

29.04.85

EG - AS - W1

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Mitteilung der Kommission der Europäischen Gemeinschaften
an den Rat: Die europäische Industrie und die fortge-
schrittene Fertigungstechnik - gegenwärtige Lage und
Zukunftsaussichten

KOM(85) 112 endg.; EG-Dok. 5738/85

Gemäß Artikel 2 Satz 1 des Gesetzes zu den Verträgen vom 25. März 1957 zugeleitet mit Schreiben des Chefs des Bundeskanzleramtes vom 26. April 1985 - 14 - 680 70 - E - In 36/85 -.

Diese Vorlage ist mit Schreiben des Herrn Präsidenten der Kommission der Europäischen Gemeinschaften vom 22. März 1985 dem Herrn Präsidenten des Rates der Europäischen Gemeinschaften übermittelt worden.

Die Unterrichtung des Europäischen Parlaments und des Wirtschafts- und Sozialausschusses zu der genannten Kommissionsvorlage ist vorgesehen.

Mit der unmittelbar bevorstehenden Beschlußfassung durch den Rat ist zu rechnen.

ABKÜRZUNGEN

NC	Numerische Steuerung (Numerical Control)
CAD	Rechnergestützter Entwurf (Computer Aided Design)
CAE	Rechnergestütztes Lösen von Ingenieuraufgaben (Computer Aided Engineering)
CAM	Rechnergestützte Fertigung (Computer Aided Manufacturing)
CIM	Rechnerintegrierte Fertigung (Computer Integrated Manufacturing)
FFS	Flexibles Fertigungssystem (FMS = Flexible Manufacturing System)
MAP	Manufacturing Automation Protocol (s. GM)
AMRF	Automated Manufacturing Research Facility
OSI	Open Systems Interconnection (ISO)

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<u>STELLUNGNAHME DER KOMMISSION</u>	
1. Begründung und Zielsetzung	3
2. Fortgeschrittene Fertigungstechnik und Normung	4
3. Ausschöpfung des Technologischen Potentials Europas	7
4. Strukturelle und Finanzielle Aspekte	8
5. Menschliche Ressourcen	10
6. Information über den Stand der Industriellen Automatisierung	11
<u>GEGENWÄRTIGE LAGE UND ZUKUNFTSAUSSICHTEN</u>	
<u>EINLEITUNG</u>	12
A. DIE FAKTOREN DER ENTWICKLUNG DER TECHNOLOGIE	13
(i) Wichtigste technologische Entwicklungslinien	14
(ii) Normung	19
(iii) Forschung und Entwicklung	20
B. STRUKTURELLE UND FINANZIELLE FOLGEN FÜR DIE UNTERNEHMEN	22
(i) Finanzielle Aspekte	23
(ii) Strukturelle Aspekte: Benutzer fortgeschrittener Anlagen	25
(iii) Strukturelle Aspekte: Lieferanten fortgeschrittener Anlagen	28
C. ARBEITSKRÄFTE	33
(i) Beschäftigungsstand	33
(ii) Bildung und Ausbildung	35
(iii) Arbeitsorganisation	36
(iv) Die Sozialpartner	37
(v) Standort der Unternehmen	38
ANHANG I: FORTGESCHRITTENER ANLAGEN UND IHRE VERBREITUNG BEI DEN BENUTZERN	Seite
A. Überblick	39
B. Fortgeschrittene Werkzeugmaschinen	39
C. Industrieroboter	44
D. Flexible Fertigungszellen, Fertigungssysteme und Transferstraßen	50
E. Rechnungsgestützter Entwurf	56
F. Industrielle Informationsverarbeitung und sonstige Arten von fortgeschrittenen Anlagen	60
G. Computerintegrierte Fertigung und die Fabrik der Zukunft	62
ANHANG II: STAATLICHE UNTERSTÜTZUNG DER FERTIGUNGS-AUTOMATISATION	
Deutschland	64
Vereinigtes Königreich	67
Italien	68
Frankreich	69
Vereinigte Staaten	71
Japan	73
ANHANG III: TAFELN UND SCHAUBILDER	78
ERLÄUTERUNGEN	83

**STELLUNGNAHME DER KOMMISSION BETREFFEND
DIE EUROPÄISCHE INDUSTRIE UND DIE
FORTGESCHRITTENE FERTIGUNGSTECHNIK**

1. BEGRÜNDUNG UND ZIELSETZUNG

Das vorliegende Dokument entspricht einem von den Industrieministern auf ihrer Tagung vom 18. Mai 1984 in Paris erteilten Auftrag und baut auf der Stellungnahme der Kommission über die Werkzeugmaschinenindustrie vom 8. Februar 1983 (SEK(83)151) auf. Darüber hinaus wurden die im Rahmen des Programms ESPRIT gesammelten Erfahrungen berücksichtigt, das ein Teilprogramm integrierte rechnergestützte Fertigung enthält.

Der Gegenstand dieser Arbeiten kann mit dem Begriff "industrielle automation" ("productique") umschrieben werden, der auf der Tagesordnung der Ministertagung stand. Dieser Begriff beinhaltet den Einsatz hochautomatisierter Fertigungssysteme, wie sie durch die Integration der Informationstechnik und insbesondere der Mikroelektronik in den Fertigungsablauf ermöglicht werden.

Die Probleme der fertigungstechnischen Industrie werden in dem Dokument **"Die fortgeschrittene Fertigungstechnik: gegenwärtige Lage und Zukunftsaussichten"** dargelegt, das die Kommission als Begleitdokument zu dieser Stellungnahme vorlegt und in dem sowohl die Rolle der Wirtschaft als auch die der Öffentlichen Hand untersucht wird.

Die fortgeschrittene Fertigungstechnik ist für Europa sowohl im Blick auf die verwendeten Spitzentechnologien als auch zur Erhaltung der Wettbewerbsposition der europäischen Industrie im Schlüsselsektor der Investitionsgüterindustrie von ganz entscheidender Bedeutung, doch reicht ihre strategische Bedeutung weit über diesen Rahmen hinaus.

Mit dem Einsatz fortgeschrittener fertigungstechnischer Anlagen wird in der Tat ein **sprunghafter Anstieg - möglicherweise um ein Mehrfaches - der Produktivität der Unternehmen** verbunden sein, vor allem aufgrund der größeren täglichen Nutzungszeit der Fertigungsanlagen (in vielen Fällen ist ein Schichtbetrieb rund um die Uhr denkbar). Die fortgeschrittene Fertigungstechnik ermöglicht **eine größere Flexibilität auch bei der Großserienfertigung und bietet gleichzeitig erstmals die Möglichkeit, auch die Fertigung in kleineren Serien zu automatisieren.** Ihr Einsatz ermöglicht eine raschere Produktion (Verringerung der Fertigungszeiten) und eine raschere Reaktion und Anpassung an die Marktbedingungen (geringere Lagerbestände, Eroberung von Märkten). Der Automatisierungsprozeß beschränkt sich jedoch nicht auf die Fertigung im eigentlichen Sinne, er schließt auch vor- und nachgeschaltete Tätigkeiten ein, darunter vor allem im Bereich der Konzeption der Produkte (rechnergestütztes Entwickeln - CAD) und auf dem Gebiet des Management (Marketing, Management und Disponieren in Produktion und Betrieb usw.).

Gegenwärtig nehmen die Metallverarbeitenden und -montage Industriezweige wie die Luftfahrt- und Automobilindustrie eine zentrale Position bei der Prozessautomatisierung ein, die jedoch die gesamte Industrie erfassen wird und in herkömmlichen Industriezweigen wie der Textil- und Bekleidungsindustrie oder der Lebensmittelindustrie völlig neue Voraussetzungen schaffen wird. Vor allem muß auf bahnbrechende Rolle der Informationstechnologien (IT) bei der Entwicklung fortgeschrittener fertigungstechnischer Anlagen hingewiesen werden. In der Tat machen die Informationstechnologien nicht nur die Automatisierung möglich, sondern die Automatisierung führt ihrerseits wieder zu einer beschleunigten Expansion des IT-Sektors selbst. Die bestehenden Herausforderungen und Probleme reichen daher weit über den Rahmen einzelner begrenzter Industriezweige hinaus und betreffen sowohl die sogenannten Spitzenindustrien als auch die "reifen" Industriezweige. Auf längere Sicht steht somit die Wettbewerbsfähigkeit der gesamten europäischen Industrie und ihre Position in der Weltwirtschaft auf dem Spiel.

Angesichts des sich anbahnenden Umbruchs ist es vor allem Sache der Wirtschaftsteilnehmer - das heißt der Unternehmen und der Arbeitnehmer - die Herausforderung anzunehmen, wie sie der tiefgreifende Wandel der Voraussetzungen darstellt, unter denen die europäische Industrie tätig ist.

Dabei kommt auch der Öffentlichen Hand sowohl im einzelstaatlichen Rahmen als auch auf europäischer Ebene eine nicht unerhebliche Rolle zu, wenn es darum geht, die für die Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie unerläßlichen Anpassungen zu fördern. Der Staat trägt die Verantwortung für das wirtschaftliche Umfeld und die Schaffung eines Gesamtrahmens, das es der Wirtschaft ermöglicht, die neuen Herausforderungen anzunehmen und zu bestehen. Es liegt auf der Hand, daß die Gemeinschaft zur Verbesserung dieser Rahmenbedingungen in signifikanter Weise beitragen kann und muß. So kommt es vor allem darauf an, einen europäischen Industrieraum zu verwirklichen, der es ermöglicht, den Wettbewerb in einem einheitlichen Markt von kontinentalen Ausmaß zu fördern und die Integration der Gemeinschaft im Währungs- und Steuerbereich weiter voranzutreiben.

2. FORTGESCHRITTENE FERTIGUNGSTECHNIK UND NORMUNG

Der Einsatz einzelner Komponenten der modernen Fertigungstechnik bringt bereits beträchtliche Vorteile, doch wird das volle Potential der fortgeschrittenen Fertigungstechnik erst durch ihre Integration in automatisierte fertigungstechnische Systeme ausgeschöpft. Unter diesen Voraussetzungen addieren sich die einzelnen Vorteile nicht, sie multiplizieren sich.

Gerade hier kommt die volle Bedeutung der Normung zum Tragen, denn die Möglichkeit, die verschiedenen Geräte mit einander zu verbinden, wird zum

*) So wurde vor kurzem in der Fachzeitschrift "Usine nouvelle, 3. Quartal 1984" von Produktivitätsgewinnen im Falle der fortgeschrittenen Prozeßintegration in Höhe von 250 % gesprochen.

strategischen Schlüssel der Automatisierung. Dafür es es notwendig, daß man gleichzeitig sowohl im Hinblick auf einen gemeinsamen Bezugsrahmen zu Regeln der Konstruktion und der **Architektur der Systeme** als auch zur **Normung der Schnittstellen** der verschiedenen Komponenten **automatisierter Fertigungsanlagen** gelangt.

Eine genaue Analyse zeigt, daß es sich um eine Normung der Module handelt, denn die fraglichen Komponenten sind nicht nur die einzelnen Geräte, sondern auch die verschiedenen Funktionsmodule, aus denen diese Ausrüstungen bestehen. Die verwendeten Technologien sind so vielfältig, daß es beträchtliche Möglichkeiten der Spezialisierung der Erhöhung des Produktionsvolumens und somit der Kostensenkung (Lern- und Größenwirkung) gibt.

Die Normung ist daher auf zwei Ebenen wirksam. Seitens der Verwender ist sie **die Voraussetzung für die Integration der verschiedenen Komponenten automatisierter Fertigungsanlagen** und somit eine Möglichkeit, die Automatisierung voll auf zu nutzen. Seitens der Hersteller schafft sie für **die Unternehmen Bedingungen die es ihnen ermöglichen, ihre Produktionskosten zu senken, vorausgesetzt, daß sie ein Produktionsvolumen erreichen, das einem Markt von kontinentaler wenn nicht weltweiter Dimension entspricht.** Dies macht deutlich, wie wichtig es ist, über Normen zu verfügen, deren geographischer Anwendungsbereich so groß wie möglich ist. Deshalb kommt auch der Normung im Bereich der fortgeschrittenen Fertigungstechniken höchste Dringlichkeit für eine Aktion auf Gemeinschaftsebene zu.

Diese wirtschaftlichen Erwägungen erklären die zunehmende Bedeutung der Normung in allen Industrieländern. In den Vereinigten Staaten hat **General Motors nachdem man dort feststellte, daß 30 bis 50 % der Kosten für eine zusätzliche Automatisierung direkt mit der Kompatibilität der Geräte in Bezug stehen,** kürzlich auf eigene Initiative seinen Zulieferern eine Reihe von Spezifikationen für die Schnittstellen fertigungstechnischer Anlagen vorgeschrieben, die im Benehmen mit den wichtigsten Zulieferern von GM entwickelt wurden und im MAP (Manufacturing Automation Protocol) kodifiziert sind. ****** Das MAP wird bereits von über einhundert amerikanischen Unternehmen gestützt (worumer Ford, Chrysler, IBM, General Electric) und könnte in den Vereinigten Staaten somit rasch de facto zu einer Norm werden. Die Forschungsstelle des National Bureau of Standards (Automated Manufacturing Research Facility oder AMRF), die in 1986 voll funktionsfähig sein wird, wird eine Bewertung und Prüfung der Normen betreffend die fortgeschrittene Fertigungstechnik in den USA sicherstellen. In Japan finanziert MITI einen großen Versuchskomplex in Tsukuba (Flexible Manufacturing Complex with Laser), an dem etwa zwanzig der einschlägigen Großunternehmen beteiligt sind, und der mit Sicherheit in der industrielle Anwendung der Lasertechnologie (Bearbeitung, Montage und Prüfung) eine bedeutende Rolle spielen wird, dessen Aufgabe daher auch auf die Standardisierung der Module fertigungstechnischer Anlagen gerichtet ist. Während 1984 und zu Anfang 1985 diente der Versuchskomplex als Versuchsfeld für Bewertung, Versuche und Tests für die Teilnehmer. Er wird nach Übermittlung der Ergebnisse an die Industrie aufgelöst.

Obwohl in Europa ein beträchtliches Know how vorhanden ist, blieben die Europäer hinter den enormen Bemühungen in den Vereinigten Staaten und Japan zur Normung fortgeschrittener fertigungstechnischer Anlagen zurück. Der

*) Diesbezügliche Arbeiten werden bereits im Rahmen des ESPRIT-Programms durchgeführt.

**) Die bisher bestehenden Spezifikationen decken nur einen Teil der Integrationsebenen ab, und die Arbeiten werden fortgeführt.

