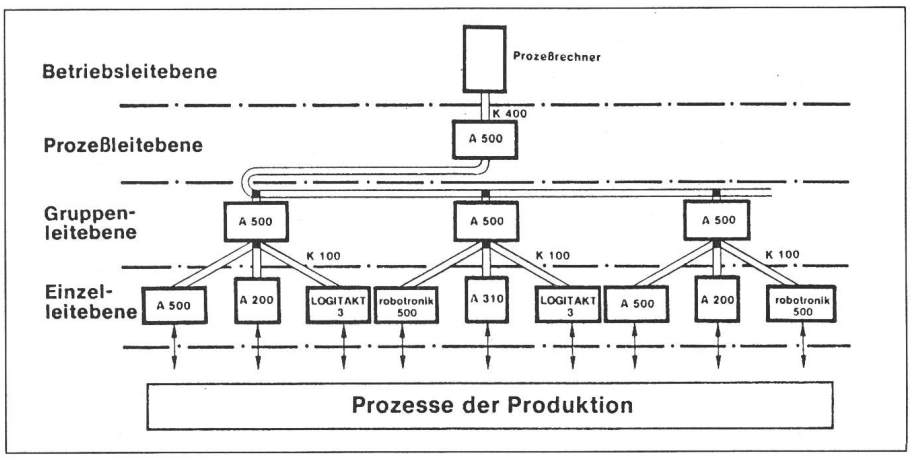


Fig. 11 Integrierte Automatisierung in einem Industriebetrieb

7. Industrieroboter-steuerungen im Gesamtsystem

Industrieroboter sind in vielen Anwendungen die flexiblen Elemente in einer Gesamtproduktion. Beim Ausbau der Automatisierung zu einem integrierten Gesamtsystem (CIM) müssen Industrierobotersteuerungen in dieses integrierbar sein, so dass sie eine tragfähige Basis für den breiteren Ausbau der Automatisierung in der Produktion bilden (Fig. 11). In dem beispielhaft dargestellten Gesamtsystem, das Lager, Fördereinrichtungen, Arbeitsmaschinen, Prüfeinrichtungen und Industrieroboter umfasst, erfüllen diese zum Beispiel ihre Aufgabe in der Montage und der Kommissionierung. Der Automatisierungsteil besteht aus programmierbaren Steuerungen Logistat CP80-A200, -A500, -A310, aus Taktsteuerungen Logitakt 3 und aus Robotronic-500-Steuerungen. Über Gruppen- und Leitrechner ist das Automatisierungssystem an den Betriebsrechner angeschlossen. Auf jeder Ebene können die beschriebenen Bediengeräte angeschlossen werden. Wichtigste Elemente sind in diesem System die Kommunikationseinrichtungen. Sie müssen so ausgelegt sein, dass sie die unterschiedlichen Automatisierungseinrichtungen durch einen standardisierten Telegrammverkehr verketten können. Auf diese Weise entsteht ein leittechnisches Gesamtsystem. Die Kommunikationsschnittstellen sind überdies so ausgelegt, dass an bestimmten Stellen Automatisierungseinrichtungen anderer Hersteller angeschlossen werden können. Flexibilität und Integrationsfähigkeit werden beim AEG-Automatisierungssystem den wechselnden Anforderungen und dem laufenden Ausbau, die standardisierte Hardware den Instandhaltungserfordernissen in einem Produktionsbetrieb gerecht.