Dialog, der die Kommission mit den zuständigen Verbänden der Werkzeugmaschinenindustrie aufgenommen hat, hat es nicht ermöglicht, eine Normung der Schnittstellen zu erreichen, vor allem aufgrund der Vielzahl der Ansprechpartner, die für sehr unterschiedliche Unternehmen mit unterschiedlichem technischen Niveau in einem herkömmlichen Sektor der Maschinenbauindustrie verantwortlich sind, die zudem größtenteils die Bedeutung dieses Problems noch nicht erkannt haben.

Ferner muß darauf hingewiesen werden, daß die Normung im Bereich der fertigungstechnischen Anlagen sich weitgehend von der herkömmlichen Normung in der Maschinenbauindustrie unterscheidet, da sie in den Bereich der Informationstechnik hineinreicht und sich daher aufbauend auf Grundkonzepten entwickeln muß, die im Rahmen der internationalen Normung ausgearbeitet werden, deren wichtigster Bezugsrahmen das OSI-Konzept (Open Systems Interconnection) ist.

Die Arbeiten müssen in der gleichen Weise aufgenommen werden, wie dies auf dem Gebiet der Informationstechnik geschehen ist. Auch im Bereich der fortgeschrittenen Fertigungstechnik muß die Initiative bei den wichtigsten Beteiligten, d.h. den Unternehmen (Hersteller und Benutzer fertigungstechnischer Anlagen) ansetzen, die aufgrund ihrer Forschungs- und Innovationstätigkeit eine wichtige Rolle auf diesem Gebiet spielen. Angesichts der Aufsplitterung der industriellen Strukturen und der nationalen Barrieren, die für die europäische Lage typisch sind, muß auch hier die Gemeinschaft die Rolle des Katalysators und des Förderers übernehmen, denn es wäre illusorisch, wollte man auf eine autonome Entwicklung bauen, wie sie zur Zeit in den USA vor sich geht.

Die Rolle der Gemeinschaft könnte sich in dem folgenden Prozeß niederschlagen, der in drei Etappen abläuft:

- Die vordringlichste Aufgabe wäre es, mit Hilfe der für die Normung zuständigen nationalen Verwaltungen die **Vertreter der Unternehmen**, die auf diesem Gebiet eine unmittelbare Rolle zu spielen haben, in einem **informellen Gremium auf Gemeinschaftsebene zusammenzufassen**.
- Diese Unternehmen müssen den Kern des Denkprozesses bilden, der, ausgehend von den im internationalen Rahmen laufenden Arbeiten (OSI) von den in den Vereinigten Staaten geleisteten einschlägigen Arbeiten (vielleicht in Verbindung mit Letzteren) sowie unter Berücksichtigung der japanischen Erfahrungen ein **Arbeitskonzept herausarbeitet und gleichzeitig die verschiedenen Ebenen festlegt, auf denen die europäische Normung fort-schreitend entwickelt wird**.
- Wenn diese Überlegungen ausreichend weit fortgeschritten und die Ziele klar definiert sind, müssen Kommission und Mitgliedstaaten eine zweite Phase der Überlegungen veranlassen, in der die **Verfahren und Arbeitsmodalitäten festgelegt werden, die es unter Berücksichtigung des spezifischen Charakters dieses Gebietes ermöglichen, die Ergebnisse zu erreichen, die von jeder Normungstätigkeit erwartet werden müssen, nämlich die allgemeine Akzeptanz wirklicher europäischer Normen, die auf die einzelstaatliche Ebene umgesetzt werden**.

Ein besonders wichtiger Aspekt dieses Systems, der noch entwickelt werden muß, sind **Erprobung sowie Prüfungen und Konformitätsbescheinigungen**. Angesichts der Eigenart dieses Gebietes muß diese Phase als Schlußphase eines komplexen und notwendigerweise umfassenden Normungsprozesses betrachtet werden.

3. AUSSCHÖPFUNG DES TECHNOLOGISCHEN POTENTIALS EUROPAS

Im Bereich der vorwettbewerblichen Forschung und der Automatisierung bestehen eine Reihe umfassender einzelstaatlicher Programme, die direkt oder indirekt den Bereich der fortgeschrittenen Fertigungstechnik Anlagen betreffen. **Man muß sich jedoch fragen, ob nationale Alleingänge nicht zu einem Verlust an Effizienz führen, vor allem aufgrund der sich daraus ergebenden Doppelarbeit, und ob es nicht besser wäre, wenn die Mitgliedstaaten zusammen mit der Kommission prüfen, auf welche Weise die Aufwendungen der Öffentlichen Hand in den einzelnen Mitgliedstaaten besser genutzt werden können, um innereuropäische Synergien zu fördern.** Dies würde erlauben, den vergleichsweisen Vorteil der amerikanischen und japanischen Programme (bessere Nutzung der eingesetzten Mittel, früherer Beginn, größerer Beitrag der Industrie) zu verringern.

Die gemeinschaftliche Dimension ist im Bereich von F und E besonders wichtig, da die Konzentration der Anstrengungen auf europäischer Ebene es ermöglicht, die kritische Masse zu erreichen, die wirkliche Fortschritte einleitet. In dieser Hinsicht ist das Programm ESPRIT bedeutsam für die vorwettbewerbliche Forschung auf dem Gebiet der rechnergesteuerten integrierten Fertigung.

In diesem Zusammenhang erhalten die **im Rahmen von ESPRIT vorgesehenen Pilotprojekte** ihre ganze Bedeutung, denn sie müssen es ermöglichen, europäische Schwerpunkte zu bilden, die die Kontakte und somit die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Akteuren der europäischen Forschung fördern und gleichzeitig Doppelarbeit vermeiden.

Das Programm BRITE, das Ende 1984 die grundsätzliche Zustimmung des Rates gefunden hat, zielt (wie das Programm ESPRIT) darauf ab, die Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und Industrie im Bereich der vorwettbewerblichen Forschung zu fördern. **Es entspricht ziemlich genau einer Reihe prioritärer Erfordernisse im Bereich von F und E, die die fortgeschrittener Fertigungstechnik und die integrierte Automatisierung industrieller Prozesse betreffen.** (Lasertechnologie, CAD/CAM und mathematische Modelle, neue rechnerunterstützte Prüfmethode usw.). Darüber hinaus sieht das Programm BRITE Pilot- und Demonstrationsvorhaben für die Automatisierung der Bearbeitung "weicher" Werkstoffe vor, wobei dieser Teil besonders wichtig ist für einen Industriezweig wie die Bekleidungsindustrie. Diese Arbeiten müssen mit besonderer Aufmerksamkeit verfolgt werden, um festzustellen, inwieweit sie als Vorbild für ähnliche Aktionen auf anderen Gebieten dienen können.

Auf der Ebene der einzelnen Unternehmen erweist sich eine **Steigerung der F und E Tätigkeit als unerlässlich**, insbesondere im Falle der Hersteller fortgeschrittener fertigungstechnischer Anlagen, die dem Maschinenbausektor angehören. Für ein herkömmliches Maschinenbauunternehmen erfordert der Übergang zur Fertigung numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen eine Verdreifung wenn nicht gar Vervielfachung der für F und E aufgewendeten Anteile am Umsatz.

Angesichts der wirkungsstarken Strategien, die von den großen amerikanischen und japanischen Gruppierungen der Elektroindustrie der Elektronik und Datenverarbeitung eingeleitet werden, insbesondere unter Berücksichtigung der verstärkten Rolle der Informationstechnologien, und die eine Beherrschung insgesamt aller Elemente der Zukunft anstreben, erscheint eine Ausweitung der innereuropäischen Zusammenarbeit äußerst wünschenswert. Eine derartige Zusammenarbeit würde es nämlich ermöglichen, die **Trümpfe** der Unternehmen der Gemeinschaft auszuspielen, die keineswegs zu vernachlässigen

sind. Unter diesen Trümpfen steht die **Vormachtstellung im Bereich des Maschinenbaus an erster Stelle**. Im derzeitigen Stadium der Automatisierung ist die **profunde Kenntnis der zu automatisierenden Verfahren ein entscheidender Erfolgsfaktor**, wie dies insbesondere an der Tatsache abgelesen werden kann, daß die meisten der in den letzten zwei Jahren aufgebauten flexiblen Fertigungssysteme (FMS) von Werkzeugmaschinenbauern realisiert wurden. In dieser Hinsicht **mußte sich die Zusammenarbeit als vorrangiges Ziel die Vereinigung der europäischen Kompetenz auf den Gebieten der Elektronik, der Datenverarbeitung und des Maschinenbaus stellen**. Um diese Zusammenarbeit zu fördern und insbesondere die Rechtsunsicherheit zu beseitigen, die bisher bei weitem auf europäischer Ebene bestand, hat die Kommission am 19. Dezember 1984 eine **Verordnung erlassen, durch die die meisten der Forschungs- und Entwicklungsvereinbarungen bis zum Stadium der gemeinsamen industriellen Nutzung der Ergebnisse*) vom grundsätzlichen Verbot durch den Vertrag ausgenommen werden**.

Schließlich sollten Kommission und Mitgliedstaaten die Modalitäten prüfen die notwendig sind, **um bessere Kontakte und einen stärkeren Informationsaustausch zwischen den einzelnen Unternehmen, Einrichtungen und Forschungszentren zu ermöglichen, die auf dem Gebiet von F und E im Bereich der industriellen Automatisierung tätig sind**.

4. STRUKTURELLE UND FINANZIELLE ASPEKTE

Der Einsatz der fortgeschrittener Fertigungstechnik und die schrittweise Automatisierung industrieller Prozesse verursacht **umfassende Veränderungen des Gleichgewichts, auf dem die Struktur unserer Wirtschaft beruht**.

Im Bereich der Großserienproduktion wird die klassische Automatisierung auf der Grundlage starrer Fließbänder durch eine flexiblere Automatisierung ersetzt, die es ermöglicht, auch kürzere Serien rentabel zu fertigen, wodurch Industriesektoren wie der **Automobilindustrie, die lange Zeit als "reif" betrachtet wurde, in den Umbruch mit einbezogen werden**. Traditionell **lohnintensive Industriezweige können sich zu technologie- und kapitalintensiven Industrien wandeln**, wodurch schlagartig die bisherigen weltweiten Handelsströme verändert werden können. Die **Großunternehmen gewinnen an Flexibilität**, ihre zentrale Leitung kann rascher auf Marktimpulse reagieren, wodurch sich der Unterschied in der Flexibilität, der bisher einer der wichtigsten Trümpfe kleiner und mittlerer Unternehmen war, reduziert. Die **Produktinnovation beschleunigt sich**, und die Lebensdauer der Produkte wird dementsprechend kürzer.

Von all diesen Umwandlungen werden auch die Hersteller fortgeschrittener Investitionsgüter betroffen. Die **Wettbewerbsposition der europäischen Ausrüster ist oft prekär, nicht aufgrund fehlenden technischen Know how, sondern weil sie weder das Produktionsvolumen (Normung) noch den Automatisierungsgrad**), ihrer Konkurrenten erreicht haben** und somit das Handicap beträchtlicher Kostennachteile überwinden müssen. Um hier die Lücke zu schließen, müssen die europäischen Unternehmen in vielen Fällen ihre Investitionen beträchtlich erhöhen, und zwar sowohl in Fertigungsanlagen als auch in die Entwicklung neuer Produkte, um eine Dimension zu erreichen, die

*) Unter der Bedingung, daß der kumulierte Anteil der Vertragspartner am Gemeinschaftsmarkt 20% nicht überschreitet.

**) Obwohl fortgeschrittene Fertigungsanlagen auch die Automatisierung kürzerer Produktionsserien ermöglichen, ist dennoch ein minimales Produktionsvolumen unerlässlich.

es ermöglicht, **im Konkurrenzkampf auf den Weltmärkten** zu bestehen. Dies gilt insbesondere für Firmen des Maschinenbausektors, in dem noch eine zu große Anzahl herkömmlicher mittelständiger Betriebe besteht, die Maschinen in Einzelfertigung herstellen. Für den, der sich nicht anpassen kann, sieht die Zukunft dunkel aus.

Die industrielle Automatisierung erfordert **umfangreiche Investitionen seitens der Benutzer, wie auch der Anlagenhersteller**, um die bisherigen klassischen Ausrüstungen zu ersetzen. **Selbst wenn im Blick auf die Produktivität die neuen Ausrüstungen "capital-saving" sind, kann ihre Beschaffung ernste finanzielle Probleme** für die Unternehmen schaffen (vor allem im Bereich des Cash-flow) aufgrund der Notwendigkeit zunächst sehr hohe Beträge zu investieren, bevor irgendwelche Erträge erwirtschaftet werden. Ferner reichen herkömmliche finanzielle Kriterien nicht aus, um die strategischen Vorteile der fortgeschrittenen Fertigungstechnik zu berücksichtigen, die nur schwer zu quantifizieren sind (wie ist finanziell die Halbierung der Lieferfristen zu bewerten?), wodurch sich zusätzliche Schwierigkeiten für den Zugang zu fremden Finanzierungsquellen ergeben.

In diesem industriellen und finanziellen Kontext erfolgte in Europa **im Verlaufe der 2 oder 3 letzten Jahre eine rasche Zunahme der öffentlichen Beihilfen auf dem Gebiet der Automatisierung**, die sicher zur Beschleunigung der Verbreitung fortgeschrittener fertigungstechnischer Anlagen in der Gemeinschaftsindustrie beigetragen hat. Mit einer mittleren Wachstumsrate von über 40% während der letzten Jahre ist der Industrieroboterpark der Gemeinschaft bereits größer als der der Vereinigten Staaten.

Zwar können Beihilfen in einigen Fällen eine positive Rolle spielen, indem sie die Verbesserung der Rentabilitätsschwelle der fortgeschrittenen Fertigungsanlagen beschleunigen und so den Lernprozeß der Unternehmen begünstigen und es ihnen ermöglichen, Cash-flow-Probleme zu überwinden. Es darf jedoch nicht übersehen werden, daß diese Beihilfen zu Wettbewerbsverzerrungen führen können, die von der Kommission besonders aufmerksam verfolgt werden. Gleichzeitig ist das Entstehen einer regelrechten Mentalität des "Beihilfeempfängers" zu befürchten. Würde eine solche Haltung seitens der europäischen Industrie gefördert, wäre dies den verfolgten Zielen völlig abträglich. Die Verbreitung der fortgeschrittenen Fertigungstechnik und die Entwicklung der industriellen Automatisierung könnte dann von der Verfügbarkeit öffentlicher Mittel bestimmt werden, anstatt von den Kräften des Marktes. Es ist daher berechtigt, an der Wirksamkeit dieser Beihilfen zu zweifeln, zumal die Gefahr besteht, daß die direkten sektoralen Zuschüsse der Mitgliedstaaten die erforderliche Anpassung der Industrie eher hemmen als beschleunigen, indem sie überkommene Wirtschaftsstrukturen künstlich am Leben erhalten. Diese Anpassung hängt von der Konvergenz einer Reihe von Strukturveränderungen ab, die nur auf der Ebene der Unternehmen und der Arbeitnehmer, nicht aber des Staates, durchgeführt werden können.

Deshalb ist der Vorzug allgemeinen Maßnahmen, z.B. zur Unterstützung der Nachfrage seitens der KMB, zu geben, die den Beteiligten ihre Handlungsfreiheit belassen.

Selbst wenn die Beihilfeprogramme der Mitgliedstaaten einzeln betrachtet weit geringer sind, so ist der Umfang der Gesamtheit der in der Gemeinschaft gewährten Beihilfen im Vergleich zu den Vereinigten Staaten oder selbst Japan sehr auffallend. **Er vermittelt den Eindruck, daß die europäischen Anstrengungen nicht voll wirksam sind.** Die Abkapselung einzelner nationaler Bereiche in der Gemeinschaft sind sicher einer der Faktoren, die für diese Entwicklung verantwortlich sind: die Erfahrung zeigt, daß, wenn

einzelstaatliche Unterstützung für große Investitionsvorhaben gewährt wird, die beteiligten Unternehmen fast immer Unternehmen des betreffenden Mitgliedstaates oder Unternehmen aus Drittländern sind.

Es wäre daher angebracht Überlegungen über eine wirksame Unterstützung und die beste Möglichkeit zur Nutzung der europäischen Dimensionen anzustellen und zwar sowohl seitens der Unternehmen als auch der öffentlichen Hand. Vor allem wäre zu prüfen, wie weit es möglich ist die Einreichung gemeinsamer Projekte von Unternehmen aus verschiedenen Mitgliedstaaten zu fördern, um ihnen zu ermöglichen, die zerstreuten Kompetenzen zu bündeln und im Bereich der Finanzierung und der Organisation eine Größenordnung zu erreichen, die viel zu oft in Europa fehlt.

5. MENSCHLICHE RESSOURCEN

Die Einführung fortgeschrittener fertigungstechnischer Anlagen kann zu einer beträchtlichen Reduzierung der Beschäftigtenzahl in der Industrie und vor allem im verarbeitenden Gewerbe führen. Bisher waren die Auswirkungen der Automatisierung insgesamt relativ schwach. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß der Einsatz fortschrittlicher fertigungstechnischer Anlagen bisher punktuell erfolgte und ihre Integration in Gesamtsystemen relativ gering blieb. Alles spricht dafür, daß der Multiplikatoreffekt dieser Integration auf die Produktivität auch im Sinne einer Personalreduzierung wirken wird. Daher ist mit einer Beschleunigung von Entlassungen zu rechnen, wenn dieser Integrationsprozess wirklich angelaufen ist.

Hier ist festzustellen, daß die fortgeschrittene Fertigungstechnik vor allem in denjenigen Unternehmen als "job killer" wirken wird, die sie nicht anwenden und deren Marktanteile mit sinkender Wettbewerbsfähigkeit immer geringer werden.

Es wäre falsch anzunehmen, daß die industrielle Automatisierung notwendigerweise Massenarbeitslosigkeit nach sich zieht. In der Tat schafft die Herstellung fortgeschrittener fertigungstechnischer Anlagen selbst wiederum eine gewisse Zahl von Arbeitsplätzen, und bestimmte Aufgaben, vor allem im Bereich der Wartung, werden vom Industriesektor in den Dienstleistungssektor ausgelagert. Der wichtigste Faktor für die Schaffung neuer Arbeitsplätze dürfte jedoch die Expansionswirkung sein, die von den mit Hilfe der neuen Ausrüstungen erwirtschafteten Gewinnen ausgeht und die die gesamte Wirtschaft, aber vor allem den Dienstleistungssektor beleben wird.

Um die damit verbundene Umstellung der Arbeitnehmer abzusichern, ist eine umfangreiche Umwandlung der Qualifikationen und der sektoralen (und wahrscheinlich auch geographischen) Verteilung der Arbeitsplätze notwendig.

Diese Umwandlung der Qualifikationen auf allen Ebenen ist zweifellos eine der schwierigsten Aufgaben im Zusammenhang mit der Einführung der fortgeschrittenen Fertigungstechnik. Ihre Bewältigung erfordert umfangreiche Bemühungen im Bereich der Ausbildung und Berufsbildung in der gesamten Gemeinschaft. Bei bestimmten Berufen besteht bereits Mangel. Dies gilt insbesondere für Ingenieure und Techniker im Bereich der Maschinenbau-elektronik, wodurch sich Schwierigkeiten bei der Verbreitung der fortgeschrittenen Fertigungstechnik und der Erhaltung der europäischen Wettbe-

werbsfähigkeit ergeben können, insbesondere im Falle der KMP, die nicht über die Möglichkeit verfügen, interne Umschulungsprogramme durchzuführen. Damit fällt vor allem den Mitgliedstaaten und den lokalen Behörden die Aufgabe zu, die erforderlichen Aktionen in Gang zu setzen, doch kann die Kommission Kontakte und den Erfahrungsaustausch auf europäischer Ebene fördern und eine sehr nützliche stimulierende Rolle wahrnehmen. Insbesondere die von der Kommission vorgeschlagenen "partnership programmes"*) , entsprechen weitgehend dem ermittelten Bedarf im personellen Bereich, vor allem hinsichtlich des unerläßlichen multidisziplinären Charakter der Qualifikationen.

Den Sozialpartnern kommt eine wichtige Rolle zu, nicht nur im Bereich der Qualifikationen, sondern im Rahmen sämtlicher Umwandlungen, die die Automatisierung nach sich zieht, vor allem bei der **Organisation der Arbeit**, wo eine größere Flexibilität unerläßlich für die Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen ist. Ohne die auf der Ebene der Unternehmen und Mitgliedstaat unerläßliche Diskussion ersetzen zu wollen, **hat die Kommission die Absicht, ihre Rolle als Förderer und Katalysator im Dialog zwischen den Sozialpartnern auf europäischer Ebene voll zu spielen**

6. INFORMATION ÜBER DEN STAND DER INDUSTRIELLEN AUTOMATISIERUNG

Die Verbreitung der fortgeschrittenen Fertigungstechnik ist ein Problem, dessen Ausgangsdaten sich im ständigen Wandel befinden. Angesichts der Schwierigkeit kohärente und vergleichbare Daten zu erhalten und der Notwendigkeit, für alle Entscheidungsträger (Industrie und öffentliche Stellen) den jeweiligen Stand der Entwicklung zu kennen, **beabsichtigt die Kommission, einen Auftrag mit mehrjähriger Laufzeit an unabhängige Institute in verschiedenen Mitgliedstaaten zu erteilen, damit diese jährlich koordinierte Berichte auf der Grundlage einer gemeinsamen Methodologie über die fortgeschrittener Fertigungstechnik und den Stand der industriellen Automatisierung vorlegen.**

*) KOM(84)6 endg.: "Technologischer Wandel und soziale Veränderungen" und Dokument V/1523/84: "Die Zusammenarbeit zwischen Industrie und Hochschulen und der technologische Wandel: die Rolle bei der Gründung und Entwicklung der Unternehmen".

DIE FORTGESCHRITTENE FERTIGUNGSTECHNIK:
GEGENWÄRTIGE LAGE UND ZUKUNFTSAUSSICHTEN

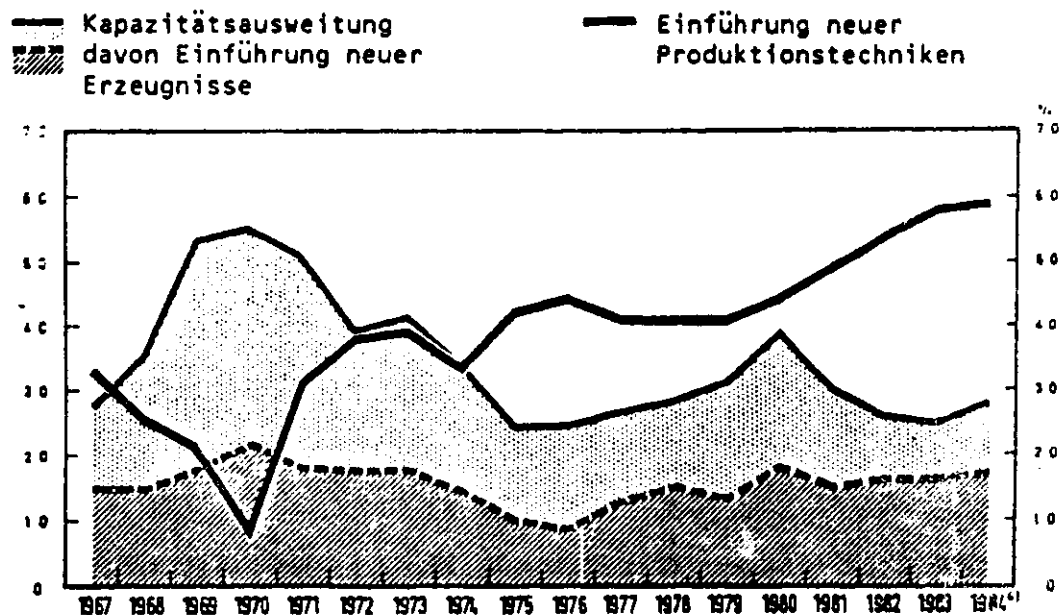
GEGENWÄRTIGE LAGE UND ZUKUNFTSAUSSICHTEN

Die Verbreitung fortgeschrittener Produktionsanlagen, die aus der Verschmelzung der Mechanik mit der Mikroelektronik hervorgingen, ist dabei, eine bedeutende industrielle Wandlung zu bewirken, die zum ersten Mal eine integrierte und gleichzeitig flexible Automation der Fertigungsverfahren gestattet.

Die Erstellung dieser Anlagen und vor allem ihre Integration in automatisierte Systeme gestattet es den deutschen Unternehmen, äußerst bedeutende Gewinne zu erzielen, und zwar nicht nur hinsichtlich der Produktivität, sondern auch im Bereich der Vorratshaltung und im Fabrikationsablauf, sowie in den schwierigen quantifizierbaren Bereichen wie dem der Qualität.

Beim Produktionsvorgang dieser Unternehmen liegt somit die wesentliche Wirkung der fortgeschrittenen Anlagen, wie das Beispiel der Bundesrepublik Deutschland in der nachstehenden Zeichnung verdeutlicht, aus der der spürbare Anstieg der Investitionen der deutschen Firmen im Bereich der neuen Produktionstechniken hervorgeht.

Investitionsausgaben der verarbeitenden Unternehmen in der BRD
Prozentsatz, gewichtet nach dem Umsatz der Unternehmen der Investitionen für:



Quelle: IFO

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt stehen die metallverformende und -bearbeitende Industrie wie die Luftfahrt- und Automobilindustrie im Zentrum dieser wahrhaftigen Revolution, die insbesondere die verarbeitenden Industrien berührt (die hier definiert werden als solche, die diskontinuierliche Produktionsverfahren anwenden (1) - ein Begriff, der die Klein- und Großserienfertigung umfaßt, wobei diese in etwa 60 % des industriellen Mehrwerts der Gemeinschaft ausmachen.

In der Tat handelt es sich hier um eine Revolution, weil man von einer Wirtschaftsstruktur auf den Grundlagen der Mechanik, also der Massenproduktion, der Einheitsprodukte und der begrenzten Autonomie und Intelligenz bei den einzelnen Verfahrensphasen zu einer Wirtschaftsform übergehen muß, die gekennzeichnet ist durch Flexibilität, schnelle Reaktion auf die Marktentwicklungen, Anpassungsfähigkeit der Erzeugnisse und kostengünstige, dezentrale Intelligenz beim Produktionsvorgang. Um aber dieses Ergebnis zu erreichen, genügt es nicht, lediglich die Elektronik auf die vorhandenen Anlagen aufzupropfen, sondern es muß eine echte Fusion der mechanischen und elektronischen Technologien erfolgen, was eine ganz neue Industriekultur voraussetzt, die von einem globalen, fachübergreifenden Vorgehen beim Produktionsproblem geprägt ist.

Dieser technologische Wandel erfordert eine grundlegende Änderung der Wirtschaftsbedingungen für den Betrieb der Unternehmen und die dortige Arbeitsorganisation. Neben der technischen Fähigkeit, die Produktionsprobleme zu lösen, kommt auch wirtschaftlichen und menschlichen Faktoren wesentliche Bedeutung zu.

Die fortgeschrittenen Produktionsanlagen umfassen fortgeschrittene Werkzeugmaschinen, Industrieroboter, flexible Zellen, Systeme und Förderstraßen, die Handhabung, der Transport und die automatische Kontrolle und Lagerung sowie die rechnerunterstützte Konstruktion und Fertigung, die örtlichen Kommunikationsnetze, sowie die Industrieinformatik in weitestem Sinne. Diese Realität läßt sich statistisch nur schwer erfassen, prüft man jedoch verschiedene Angaben (2), erhält man ein verhältnismäßig zusammenhängendes Bild der Gesamtsituation, wonach man sich ausrechnen kann, daß der heutige Gemeinschaftsmarkt für diese Anlagen, die für Serienfertigungen bestimmt sind, rund 8 Mrd ECU jährlich ausmachen dürfte. Dieser Markt nimmt rasch zu; zwar ist die Angabe einer Gesamtquote gewagt, doch spricht man häufig von Jahreszuwächsen zwischen 25 und 30 % oder gar mehr bei bestimmten Anlagen.

Die folgende Analyse ist in drei Abschnitte eingeteilt:

- A - Die Faktoren der Entwicklung der Technologie (einschließlich der Normung)
- B - Strukturelle und finanzielle Folgen für die Unternehmen
- C - Arbeitskräfte.

Diese Prüfung der Problematik stützt sich weitgehend auf den Inhalt der drei Anhänge. Anhang I enthält einen Überblick über die verschiedenen Typen fortgeschrittener Produktionsanlagen (für jeden Anlagentyp sind angegeben: Definition, Rendite, Verbreitungsgrad, Situation der europäischen Hersteller und Zukunftsaussichten bei der Nachfrage) und gelangt zu einer Gesamtschau der integrierten Automatisierung in der Fabrik der Zukunft. Anhang II versucht, ein detailliertes Schaubild der öffentlichen Interventionen in den vier größten Mitgliedstaaten der Gemeinschaft zu geben sowie in den Vereinigten Staaten und Japan. Schließlich enthält Anhang III die grundlegenden statistischen Tafeln und Graphiken.

A. DIE FAKTOREN DER ENTWICKLUNG DER TECHNOLOGIE

Aus Anhang I geht deutlich hervor, wie wichtig die technologischen Entwicklungen sind, und er zeigt, daß es Europa keineswegs an Know-how auf dem Gebiet der fortgeschrittenen Anlagen mangelt, wenn man häufig von einem technologischen Abstand zwischen Europa und den Vereinigten Staaten oder Japan spricht, sondern daß das Problem vor allem darin liegt, dieses Know-how im Wirtschafts- und Industrielieben umzusetzen.

(i) Wichtigste technologische Entwicklungslinien

Integration: Da sich durch die Integration der verschiedenen fortgeschrittenen Anlagen die Produktivität vervielfacht, kommt der Möglichkeit, sie untereinander durch kompatible Schnittstellen zu verbinden, wesentliche Bedeutung für den langfristigen Erfolg des Automatisierungsvorgangs zu. Zahlreiche europäische Unternehmen, die immer noch in der Phase der Annahme einzelner Anlagen stecken, haben die Bedeutung dieser Frage noch nicht ganz erkannt und die Integration noch nicht in Angriff genommen; Kompatibilitätsanforderungen werden jedoch mit der Verbreitung fortgeschrittener Betriebsmittel immer wichtiger. Heute haben vor allem die großen Anwender ein geschärftes Problembewußtsein, weshalb es nicht verwunderlich ist, daß General Motors in den vergangenen Jahren hier die ausgeprägteste Initiative ergriffen hat.

Nachdem GM festgestellt hatte, daß nur 15 % der dort vorhandenen 40.000 programmierbaren Geräte außerhalb ihres eigenen Verfahrensbereichs in Kommunikation treten können und daß 30 bis 50 % der Kosten der gesamten zusätzlichen Automatisierung unmittelbar mit der Kompatibilität der Anlagen zusammenhängen, beschloß die Firma, ihren Lieferanten für fortgeschrittene Anlagen die Einhaltung einer Reihe von Schnittstellennormen sowohl für Software als auch für Hardware vorzuschreiben, die die Bezeichnung MAP (Manufacturing Automation Protocol) tragen. Die Normen werden von GM in Zusammenarbeit mit sieben seiner wichtigsten Lieferanten, darunter IBM, DEC und Hewlett-Packard, entwickelt.

Modularer Aufbau: Die aktuelle oder potentielle Bedeutung des modularen Aufbaus für die Kostensenkung wurde im Anhang I mehrmals hervorgehoben. Der Grundsatz des modularen Aufbaus ist eine nahezu universelle Anwendung im Bereich der fortgeschrittenen Anlagen, entweder bei der Software für CAD, den einzelnen Teilen eines FFS oder den funktionalen Bestandteilen einer Werkzeugmaschine oder eines Roboters, die gleichzeitig unauflösbar mit der Normung verbunden sind, mit der sich die erforderlichen Produktionsgrößen erreichen lassen. Eine interessante Parallele sind hier die Hi-Fi-Geräte; noch vor einigen Jahren konnte man ein einziges kombiniertes Gerät mit sämtlichen Funktionen kaufen. Mit der Entwicklung der komplexeren Technologien kam die Modularisierung voll zum Tragen; heute kauft man sich ohne weiters einen Tuner, einen Verstärker, einen Plattenspieler und ein Kassettendeck verschiedener Marken, die somit verschiedene Module darstellen, die sich untereinander verbinden lassen. Der modulare Aufbau geht also auch mit einer Spezialisierung einher. Schließlich ist hervorzuheben, daß durch die Definition der Module die Schnittstellen zwischen den verschiedenen Modulen und somit das Niveau, auf dem die Kompatibilität zu gewährleisten ist, festgelegt werden.

Zuverlässigkeit: Eines der unmittelbar spürbaren Probleme beim Aufbau immer komplizierterer und stärker integrierter Anlagen ist die Zuverlässigkeit, die natürlich unerläßlich ist, damit die Maschinen ununterbrochen über längere Zeit funktionieren können. Für Werkzeugmaschinen liegt die Einsatzquote herkömmlicher Maschinen bei rund 60 %, während bei automatisierten Systemen diese Quote eher 80 bis 90 % erreicht. Somit ist die Konzeption der Maschinen, die in ein System einzubauen sind, grundsätzlich zu überprüfen. Andererseits werden diese Maschinen immer mehr mit Instrumenten zur Messung des Werkzeugverschleißes ausgestattet, um Pannen zu diagnostizieren und auch vorherzusagen, indem Fehlfunktionen gemeldet werden, bevor sie zum Stillstand des Systems führen. Dies ist deshalb besonders

wichtig, weil es für einen Techniker weitaus schwieriger ist, eine Panne in einem komplizierten System als in einer einzelnen Maschine ausfindig zu machen. (Außerdem fragt sich, ob immer qualifizierte Techniker vorhanden sind - siehe den Abschnitt über die Arbeitskräfte). Heutzutage sind die Probleme der Zuverlässigkeit der Hardware und der Software möglicherweise das größte Hindernis für die Rentabilität komplexer Systeme und haben somit abschreckende Wirkung auf potentielle Käufer.

Intelligenz: Der Begriff "Intelligenz" findet vor allem im Bereich der Robotertechnik Anwendung. der JIRA (Verband der japanischen Roboterhersteller) geht davon aus, daß die intelligenten Roboter mit Sensoren und Erkennungsmöglichkeiten, die 1979 etwa 9 % des Wertes der japanischen Roboterproduktion ausmachten, 1990 rund 23 % erreichen werden. Gleichzeitig schätzte die Financial Times 1982, daß dieser Prozentsatz ⁽⁺⁾ in Westeuropa etwa 11 % erreichen dürfte, während 1981 keine nennenswerte Menge vorhanden war. Die Intelligenz dieser Roboter besteht in der Anlage von Sicht- bzw. Fühlsensoren und der Entwicklung hochkomplizierter Software, mit der der Roboter sein Verhalten je nach den von seinen Sensoren übermittelten Informationen verändern kann. Die ständige Verbesserung der Sicht des Roboters im Zuge des technologischen Fortschritts bedeutet, daß die Sehsensoren besonders rasch entwickelt werden dürften; man schätzt ⁽⁺⁺⁾, daß 1984 weniger als 5 % der Roboter damit ausgestattet waren, ⁽⁺⁺⁺⁾ dieser Prozentsatz jedoch bereits 1985 10 % übersteigen dürfte. Der Weltmarkt für sehfähige Maschinen dürfte von 800 Einheiten 1984 auf 7.000 Einheiten 1990 und auf 14.000 Einheiten im Jahre 1992 steigen. Bei den Kosten wird sich dies in einem erheblichen Anstieg der Software und der hochentwickelten Elektronik (Sensoren) gegenüber den herkömmlichen Elementen im mechanischen Teil niederschlagen, wie aus den nachstehenden Tabellen hervorgeht:

	1980	1985	1990
% der Roboter Anlagen (alle Industrien)	%	%	%
ausgerüstet mit			
- Erkennungsorganen - 2D	2	20	30
- 3D	0	1	10
- Sichtorganen	1	10	25
- Tastorganen	2	10	20
% der Roboter Anlagen, fähig eine Entscheidungsstrategie zu bestimmen	5	10	20
Kontrollsysteme der Roboter	1980	1983	1990
	%	%	%
- ohne Rechner	60	28	12
- mit Minirechner	20	33	38
- mit Mikro-Prozessor	20	39	50

Quelle: Delphi Studie. SME. University of Michigan 1982.

Diese Beschreibung bezieht sich zwar auf die Robotertechnik, doch kommen diese Entwicklungen selbstverständlich sämtlichen automatischen Produktionssystemen durch den zunehmenden Anteil der Intelligenz zugute.

(+) Die Prozentsätze sind nicht vollständig vergleichbar, da sie in Japan von einer weiteren Definition der Roboter ausgehen (s. Anhang II).

(++) Usine Nouvelle, 28.6.1984

(+++ Science et techniques, Februar 1984

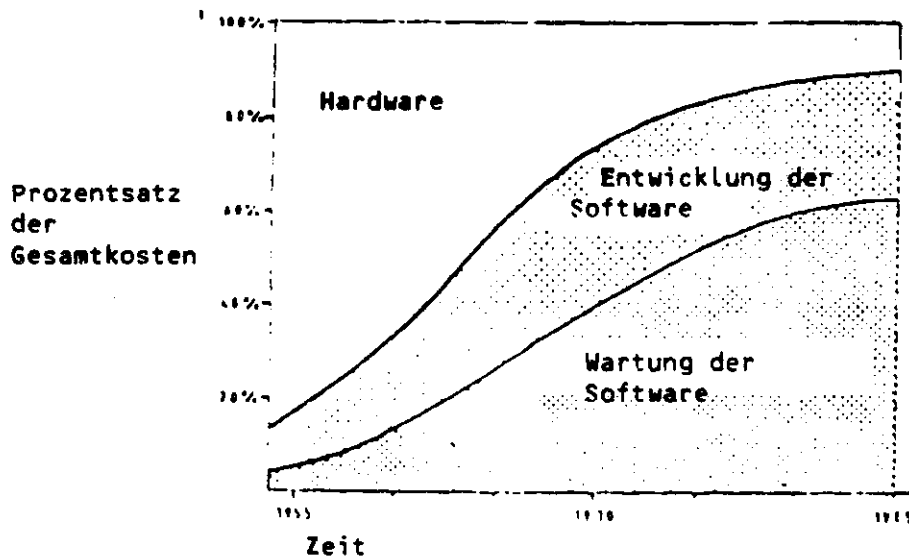
Flexibilität: Auf allen Ebenen erreichen die Betriebsmittel mehr Flexibilität und universelle Einsetzbarkeit. Ein Beispiel dafür ist das von Citroën im Werk Meudon 1983 zur Herstellung von Prototypen mechanischer Teile entwickelte FFS. Dabei werden zahlreiche verschiedene Teile in sehr kurzen Serien bearbeitet. In den meisten Fällen muß jedes Teil anders bearbeitet werden und erfordert somit zahlreiche verschiedene Werkzeuge, wobei die Zahl der Werkzeuge schneller als die der Teile steigt, weil bei Bruch Austauschwerkzeuge bereitzuhalten sind. In diesem System werden 700 Werkzeuge verwendet, davon 600 in einem von Citroën speziell aufgelegten Hilfsmagazin, das an die Bearbeitungszentren über selbstfahrende Fahrzeuge angeschlossen ist, die auch den Transport der Teile zwischen den einzelnen Maschinen übernehmen. Der Suche nach Flexibilität - übrigens sollen FFS mit etwa 1.000 Werkzeugen im Entwurfsstadium stehen - erfordert eine zunehmende Kompliziertheit der Software und vielleicht vor allem der Hardware und der Werkzeugausrüstung, wodurch die Probleme der Zuverlässigkeit und somit der Gefahr des Stillstandes steigen (die Rentabilität hängt von diesen Faktoren ab). In diesem Zusammenhang dürfte der Einsatz eines Laser zur Bearbeitung eine sehr vielversprechende Lösung bieten, da der Laser zahlreiche Bearbeitungsfunktionen übernehmen kann. Auch dem MITI ist diese Möglichkeit nicht entgangen, da es ein sehr umfangreiches FuE-Vorhaben mit gleichzeitiger Demonstration mit dem "Flexible Manufacturing Complex with Laser" in Tsukuba aufgebaut hat. Dieses Vorhaben, welches während 1984 und Anfang 1985 einer Bewährung bezüglich Bewertung, Versuch und Test durch die teilnehmenden Gruppen unterzogen wurde und das derzeit zum Einsatz kommt, besteht aus einem hochentwickelten FFS, das um einen CO₂-Laser mit 20 kW herumgebaut ist und vor allem am Ende des Verfahrens die automatische Inspektion der gefertigten Teile enthält.

Autonomie: Die Kombination der beschriebenen Verbesserungen sollte zu einer größeren Autonomie der Anlagen führen, die dann über lange Zeiträume mit einem Mindestaufwand an menschlicher Wartung funktionieren können.

Entwicklung der Software und der Fähigkeit zur Datenverarbeitung: Sowohl bei der Prüfung der einzelnen Anlagentypen als auch beim Entwurf der wichtigsten technologischen Entwicklungslinien zeigte sich immer wieder, daß die Software sich weiterentwickeln und immer komplizierter werden muß und somit einen wesentlichen Anteil an den Gesamtkosten der Automatisierung übernimmt.

Dies ist in der nachstehenden Zeichnung dargestellt, die die Entwicklung der Kosten für eine numerische Steuerung einer Werkzeugmaschine darstellt.

*) Nach Financial Times vom 12.1.1984



Quelle: Koch-Systematisches Softwareengineering für Microcomputer - Elektronik Sonderausgabe Nr. 53.

Parallel dazu sind umfangreiche Kapazitäten zur Informationsverarbeitung in Form von leistungsfähigeren Rechnern und Mikrorechnern (bei gleichen Kosten) bereitzuhalten, was durchaus in der Tendenz der heutigen Entwicklung liegen dürfte. Auch wenn Europa bei der Informatik-hardware kein großes Wort mitredet; verfügt es doch grundsätzlich über echtes Know-how bei der Software.

Gesamtüberblick: In zahlreichen Fällen gibt es zumindest experimentelle Lösungen für viele der hier angesprochenen Probleme; vor allem geht es darum, sie auf Industriemaßstab über eine Kostensenkung anwendbar zu machen. Damit konnte das OTA vor kurzem eine Untersuchung seiner Vorausschätzungen über Lösungen für eine Reihe technischer Probleme im Zusammenhang mit der Automatisierung vorlegen, die der nachstehenden Tabelle zu entnehmen sind.

(+) Office of Technology Assessment des Amerikanischen Kongresses.

Programmierbare Automatisierung: Einige Projektionen zur Lösung der
Schlüsselprobleme

	Heute (1984)	1985-1986	1987-1990	1991-2000	nach 2000
1) Leistungsfähige, kostengünstige Datengeräte mit Mikrorechnern für a) elektronischen Entwurf b) mechanischen Entwurf	▲	● ▲	■ ●	■	
2) 3-D-Vision in strukturierter Umgebung, ausgelegt zur Vereinfachung der Sicht	▲ ●		■		
3) 3-D-Vision in komplexer, unstrukturierter Umgebung			▲	●	■
4) FFS für (b) a) Herstellung zylindrischer Teile b) Metallverformung c) mechanische 3-D-Montage d) elektronische Montage	▲ ● ▲ ● ▲ ▲ ●		■	■ ■ ● ■	
5) Normung der Schnittstellen für eine breite Skala computerisierter Geräte in einer integrierten Fabrik			▲	●	■
6) Computerisierte Fabriken, die regelmässig mit wenigen Personen zur Betriebsführung und zur Konzipierung funktionieren.					▲

a) Datenendgeräte mit Mikrorechnern befinden sich bereits auf dem Markt, sind jedoch nach Ansicht der von OTA befragten technischen Sachverständigen nicht ausreichend leistungsfähig und kostengünstig, um weitgehende Anwendung.

b) Fast sämtliche heute betriebenen FFS dienen zur Bearbeitung prismatischer Teile (etwa Motorblöcke).

- ▲ Lösung im Labor
- Erste kommerzielle Anwendungen
- Übliche, leicht zugängliche Lösung (für die ein Mindestmass an besonderen Anpassungen für den Kunden erforderlich ist).

Quelle: OTA

(ii) Normung

Die Normung für fortgeschrittene Produktionsanlagen zeigt besondere Aspekte. Es handelt sich um die Normung der Kompatibilität, die häufig an den Grenzen der technologischen Kenntnisse mit ihrer raschen Entwicklung liegt. Die Normungsarbeiten im herkömmlichen Werkzeugmaschinen Sektor haben sich bereits grundlegend verändert, als die numerisch gesteuerten Geräte auftauchten. Die künftig auf uns zukommenden Veränderungen bei der Normung der stark fortgeschrittenen Produktionsanlagen sind gegenüber den bisherigen Änderungen äußerst radikal. Die Schwierigkeiten im Bereich der Normung sind darauf zurückzuführen, daß die entsprechenden Arbeiten auf zwei verschiedenen Ebenen ansetzen müssen:

- a) Entwicklung einer Systemarchitektur, die es ermöglicht, die verschiedenen Kommunikationsebenen zwischen sehr komplexen Komponenten und Teil-Komponenten einzubeziehen, da sonst die Gefahr unterschiedlicher Schnittstellen besteht.
- b) Ausarbeitung detaillierter Normen und technischer Spezifikationen, die einen interaktiven Betrieb der Systeme ermöglichen, ohne daß bei jeder Anwendung neue Anpassungen erforderlich sind.

Die Normung auf diesem Gebiet schließt die neuen Informationstechnologien ein, und die Kommission hat bereits die besonderen Aspekte dieser Sektoren und ihre strategische Bedeutung hervorgehoben (vgl. Dok. SEK(84)796). Zunächst einmal handelt es sich um die neuen Informationstechnologien; die Kommission hat bereits die besonderen Aspekte dieser Sektoren und ihre strategische Bedeutung hervorgehoben (siehe Dok. SEK(84) 796) . Ohne die bisherige genaue Analyse noch einmal wiederholen zu wollen, sollen doch einige Schlüsselfragen im Zusammenhang mit der Normung im Sektor fortgeschrittener Produktionsanlagen hervorgehoben werden:

Modular-Normung: Hier ist festzulegen, auf welcher Ebene die Normung erfolgen soll. Nach der bisherigen Analyse müßte sie bei den einzelnen, die fortgeschrittenen Anlagen bildenden Modulen erfolgen, und nicht nur bei den Schnittstellen zwischen den einzelnen Anlagen. Es ist gut vorstellbar, daß sich langfristig einige Hersteller auf die Herstellung bestimmter Module spezialisieren, anstatt etwa vollständige Roboter herzustellen, da doch sehr unterschiedliche Technologien mitspielen und die Kosten durch die Spezialisierung stark sinken können.

Notwendige Übereinstimmung: Zum erfolgreichen Abschluß des Normungsvorgangs muß eine Übereinstimmung zwischen den einzelnen teilnehmenden Parteien vorhanden sein (Hersteller und Anwender). Zwar hat die Elektronikindustrie endlich die Bedeutung der Normung der Kompatibilität der Anlagen erkannt, doch ist immer noch nicht sicher, ob die europäische Maschinenbauindustrie, die auch weitgehend im Bereich fortgeschrittener Anlagen mitarbeitet, sich wirklich des Umfangs der Probleme bewußt und bereit ist, die nötigen Anstrengungen zu unternehmen.

Überprüfung der Normen: Die Überprüfung und die Bescheinigung dürften große materielle Probleme aufwerfen. Hier sei noch einmal an die umfangreiche Maßnahme des National Bureau of Standards der Vereinigten Staaten erinnert, mit dem ein automatisches System (AMRF - Automated Manufacturing Research Facility) als Prüfstand für die Normen eingerichtet wurde.

Ferner ist die Größenordnung der Probleme im Zusammenhang mit der Normung neuer Produktionsmittel zu berücksichtigen. Der Einsatz neuer Produktionsmittel erfordert die Entwicklung zusammenhängender Software, die den Betriebssystemen (operating systems) der Rechner vergleichbar, jedoch weitaus komplizierter ist. Dieses System muß in Echtzeit arbeiten und außerordentlich zuverlässig sein. Es ist vollständig dezentralisiert, die von ihm verwalteten Peripherien sind selbst äußerst empfindliche Systeme, und das Ganze muß sich in den industriellen Herstel-

lungsvorgang einfügen, an dem auch der Mensch nicht unbeteiligt ist, wobei auch ein Umfeld zu berücksichtigen ist, das sich nicht hundertprozentig automatisieren läßt.

Aus zahlreichen Beispielen geht hervor, daß die Fortschritte in diesem Sektor stark von den Verbindungen zwischen den Industriezweigen abhängen, die diese Betriebsmittel erzeugen oder anwenden. Die Unterschiede zwischen Anwendern und Herstellern verwischen sich heute jedoch; das Innovationstempo, Fragen des gewerblichen Eigentums an neuen Software-Erzeugnissen und Schaltdiagrammen sind Faktoren, die zu Aktionen der technischen Harmonisierung führen können, die es zu fördern gilt, damit sie über das Konsens- und Enquêteverfahren in den europäischen Normungsprozess einmünden können.

Die Normung darf sich nicht auf die elektronischen und Software-Aspekte beschränken, sondern muß gleichzeitig auch die mechanischen Aspekte der einzelnen Schnittstellen zu berücksichtigen.

Angesichts dieser Lage müssen die europäischen Unternehmer ihre Strategie unter Berücksichtigung der zahlreichen Verbindungen festlegen, die weltweit zwischen den Herstellungszyklen bestehen (etwa in der Automobilindustrie). Werden die Normungsfragen in diesem Sektor nicht rasch angegangen, sinken die Chancen für eine gemeinsame Lösung, und es bleibt keine Wahlmöglichkeit. Die Schwierigkeiten der Bewußtmachung in einer auf schweres Gerät ausgerichteten Industrie dürfen nicht unterschätzt werden, während gleichzeitig die Zukunft nach den neuen Softwareentwicklungen und der Architektur von Verbundsystemen zu beurteilen ist.

(iii) Forschung und Entwicklung

Das Programm ESPRIT enthält einen Abschnitt über die computerintegrierte Fertigung zur Definition der Grundsätze und wichtigsten Vorschriften zum Entwurf integrierter Herstellungssysteme sowie zur Entwicklung von Systemarchitekturen, mit denen sich die Anwender der computerintegrierten Fertigung nach eigenem Tempo und Bedarf anpassen können, wobei sichergestellt wird, daß das Entwicklungsprogramm sowohl für Groß- als auch Kleinserienproduktionen gilt. Erwähnenswert unter den besonderen Zielen des Programms ESPRIT sind die Systemarchitektur, CAD-CAE, CAL, Maschinensteuerungssysteme sowie Teilsysteme und Bauteile (einschließlich Sensoren).

Außerdem sollen mit Hilfe einer vorbereitenden Untersuchung im Rahmen von ESPRIT Pilotvorhaben durchgeführt werden, um die europäischen FuE-Bemühungen schwerpunktmäßig zu erfassen und gleichzeitig als Ausbildungs- und Demonstrationsprojekte zu dienen.

Das Programm ESPRIT tritt in seine Betriebsphase ein; angesichts des hier aufgezeigten Umfangs der Software ist eine mangelhafte Reaktion auf die Angebotsausschreibungen im Rahmen von ESPRIT in diesem Bereich festzustellen (die Softwaretechnologien sind ebenso wie die computerintegrierte Fertigung einer der fünf vorrangigen Aspekte des Programms), woraus sich ergibt, daß die europäische Industrie offensichtlich immer noch nicht die Bedeutung voll erkannt hat.

ESPRIT konzentriert sich zwar auf die vorwettbewerbsmäßige Forschung, doch hat die Prüfung der wichtigsten Entwicklungslinien in der Technologie auch die Bedeutung der angewandten FuE gezeigt, wo der Verbindung zwischen Industrie und Forschung wesentliche Geltung zukommt.

Auf diese Verbindung konzentriert ist das Programm BRITE, das im Dezember vom Rat grundsätzlich gebilligt wurde und sich mit zahlreichen Schlüsselfragen befaßt, die bei der Prüfung der technologischen Leitlinien hervorgehoben wurden:

- Zuverlässigkeit, Verschleiß und Abnutzung von Werkstoffen, Bauteilen und montierten Erzeugnissen
- Laser-Technologie und andere neue Metallverformungsmethoden
- neue Prüfverfahren einschließlich der rechnerunterstützten Kontrolle im Herstellungsverfahren
- CAD/CAL und mathematische Modelle.

In diesem Programm sind außerdem Pilot- und Demonstrationsvorhaben vorgesehen, und zwar über die automatisierte Handhabung flexibler Materialien und daraus hergestellter Artikel, ihre automatisierte Verbindung und ihr Zusammenfügen zu Fertigerzeugnissen sowie die Integration dieser und anderer Technologien im Hinblick auf eine flexible und sequentielle automatisierte Fertigung. Derartige Vorhaben interessieren vor allem die Bekleidungsindustrie.

Parallel dazu bestehen eine Reihe nationaler Programme, die sich direkt oder indirekt auf den Bereich der fortgeschrittenen Anlagen auswirken, wie z.B. das Programm Fertigungstechnik in Deutschland, das Programm Alvey im Vereinigten Königreich, das Programm Produktik in Frankreich, das Programm Mechanische Technologie in Italien oder auch das Programm FLAIR in Holland. Trotz des oft bedeutenden Finanzaufkommens der nationalen Programme bleiben ESPRIT und BRITE von Bedeutung im Bereich der vorwettbewerblichen FuE sowie durch die Anzahl der Beteiligten, die im Rahmen der gemeinschaftlichen Vorhaben zur Zusammenarbeit veranlaßt werden.

In der Gemeinschaft gibt es sehr viele Institute, Universitäten und andere Organisationen, die auf dem Gebiet der fortgeschrittenen Produktionsmittel FuE betreiben. Man kann sich jedoch fragen, ob die Verzettlung dieser Arbeiten und der Mangel an Koordination auf europäischer Ebene nicht dazu führen, daß das bestehende erhebliche Potential nur unzureichend genutzt wird.

B. Strukturelle und finanzielle Folgen für die Unternehmen

Die Faktoren der technologischen Entwicklung haben sicher wesentliche Bedeutung für die Automatisierungsprozesse, doch ist festzustellen, daß sich die Hersteller und die Anwender mehr um kurzfristige Probleme kümmern, wie aus den Tabellen 1A und 1B in Anhang III hervorgeht, wo die technologischen Probleme weit hinter wirtschaftlichen Fragen und der Suche nach qualifiziertem Personal im Zusammenhang mit der Mikroelektronik liegen.

Die finanziellen Aspekte stehen durchaus im Mittelpunkt der Sicht der Unternehmen, doch zeigt die Analyse in Anhang I zur Frage der Wirtschaftsprobleme deutlich eine Reihe von Elementen, die zunächst im Überblick darzustellen wären, bevor systematisch nach den strukturellen und finanziellen Folgen geforscht wird.

Zunächst kann heute schon die Aufstellung fortgeschrittener Anlagen in Form von Maschinen oder von Systemen die Rentabilität der Unternehmen spürbar verbessern, auch wenn die technischen Produktivitätskoeffizienten mit Vorsicht zu behandeln sind. Derzeit haben die kompliziertesten FFS-Anlagen häufig nur eine geringe Rentabilität, doch darf man nicht vergessen, welche Dynamik in der Kostensenkung der technologische Fortschritt darstellt und welche oft lebenswichtige Bedeutung, häufig in Zahlen gar nicht ausdrückbar, die Verringerung der Entwurfsfristen für Herstellung und Lieferung durch die Verwendung dieser Anlagen haben. Allerdings sind diese Verbesserungen nur um den Preis einer weitaus höheren Anfangsinvestition als bei herkömmlichen Anlagen zu haben.

Diese hohe Anfangsinvestition gilt nicht nur für die Anwender, sondern auch für die Lieferanten fortgeschrittener Anlagen, die umfangreiche Forschungs- und vor allem Entwicklungsbemühungen tätigen müssen, um diese Anlagen zu entwickeln und gleichzeitig ihre eigenen Produktionsmethoden zu modernisieren haben, um im internationalen Wettbewerb vor allem zur Erreichung der Modulnormung der Betriebsmittel mithalten zu können.

Dieses modulare Vorgehen, das für alle fortgeschrittenen Anlagen gilt, kann im Zusammenhang mit Lerneffekten eine unglaubliche Verringerung der Produktionskosten bewirken, sobald der Markt eine bestimmte Größe erreicht. Daher darf man sich nicht auf die Betrachtung des einzelstaatlichen oder des europäischen Marktes beschränken, sondern muß in der Größenordnung des Weltmarktes denken. Bekanntlich ist ein Großteil der europäischen Produktion aufgesplittet, weil sie zu stark auf den einzelnen Markt konzentriert ist.

In vielen Fällen bleibt die Lage der europäischen Lieferanten fortgeschrittener Anlagen also labil. Häufig ist die Ursache dieser Labilität nicht in einem fehlenden Know-how, sondern vielmehr in einer Anpassungsschwierigkeit an neue wirtschaftliche Umgebungen zu suchen, die durch die Mikroelektronikrevolution entstehen, und wo die Maschinenbauindustrie offensichtlich die größten Schwierigkeiten hat.

Demgegenüber ist bei der Verbreitung fortgeschrittener Anlagen und außer im Falle der CAD, wo weiterhin ein deutlicher Rückstand besteht, festzustellen, daß Europa im Vergleich zu den USA und Japan seit Beginn dieses Jahrzehnts schon stark aufgeholt hat, was zum Teil auf öffentliche Anreize zurückzuführen ist und sich besonders deutlich bei Industrierobotern und komplexen FFS-Systemen zeigt, wo die

in Europa installierte Basis bereits diejenige der USA überschreitet; Japan hat insgesamt weiterhin einen gewissen Vorsprung. Grundsätzlich erwartet man eine dauerhafte, wesentliche Zunahme der Nachfrage nach verschiedenen Typen fortgeschrittener Anlagen bis mindestens Ende dieses Jahrzehnts.

(i) Finanzielle Aspekte

Meistens sehen die europäischen Unternehmen Investitionen in fortgeschrittene Anlagen vor allem im Sinne einer Kostensenkung, während ihre amerikanischen und japanischen Wettbewerber mehr die Vorteile der Flexibilität beim Kundendienst, in der Verbesserung des Erzeugnisses usw. sehen. Dieser Unterschied in der Betrachtungsweise gibt die meist defensive Position der europäischen Industrie gegenüber diesen neuen Technologien wieder und zeigt gleichzeitig, daß sie noch immer nicht vollständig die Vorteile erfaßt hat, die die fortgeschrittenen Anlagen und vor allem die integrierte Automatisierung bieten.

Investitionen im Sinne der Automatisierung unterscheiden sich erheblich von herkömmlichen Investitionen, weil es sich um eine Entscheidung mit strategischer Neuausrichtung der Tätigkeiten und der Strukturen des Unternehmens handelt. Hier lassen sich zahlreiche materiell fixierbare Gewinne aufzählen:

- Verbesserung der Produktivität der Maschinen und der Arbeitskräfte
- Verringerung der Herstellungsumläufe und der Lagerhaltung
- Senkung des Materialverbrauchs durch Senkung der Abfälle
- Verringerung der Ausfälle
- Beseitigung kostspieliger Prototypen.

Daneben gibt es auch noch zahlreiche Vorteile, die sich finanziell allerdings schwer belegen lassen:

- Verbesserung der Qualität und der Leistungsfähigkeit des Erzeugnisses durch bessere Konzipierung, bessere Herstellungsverläufe und Verringerung menschlicher Fehler
- häufig spektakuläre Senkung der Fristen für den Entwurf eines neuen Erzeugnisses
- ebenso spektakuläre Senkung der Herstellungsfristen
- Verbesserung der Beziehungen zu den Kunden sowie beispielsweise mögliche Beseitigung der verspäteten Lieferungen.

Es ist zu befürchten, daß bei den Beurteilungsmethoden für Investitionen in zahlreichen Unternehmen die doch zahlenmäßig erfaßbaren Vorteile durch die Verringerung des Lagerbestandes gar nicht berücksichtigt werden, während gerade dort die entscheidenden Gewinne zu machen sind, während die Berücksichtigung der anderen, schwierig zu beurteilenden Vorteile noch Probleme aufwirft.

Andererseits spielt die durch den Benutzer allmählich gewonnene Erfahrung bei den Vorteilen durch die Automatisierung auch eine Rolle, wodurch im Gegensatz zu herkömmlichen Investitionen der Wirkungsgrad fortgeschrittener Anlagen sich mit der Zeit allmählich verbessern dürfte.

Dennoch wirft die Investition in fortgeschrittene Anlagen zahlreiche Probleme auf:

- der Erwerb fortgeschrittener Anlagen erfordert ein bedeutendes Startkapital, z.B. für eine numerisch gesteuerte im Vergleich zu einer traditionellen Werkzeugmaschine (Anhang I). Selbst wenn der Ertrag des investierten Kapitals global gesehen höher ist, so kann dennoch der notwendige Einsatz eines bedeutenden Startkapitals echte Probleme aufwerfen, insbesondere hinsichtlich des Kapitalflusses bei kleinen Unternehmen.

- Die herkömmlichen Bewertungsmethoden der Rendite einer Investition sind nicht mehr vollständig gültig, weil nicht meßbare Vorteile bestehen, die jedoch mit dem Grad der Automatisierung steigen.
- Noch komplizierter wird die Frage dadurch, daß die einzelnen Anlagentypen und -systeme unterschiedliche Rentabilität aufweisen.
- Für diese Investitionen ist eine langfristige wirtschaftliche Sicht erforderlich, die in Europa nicht an der Tagesordnung ist, da die fortgeschrittenen Anlagen einen Integrationsfaktor aufweisen und der Lerneffekt bedeutend ist (zunehmende Rendite während der Lernphase).

Dadurch entstehen zahlreiche Hindernisse für die kleineren europäischen Unternehmen. Bei den Eigenmitteln sieht sich die europäische Industrie meistens nicht in einer günstigen Lage gegenüber den japanischen oder amerikanischen Firmen. Der Zugang zu den Kapitalmärkten ist, ohne Berücksichtigung besonderer Probleme in einzelnen Mitgliedstaaten, verbunden mit den Problemen der Kriterien der Finanzbewertung, insbesondere was die langfristige Bedeutung dieser Investitionen angeht.

Der Einsatz separat verwendeter fortgeschrittener Anlagen oder von einfachen flexiblen Zellen ist heute durchaus rentabel, auch wenn diese grundlegende Automatisierungsform noch finanzielle Hindernisse antrifft, wie dies eine vor kurzem durchgeführte Erhebung (*) über die Investitionen der Klein- und Mittelbetriebe in Italien schlagartig deutlich macht, bei der die geplanten Investitionen dieser Unternehmen für die kommenden fünf Jahre mit denen verglichen werden, die ideal für sie wären; allgemein würde im Idealfall der Automatisierungsgrad (Einsatz fortgeschrittener Werkzeugmaschinen und flexibler Zellen) praktisch verdoppelt.

Schließlich sind da noch die staatlichen Beihilfen, die nach Anhang II in verschiedenen Formen in den meisten Industriestaaten vorhanden sind. Dienen diese Beihilfen direkt oder indirekt der Investitionsfinanzierung für fortgeschrittene Anlagen, so kann man davon ausgehen, daß sie günstigenfalls den strategischen Charakter des Investitionsvorhaben und die nicht erfaßbaren Vorteile berücksichtigen. Durch Verschiebung der Rentabilitätsschwellen begünstigen sie außerdem den Einsatz komplexerer Anlagen und Systeme, die heute unbedingt erlernt werden müssen, um noch kompliziertere, noch integriertere Technologien von morgen beherrschen zu können. Gleichzeitig ist zu beachten, daß diese direkten Subventionen für Investitionen vorsichtig zu handhaben sind: es besteht nicht nur die offensichtliche Gefahr der Wettbewerbsverzerrung und aller daraus folgender Konsequenzen, sondern auch die Gefahr einer künstlichen Begünstigung bestimmter Investitionen oder bestimmter Anlagen, ohne daß die notwendige Umgebung und die Grundbedingungen geschaffen werden, die für einen guten Abschluß des Automatisierungsvorgangs wesentlich sind. Dieser Vorgang hängt, wie die nachstehende Analyse zeigt, vom Zusammentreffen mehrerer struktureller Wandlungen in den Unternehmen ab, die durch die direkten Eingriffe des Staates eher gebremst als beschleunigt werden, weil sie häufig zur Beibehaltung der bestehenden, aber nicht lebensfähigen Industriestrukturen beitragen.

(*) Boston Consulting Group.

Noch eine Bemerkung zur Wirksamkeit der Beihilfen. Ein echter internationaler Vergleich der Beihilfen wirft zwar fast unüberwindbare Schwierigkeiten auf, doch zeigt eine eingehende Prüfung der verschiedenen einzelstaatlichen Systeme (s. Anhang II) ein rasches Aufblähen der Hilfsprogramme in den verschiedenen europäischen Ländern. Wenn auch die nationalen Programme der Mitgliedstaaten jeweils für sich betrachtet weit hinter diejenigen Japans und der Vereinigten Staaten zurückbleiben, so scheinen sie in ihrer Gesamtheit durchaus mit den letzteren vergleichbar. Gleichzeitig kann man sich des Eindrucks einer gewissen Unordnung angesichts der verschiedenen europäischen Programme im Vergleich zu denen der Vereinigten Staaten und vor allem Japans nicht erwehren. Die USA gewähren Beihilfen vor allem für militärische oder Raumfahrtziele, was einen Nutzen für den Zivilbereich durchaus nicht ausschließt, während die Unterstützungsmaßnahmen in Japan im Rahmen konsequenter industrieller Ziele durchorganisiert sind und zu einer Politik gehören, die die wichtigsten beteiligten Firmen mit einbezieht und sämtliche Aspekte dieses Problemkreises erfaßt. Ein beredtes Beispiel ist die Robotertechnik, wo das MITI zusammenhängende Maßnahmen und Aktionen ausarbeitet, um sowohl die Produktion als auch die Nachfrage zu fördern. Auf der Produktionsseite lassen sich erwähnen: zinsgünstige Darlehen für die Entwicklung von Robotern, Einrichtung der JIRA (Vereinigung der Roboterfabrikanten) unter Federführung des MITI, Finanzierung eines Forschungsprogramms über die Normung der Roboter durch das MITI, Einsetzung einer vom MITI finanzierten Forschungsvereinigung (ATRA) sowie erweiterte Definition der Roboter zur Förderung des technologischen Fortschritts bei den Herstellern fester Handhabungsgeräte (siehe Roboterdefinition in Anhang I). Auf der Nachfrageseite sind zu erwähnen: zinsgünstige Darlehen für den Erwerb von Robotern, finanzielle Unterstützung durch das MITI für JAROL (Gesellschaft zum Leasing von Robotern, die JIRA aufstellt), Kreditversicherungssysteme. Sämtliche Maßnahmen passen sich nahtlos in den umfassenderen Rahmen der "Förderprogramme des MITI und des Gesetzes zur Förderung der Maschinenbau-, Elektronik-, und Softwareindustrie (1978 bis 1985)" ein. Im Gegensatz dazu scheinen die europäischen Hilfsprogramme häufig zu verzettelt aufgebaut, wobei man sich kaum um Zusammenhang auf europäischer oder selbst nationaler Ebene bemüht.

(ii) Strukturelle Aspekte: Benutzer fortgeschrittener Anlagen

Auf irgendeine Weise kommen fast alle europäischen verarbeitenden Unternehmen mit fortgeschrittenen Anlagen in Berührung (3). Hier ist noch einmal die wesentliche Bedeutung der Kompatibilität der Anlagen hervorzuheben, nicht nur weil durch die Integration erhebliche Gewinnsteigerungen möglich sind, sondern auch, weil durch fehlende Schnittstellennormen ein wesentliches Hindernis für den Kauf fortgeschrittener Anlagen bei den Benutzern vor allem in Europa entstehen kann, wo fehlende Finanzmittel voraussetzen, daß sich zahlreiche Unternehmen nur allmählich auf automatische Geräte umstellen können. Für diese ist die Einrichtung solcher Normen psychologisch besonders wichtig, um sie zum Fortschritt anzuregen. Ganz allgemein und makroökonomisch gesehen entspricht der Anstieg der Produktivität der Maschinen und die Kapitaleinsparwirkungen einer Verbesserung der Kapitalproduktivität, was einer fundamentalen Wandlung der Trends zur Baisse entspricht, die seit 20 Jahren zu beobachten ist. Man darf ruhigen Gewissens sagen, daß die integrierte Automatisierung ein Motor werden kann, um die Wirtschaftsmaschine aus der heutigen Krise herauszumanövrieren. Bei den Unternehmen kann dieser Vorgang allerdings nur mit zahlreichen Veränderungen hinsichtlich des großen Gleichgewichts einhergehen, die der Industriestruktur unserer Gesellschaften zugrunde liegen.

* In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß Präsident Reagan sein Veto über ein föderales ziviles FuE-Programm für die industrielle Automatisierung ausgesprochen hat.

Unterentwicklung der herkömmlichen Industrien: Die neuen Automatisierungsmöglichkeiten bei der Herstellung von Kleinserien dürften am stärksten die entwickelten Industrien betreffen, die grundsätzlich das größte Potential zur Verbesserung ihrer Wettbewerbsfähigkeit aufweisen. Herkömmliche Sektoren, wie die Bekleidungsindustrie und die Möbelherstellung, können von einer nahezu handwerklichen Herstellung auf eine teilweise oder weitgehende automatisierte Fertigungsform übergehen. So werden aus arbeitsintensiven schließlich kapitalintensive Industriezweige, in denen die Wettbewerbsfaktoren nicht mehr die Arbeitskräfte darstellen, sondern die technologische Innovation, das Tempo der Reaktion auf den Markt usw.

Veränderung der Handelsströme: Diese Umkehrung der Produktionsfaktoren führt zu einer Änderung der vergleichswise Vorteile, was eine tiefgreifende Wandlung der internationalen Handelsströme zur Folge haben könnte, vor allem hinsichtlich der Niedriglohnländer. Ein besonders auffallendes Beispiel für die Auswirkungen der Unterentwicklung bei den Handelsströmen liefert hier die Automobilindustrie; noch vor zwei oder drei Jahren galt nach der von den Herstellern anerkannten und akzeptierten Doktrin das Automobil als ausgereiftes Erzeugnis, für das technische Innovationen nur noch eine geringfügige Rolle spielen konnten; bei dem die Größe der Serien (auf herkömmlichen Fertigungsstraßen) und die Möglichkeit der Investitionsamortisierung durch hohe Produktionsziffern im Mittelpunkt standen, was zur Konzeption des "world car" bzw. des Weltautos führte, das in der ganzen Welt auf den Markt gebracht werden sollte und dessen einzelne Bestandteile an verschiedenen Punkten der Erde je nach Lohnstückkosten, den technischen Anforderungen des jeweiligen Bauteils, den Merkmalen des Herstellungsverfahrens für dieses Bauteil usw. erzeugt werden sollten, damit alle Vorteile im Vergleich miteinander und sämtliche Größenvorteile wahrgenommen werden konnten. Heute ist diese Auffassung durch die flexible Automatisierung wieder in Frage gestellt, die, wie gesagt, die Größe der erforderlichen Serien für die Automatisierung erheblich verringert und gleichzeitig die Produktion einer größeren Vielfalt von Erzeugnissen ermöglicht wodurch zumindest bei den Produktionskosten kleinere und spezialisierte Hersteller im Vorteil sind, deren Produktion mehr lokal ausgerichtet ist.

Flexibilität der Unternehmen: Beim Herstellungsverfahren wird zwar, wie dies auch ganz deutlich aus Tabelle IV in Anhang III hervorgeht, das Gleichgewicht durch die Einführung der fortgeschrittenen Anlagen auf weniger große Unternehmen verlagert, doch gilt dies nicht notwendigerweise auf allen Ebenen. Glaubt man verschiedenen Erhebungen, tendieren die kleinen Unternehmen weitaus mehr als die großen dahin, die fortgeschrittenen Anlagen nur unter dem Gesichtspunkt der Kostensenkung zu betrachten. Großunternehmen sind grundsätzlich weitaus mehr auf die Verfahrensinnovationen als Kleinunternehmen ausgerichtet, doch gibt es dafür eine strukturelle Erklärung, sofern der Flexibilitätsgewinn bei Großunternehmen deutlicher wird. In der Vergangenheit mußten diese dezentralisieren, um ihre zahlreichen, verstreuten Vorgänge verwalten zu können, während die integrierte Automatisierung zusammen mit der Informatisierung der Verwaltungstätigkeiten auch den großen multinationalen Unternehmen zum ersten Mal unter zentraler Leitung ein Instrument an die Hand gibt, mit dem man äußerst rasch auf alle Marktanforderungen reagieren kann. Daher sind die größeren Unternehmen potentiell in der Lage, die Vorteile der Flexibilität der Klein- und Mittelbetrieb auszugleichen, die bisher deren Hauptvorteil war.

(+) Selbstverständlich ist auch bei der flexiblen Automatisierung immer noch eine Mindestgröße der Serien erforderlich.

Produktinnovation: In immer zahlreicher werdenden Bereichen wird der Einsatz fortgeschrittener Anlagen zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit nicht nur beim Verfahren, sondern auch beim Erzeugnis unerlässlich. Selbstverständlich kann man heute ein Erzeugnis wie etwa ein modernes Flugzeug nicht ohne Hilfe der CAD konstruieren. Doch sind die Auswirkungen der fortgeschrittenen Anlagen für das Erzeugnis weitaus tiefgreifender und erfolgen auf zahlreichen Ebenen. Um die integrierte Automatisierung einsetzen zu können oder auch nur die auf dem Markt befindlichen Standardsysteme von CAD zu verwenden, muß der Benutzer sein Produktionsverfahren von Grund auf umstellen, was häufig zur Neugestaltung des Erzeugnisses führt; dieses kann nicht mehr unabhängig vom Verfahren konzipiert werden. In dieser Hinsicht ist die Luftfahrtindustrie ein Spitzenbereich, in dem das Werkzeug und die Fertigungsverfahren gleichzeitig mit dem Flugzeug konzipiert werden, wobei letztere 40 bis 50 % der gesamten projektgebundenen FuE ausmachen können. Die Firma GM bildet dafür ein anderes gutes Beispiel mit ihrem Vorhaben Saturn (zukünftiger Mittelklassen-PKW), bei dem in den ersten Phasen die Teams und Ingenieure, die einmal für das Erzeugnis und zum anderen für das Verfahren zuständig sind, zusammenkamen, um gemeinsam gleichzeitig das Fahrzeug und sein Produktionsverfahren zu konzipieren, um so nicht nur die Leistungen und Merkmale des Fahrzeugs zu optimieren, sondern gleichzeitig auch den Herstellungsablauf (Einsatz der Rohstoffe, Montagevorgänge usw.) und somit auch die Produktionskosten zu senken. Manchmal sind die Verbindungen zwischen Verfahren und Erzeugnis nicht so unmittelbar, jedoch genau so wichtig, etwa im Fall der europäischen Hersteller von Werkzeugmaschinen; allein die Verwendung automatischer Produktionsmethoden kann ihre Kosten ausreichend senken, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu garantieren, doch muß man zur Verwendung solcher Methoden von der Einzelherstellung zur modularen Standardisierung und einem Mindestproduktionsvolumen übergehen. Bei der Konstruktion des Erzeugnisses und der Innovation ist somit auch eine Verschiebung des Gleichgewichts zugunsten derjenigen Unternehmen festzustellen, die die nötige Größe besitzen, um integrierte CAD für automatische Produktionsmethoden einzusetzen, die die Beschleunigung des daraus entstehenden Lebenszyklus des Erzeugnisses auch voll nutzen können. Man geht heute davon aus, daß eine Verzögerung um 12 Monate bei der Entwicklung eines Erzeugnisses zu Verlusten von 50 % der Einkünfte führt, die sich aus dem Verkauf dieses Erzeugnisses während seiner Lebensdauer ergeben ⁽⁺⁺⁾.

Verringerung der Lagerbestände: Die optimale Nutzung fortgeschrittener Anlagen hat als Nebenwirkung eine spürbare, allgemeine Verringerung der Lagervorräte an Rohstoffen, Bauteilen und Fertigerzeugnissen in den verarbeitenden Unternehmen zur Folge. Hier zeichnet sich eine grundlegende Wandlung der Industriephilosophie ab, wobei man sich auf die japanische Praxis mit der Bezeichnung "Kanban" stützt, bei der sämtliche Lieferungen an das Unternehmen gerade rechtzeitig zur Eingabe in den Produktionskreislauf erfolgen, was natürlich eine Neuorganisation der Beziehungen zwischen dem Unternehmen und seinem Lieferanten (sowie häufig geographische Nähe) sowie vor allem auch einen Rahmen aus sozial stabilen Beziehungen voraussetzt.

Zulieferung: Hier könnte eine komplizierte Entwicklung eintreten. Einmal können die weltumspannende Konzeption des Erzeugnisses, die integrierte Form des Herstellungsverfahrens und die zusätzlichen Produktionskapazitäten durch Einführung fortgeschrittener Anlagen zu einer Verringerung der Zulieferer führen. Zum anderen verstärkt demgegenüber die zunehmende Kompliziertheit und Varietät der Technologien sowie die vor allem finanziell bedingte Schwierigkeit, sämtliche notwendigen Entwicklungen anzugehen, die Zuhilfenahme Dritter. Diese Entwicklungen widersprechen sich durchaus nicht, und es ist damit zu rechnen, daß die Produktion der

(++) Quelle: FT vom 19.9.84: "New product development - A vicious race to get ahead"

Großunternehmen bei integrierten Bauteilen für eine Produktion bestimmten Umfangs im eigenen Bereich erfolgt, während die Zuhilfenahme der Zulieferung für Bauteile stärker wird, die komplizierter sind und häufig eine eigene technologische Entwicklung benötigen, bzw. deren Umfang nicht ausreicht, um in eine weitgehend automatisierte und global konzipierte Herstellung eingehen zu können.

(iii) Strukturelle Aspekte: Lieferanten fortgeschrittener Anlagen

Die einzelnen Lieferanten: Sie stammen entweder aus dem Maschinenbau, der Elektro- und Elektronikindustrie, oder es handelt sich um Sammelfirmen, die um eine Softwareentwicklungskapazität verschiedene Bauteile unterschiedlichster Herkunft sammeln. In der Maschinenbauindustrie sind es entweder traditionelle Hersteller von Anlagegütern, also Werkzeugmaschinenhersteller oder die Großverbraucher, wie die Automobilindustrie, deren Rolle bei der Roboterherstellung bereits erwähnt wurde.

FuE, Neuorganisation der Produktion und Finanzdecke: Vor allem im Maschinenbau ist für die Herstellung fortgeschrittener Anlagen ein erheblicher Mehraufwand an FuE erforderlich. Hier ein konkretes Beispiel: man rechnet damit, daß für den Übergang auf die Herstellung numerisch gesteuerter Schleifmaschinen ausgehend von herkömmlichen Schleifmaschinen rund 15 % des Umsatzes für FuE aufzuwenden wären, anstelle von 4 bis 6 % im Falle herkömmlicher Maschinen. Dieser erhebliche Anstieg des Aufwands für angewandte Forschung ⁽⁺⁾ erfordert wiederum eine Mindestfinanzdecke. Die Verfügbarkeit von Geldern ist umso wichtiger, als auch Investitionen und die grundlegende Neustrukturierung erforderlich sind, um Mengenrabatte im Zusammenhang mit Modulstandardisierung und den Lerneffekten zu erzielen, die für die Informationstechnologien typisch sind. Nimmt man dazu die Steigerung des durchschnittlichen Wertes des Erzeugnisses, wird deutlich, daß die Entwicklung fortgeschrittener Anlagen eine Produktionskonzentration in den größten Unternehmen begünstigt.

Strategie der großen amerikanischen Konzerne: Im Hinblick auf diese notwendige Steigerung der Unternehmensfläche sind die umfangreichen Bemühungen der Konzerne wie GE, Westinghouse und IBM zu sehen, um sich in die Lage zu versetzen, sämtliche Bauteile der "Fabrik der Zukunft" zu liefern. Diese Bemühungen gelten für FuE, Investitionen, den Ankauf von Fachunternehmen für die Herstellung bestimmter fortgeschrittener Anlagentypen sowie den Abschluß von Lizenz- und Kooperationsverträgen, damit deren Umfang und die geographische Abdeckung der multinationalen Firmen sie in eine günstige Position bringen. Durch die Vermarktung sämtlicher Typen fortgeschrittener Anlagen sind diese Firmen in der Lage, eigene Kompatibilitätsnormen zu entwickeln, die ein wichtiges Verkaufsargument gegenüber dem Verbraucher sind, die beim Fehlen allgemein anerkannter Normen für die Lieferanten den Vorteil bieten, daß sie "treue" Kunden schaffen. Diese Bemühungen um treue Kunden werden allerdings durch den jüngsten Beschluß von General Motors etwas gestört, das System MAP (s. S.) allen Lieferanten fortgeschrittener Anlagen vorzuschreiben, weil MAP in einiger Zeit ein de facto-Standard zumindest für die amerikanische Industrie werden dürfte, und weil vor allem Chrysler dahintersteht und Ford sich ganz entschieden diesem System angeschlossen hat. (Das DV-Versuchszentrum des National Bureau of Standards der USA konnte zur Überprüfung herangezogen werden). Gleichzeitig sind die Bemühungen der Großverbraucher wie GM

(+) Boston Consulting Group

(++) Auch wenn Europa beim internationalen Vergleich der FuE-Ausgaben mithalten kann, ist nicht zu vergessen, daß dabei auch Grundlagenforschung eingeschlossen ist, die einen größeren Teil des europäischen Aufwands in Anspruch nimmt.

oder auch Mac Donnell Douglas hervorzuheben, die selber Lieferanten fortgeschrittener Anlagen werden wollen, wobei es sich um eine logische Folge der engen Wechselwirkung zwischen Lieferanten und Anwendern während der Planungs- und Aufbauphase für fortgeschrittene Anlagen handelt. Damit verwischen sich die Unterschiede zwischen Lieferanten und Benutzern allmählich. GM hat sich beispielsweise mit Fanuc zusammengeschlossen und in den USA die Firma GMF gegründet, die rasch zum ersten amerikanischen Roboterhersteller aufstieg. Im Juni 1984 kaufte GM die Firma EDS (Electronic Data Systems), die in der Neuorganisation von Informationssystemen spezialisiert ist, um damit die MAP aufzubauen. Vor kurzem erwarb GM Beteiligungen an drei Firmen, die Sichtroboter herstellen, sowie an einer weiteren Firma, die sich auf künstliche Intelligenz spezialisiert hat. Im Gegensatz zu GE oder Westinghouse stammt GM aus dem Maschinenbausektor. Darauf muß hingewiesen werden, weil man denken könnte, daß die zunehmende Bedeutung der Elektronik und der Software Firmen aus dem Elektro- und Elektroniksektor begünstigen könnte. In Wirklichkeit scheint sich dieser Vorteil aber nicht auszuwirken, weil diese Firmen offensichtlich Schwierigkeiten haben, aus ihrer verhältnismäßig "sauberen" Umgebung in die Fabrik umzusteigen, wo die Anlagen weitaus aggressiveren Bedingungen unterliegen. Zwei der drei Verträge für FFS wurden in den Vereinigten Staaten im vergangenen Jahr von Cincinnati Milacron abgeschlossen, die nicht nur der größte amerikanische Hersteller von Werkzeugmaschinen ist, sondern auch inzwischen zum zweitgrößten amerikanischen Roboterhersteller nach GM aufgestiegen ist.

Ein weiterer wichtiger Wirtschaftsträger in den Vereinigten Staaten ist IBM, das zwar eine Gruppe für die Automatisierung der Fabrik eingesetzt hat, bisher jedoch eine abwartende Haltung einnahm; inzwischen zeigt die Firma ein wachsendes Interesse für dieses Gebiet und hat insbesondere mit Cincinnati Milacron einen Vertrag über die Lieferung von Steuerungssystemen für fortgeschrittene Anlagen geschlossen. Diese Lagebeschreibung in den USA lehrt, daß in der heutigen Lage in der Entwicklung fortgeschrittener Anlagen die Kenntnis des Verfahrens ein wichtiges Kriterium für den Erfolg der möglichen Lieferanten zu sein scheint, was aufgrund der Bedeutung des Maschinenbausektors für die Nachfrage die zu diesem Sektor gehörenden Firmen begünstigt, entweder als Anwender wie die Automobilindustrie oder die Lieferanten wie die Werkzeugmaschinenindustrie, sofern diese die Möglichkeit haben, die unerläßlichen Kenntnisse in Elektronik und Software zu erwerben (entweder durch Fusion oder durch Erwerb anderer Firmen bzw. über Kooperationsverträge). Dies schließt nicht aus, daß in späteren Entwicklungsphasen des Marktes die Fähigkeiten eines Gesamt Herstellers, die sich vor allem GE und Westinghouse gesichert haben, zunehmende Bedeutung erlangen. Nicht zu vergessen ist auch der Vorteil der Großkonzerne, die selbst wichtige Anwender fortgeschrittener Anlagen sind, und nicht nur über einen Binnenmarkt verfügen, sondern auch Anwendungsbereiche und Prüfgelegenheit für die Entwicklung der Anlagen und Systeme haben. Da der Aufbau eines komplizierten Systems zumindest mehrere Monate braucht und es auch danach erst mit der Erfahrung (wiederum mehrere Monate) möglich wird, vollen Nutzen daraus zu ziehen, läßt sich die Wichtigkeit eines solchen Binnenmarktes ermessen.

Japanische Strategie: Sicher haben die japanischen Lieferanten ihren Ehrgeiz weniger auffällig als die Amerikaner gezeigt, doch arbeiten sie mit stärksten Mitteln daran, morgen auf dem Markt der fortgeschrittenen Anlagen vertreten zu sein, und zwar in einem kooperativen Rahmen unter Federführung des MITI. Eines der wichtigsten vom MITI finanzierten Vorhaben ist "Flexible Manufacturing Complex with Laser" in Tsukuba, bei dem neben den Aspekten der Versuche zum Einsatz des Lasers auch die Entwicklung funktionaler, genormter Module ⁽⁺⁾ unter Beteiligung

(+) Bekanntlich sind diese Module nicht nur Maschinen, sondern auch funktionale Einheiten als Bauteile der Maschinen wie Motor, Getriebe, Bohr- oder Fräsfunktionen usw.

zahlreicher großer japanischer Firmen (Mitsubishi Electric, NEC, Toshiba, Fanuc, Matsushita, Mitsubishi Heavy Industries, Ishikawajima-Harima und 12 andere Firmen) unternommen wird. Wie Anhang I zeigt, ist die japanische Firmenstrategie mit viel Erfolg auf die Normung und Kostensenkung auf allen Ebenen ausgerichtet. Übrigens gehören die japanischen Firmen häufig Großkonzernen oder großen Unternehmensfamilien an und haben somit denselben Vorteil wie die amerikanischen Konkurrenten in Form eines geschlossenen Binnenmarktes.

Lage der europäischen Lieferanten und Kompatibilität der Anlagen: Offensichtlich gibt es in Europa keine mit den amerikanischen oder den von MITI aufgebauten vergleichbaren großen Gesamtstrategien (dies muß in Beziehung gesetzt werden zum bedeutenden integrierten Wirtschaftsraum, der in den USA und Japan besteht).

Die europäischen Hersteller fortgeschrittener Anlagen kommen meist aus der herkömmlichen Maschinenbauindustrie; weil dieser Sektor sehr unterschiedlich strukturiert ist und aus zahlreichen Klein- oder Mittelbetrieben besteht, ist damit zu rechnen, daß sie erheblichem strukturellen Druck ausgesetzt sind, der sie zur Bildung größerer Einheiten zwingt, die den neuen Marktanforderungen auch gerecht werden. Dadurch müssen zahlreiche kleinere Unternehmen, die den Wandel nicht mitmachen können, verschwinden.

Der beste Trumpf für die europäischen Unternehmen, um diesen Wandlungen gegenüber gewappnet zu sein, wären modulare Kompatibilitätsnormen für die einzelnen Anlagentypen, mit deren Hilfe sie sich unter Wahrung ihrer Unabhängigkeit spezialisieren könnten. Eine solche Entwicklung würde auch die Gesamtlieferanten, die sich aus sämtlichen Quellen bedienen können, gegenüber den integrierten Großunternehmen begünstigen, die sämtliche Bauteile des Systems selbst erzeugen, jedoch nicht stärker wären als das schwächste Glied der Kette. Letztlich könnte dieser Weg zu geringstmöglichen Umwälzungen innerhalb der europäischen Industrie führen, auch wenn es nicht ganz ohne Anpassungsschwierigkeiten (zumindest in der Mentalität) und ohne Unternehmensschließungen geht.

In Wirklichkeit steht jedoch zu befürchten, daß die europäischen Unternehmen, vor allem die Klein- und Mittelbetriebe im Maschinenbausektor ⁽⁺⁺⁾, eine Spezialisierungsstrategie im Sinne der Lieferung einzeln ausgerichteter Anlagen und Systeme vorziehen. Diese Art von Marktlücke dürfte jedoch durch Ausweitung der modularen Normung und die Modernisierung der Herstellungsmethoden, die sie ermöglicht, immer enger werden und bietet so nur wenigen Unternehmen eine Überlebenschance.

Sollte sich diese Annahme bewahrheiten, würde die schlechteste Lage für die europäischen Hersteller so aussehen, daß einer der großen amerikanischen oder japanischen Lieferanten den Markt beherrscht und seine Normen de facto durchsetzt (die gleiche Situation besteht bereits in der Datenverarbeitung, die von IBM beherrscht wird), was diese Folgen hätte:

(++) Die Elektronikfirmen in Europa spielen eine geringere Rolle als die amerikanischen oder japanischen Firmen, was möglicherweise nur eine gewisse Schwäche dieses Sektors in Europa widerspiegelt.

- nur sehr wenige europäische Unternehmen können weiterhin eine fast vollständige Anlagenserie anbieten, vermutlich unter schlechteren Rentabilitätsvoraussetzungen und in einer Lage technologischer Abhängigkeit.
- Einige europäische Hersteller, wahrscheinlich 15 bis 20 % des heutigen Sektors, können sich in die eine oder andere Marktlücke einer Sonderproduktion einnisten.
- Mehrere andere werden auf Zulieferfunktionen zurückgewiesen und müssen nach Spezifikation und Auflagen der beherrschenden Lieferanten arbeiten.
- Weitere werden einen Überlebensversuch machen und kompatible Anlagen mit denen der Großlieferanten anbieten, was eine risikoreiche Strategie darstellt.
- Sehr viele Unternehmen werden verschwinden.

Es gibt aber noch ein zweites, wahrscheinlicheres und weniger apokalyptisches Szenario; die allgemeinen Normen werden von den wichtigsten Anwendern auferlegt, wobei es sich nach dem heutigen Stand der Dinge vermutlich um die großen amerikanischen Multinationals handeln dürfte (vor allem General Motors). Aber selbst in diesem Fall müßten sämtliche europäischen Hersteller Normen verwenden, an deren Konzeption sie nicht beteiligt waren und die weder ihre Interessen noch ihre Besonderheiten berücksichtigen. Sie wären gezwungen, von aussen kommende Normen aufzunehmen und liefen wegen des großen technologischen Gehalts dieser Art von Normen Gefahr, von vornherein in technologischen Rückstand zu geraten, wenn sie sich selber nicht stärker aktivieren.

In einem wie im anderen Fall läuft die Anlagengüterindustrie Gefahr, ihren Beitrag zur Wirtschaft, vor allem zur Ausfuhr in Europa, nicht aufrechterhalten zu können.

Kooperation zwischen den Unternehmen: Ein Faktor dürfte immerhin zugunsten der europäischen Unternehmen sprechen, nämlich die steigende Notwendigkeit aufgrund des Integrationsverfahrens der einzelnen Anlagentypen, örtlich zum Aufbau und zur kundendienstmäßigen Wartung der Anlagen und Systeme vertreten zu sein. Dieser Faktor sowie die unterschiedlichen beteiligten Technologien tragen dazu bei, daß sich die Verträge über Handelskooperation und Lizenzen in diesem Sektor stark häufen. Hier ist festzustellen, daß die europäischen Unternehmen eindeutig Verträgen mit japanischen oder amerikanischen Firmen den Vorzug geben, wie aus einer vor kurzem geführten Erhebung⁽⁺⁾ bei den Leitern europäischer Unternehmen über die technologische Zusammenarbeit hervorgeht:

- 27 % von ihnen arbeiten mit anderen Unternehmen ihres Landes zusammen, jedoch nur 21 % wollen dies weiterführen;
- sie wollen nicht mehr als bisher mit anderen europäischen Unternehmen zusammenarbeiten (27 %);
- 20 % von ihnen arbeiten mit japanischen Firmen zusammen, doch 27 % wünschen für die Zukunft solche Verbindungen;
- 32 % von ihnen kooperieren mit amerikanischen Firmen, doch wollen dies 36 % in Zukunft tun.

(+) Veranstaletet vom Wall Street Journal/Europa im Januar 1984.

Dieser Trend läßt sich durch den technologischen Vorsprung in den Vereinigten Staaten und in Japan erklären (zumindest bei der industriellen Anwendung), vielleicht aber auch durch die Tatsache, daß die geographisch entfernten Unternehmen weniger stark als Wettbewerber erkannt werden. Dennoch dürfte in Europa die Zusammenarbeit, welche bisher nicht die notwendigen Bedingungen für ihren Aufbau vorfindet, ein wesentlicher Faktor zur Stärkung der europäischen Industrie sein (vor allem durch Spezialisierung und Umfang sowie die Öffnung zum europäischen Markt).

Aussichten: Hier ist schließlich eine längerfristig mögliche Folge dieser Wandlungen anzumerken, nämlich die Wirkungen der "Kapitaleinsparungen" bei diesen Anlagen, die die Hypothese einer wesentlichen Senkung der Nachfrage nach fortgeschrittenen Anlagen erklärbar machen, sobald erst einmal der Vorgang der integrierten Automatisierung voll im Gange ist und die Wirkung der Investitionsbeschleunigung durch die Erneuerung veralteter Maschinen abgeschlossen ist. Letztlich gibt es jedoch Aussichten für eine tiefgreifende, langfristige industrielle Wandlung im Sektor Herstellung von Industrieanlagen.

-
- (+) Sicher ist durchaus vorzustellen, dass die sich daraus ergebenden Produktivitätsverbesserungen zur Schaffung neuer Industrien und somit zu einer neuen Nachfrage nach Anlagegütern führen, oder dass eine neue Welle von Innovationen bei den Anlagen die Nachfrage wieder belebt.

C. ARBEITSKRÄFTE

- 33 -

Selbstverständlich wirken sich Produktivitätsgewinne und tiefgreifende Umwandlungen in der verarbeitenden Industrie erheblich auf das Niveau und die Struktur der Beschäftigungslage sowie die Arbeitsorganisation aus.

Vor der Analyse der einzelnen Aspekte ist darauf hinzuweisen, daß der Stand der Allgemeinbildung des Personals eine erhebliche Rolle bei der Einführung fortgeschrittener Anlagen spielt. Wegen seines umfassenden, auf die Industrie ausgerichteten Bildungssystems hat Japan zweifelslos einen Vorteil in diesem Bereich.

(i) Beschäftigungsstand

Die Folgen der fortgeschrittenen Technologien für den Beschäftigungsstand lassen sich nur schwer beurteilen, weil einmal die Technologie nur einer der mitwirkenden Faktoren ist und sie sich schwierig aus dem Zusammenhang lösen läßt, und weil zum anderen sehr große Unterschiede zwischen den einzelnen technischen Beurteilungen bestehen. So gehen die Schätzungen der Arbeitsplatzverluste durch die Einführung von Robotern von 0,5 bis 6 Arbeitsplätzen je Roboter.

Trotz der Schwierigkeiten bei der Analyse muß diese Frage näher behandelt werden.

Die ersten Bewertungen der möglichen Arbeitsplatzverluste, vor allem auf der Grundlage der technischen Hinweise der Systemlieferanten (siehe dazu die Tabelle über das Werk Yamazaki in Mimokamo in Anhang I) waren ziemlich beunruhigend, doch sind neuere Hinweise etwas positiver. Nach der bereits öfters erwähnten Untersuchung des PSI⁺ beziffern sich die Nettoverluste an Arbeitsplätzen bei britischen Anwendern fortgeschrittener Anlagen nach deren Einführung zwischen 1981 und 1983 auf 34.000 Arbeitsstellen, was nur 5 % der gesamten Arbeitsplatzverluste während dieses Zeitraums entspricht. Verschiedene ähnliche Untersuchungen, vor allem in Japan, bekräftigen diese Bewertung. Allerdings ist auf die Grenzen dieses fundamental mikroökonomischen Vorgehens hinzuweisen, bei dem nur Firmen berücksichtigt sind, die die fortgeschrittenen Anlagen auch eingeführt haben. Grundsätzlich müßte der Rahmen der Analyse besser abgesteckt werden.

Bei der einzelnen Firma verbessert die Einführung fortgeschrittener Anlagen vor allem die Arbeitsproduktivität, wodurch natürlich Arbeitsplätze verloren gehen, doch gleichzeitig steigt die Wettbewerbsfähigkeit, womit wieder Marktanteile und positive Folgen für die Beschäftigung gewonnen werden. Dieser letzte Effekt könnte eine erhebliche Unterbewertung der Arbeitsplatzverluste bei Fallstudien mit sich bringen, weil man davon ausgehen könnte, daß die Firmen, die diese Anlagen eingeführt haben, zu den dynamischsten gehören und man bei der gesamten verarbeitenden Industrie zu dem Schluß kommen könnte, daß die auf fortgeschrittene Anlagen zurückzuführenden Arbeitsplatzverluste vor allem in den Unternehmen erfolgen, die die Anlagen nicht einführen und die ihren Marktanteil mit der nachlassenden Wettbewerbsfähigkeit allmählich verkleinern.

+ Dauer- und Serienbetrieb, Unternehmen mit mehr als 20 Personen.

Daraus ist folgende Lehre zu ziehen: Wenn Europa die Einführung fortgeschrittener Anlagen zur Erhaltung der Arbeitsplätze bremsen sollte, wird die verlorene Wettbewerbsfähigkeit gegenüber den Vereinigten Staaten und Japan letztlich mehr Arbeitsplätze vernichten als der Einsatz fortgeschrittener Anlagen.

Ein weiterer Beitrag dazu ist die Feststellung, daß die Einführung fortgeschrittener Anlagen in Europa bisher sehr sporadisch erfolgte und der Integrationsgrad der Anlagen äußerst gering ist. So wie sich die Produktivitätsgewinne bei der Integration fortgeschrittener Anlagen gesteigert haben, deutet alles darauf hin, daß sich derselbe Effekt für die Arbeitsplätze zeigen wird. Folglich ist mit einer erheblichen Beschleunigung der Freisetzung von Personal in der verarbeitenden Industrie zu rechnen, wenn dieser Integrationsvorgang endlich ausgelöst wird.

Betrachtet man die verarbeitende Industrie aus makro-ökonomischer Sicht und im Hinblick auf mittel- und langfristige Aussichten, dürfte das Potential der Arbeitsplatzverringerung in diesem Sektor wahrscheinlich sehr hoch sein. Dies wird bestätigt durch eine Untersuchung der IPA vom März 1984 über die Montage (eine der arbeitsintensivsten Funktionen) in sechs der wichtigsten Sektoren der verarbeitenden Industrie in Deutschland; darin kommt man zu dem Schluß, daß die Automatisierung im Höchstfall bis zu 250.000 Montagestellen von 650.000 erfaßten Stellen vernichten könnte, das entspricht rund 40 %.

Sollte man daraus schließen, daß die fortgeschrittenen Anlagen die Arbeitsplätze bedrohen? Dies ist keinesfalls sicher, weil die obigen Überlegungen davon ausgehen, daß alles andere gleich bleibt, und die folgenden Faktoren nicht berücksichtigen:

- Die Schaffung neuer Arbeitsplätze durch die neuen Technologien selbst. Allerdings ist deren Wirkung nicht zu überschätzen; wenn die Herstellung von technologisch hochwertigen Gütern nicht unbedingt zahlreiche direkte Arbeitsplätze schafft, und auch keine unmittelbaren Gewinne erwarten läßt, so bildet sie doch die Grundlage für den künftigen Wohlstand.
- Die Verlagerung zahlreicher Arbeitsplätze nach außen, weil bestimmte Aufgaben, etwa häufig die Wartung der Anlagen, nicht mehr innerhalb der Unternehmen erfolgen, sondern von Drittfirmen wahrgenommen werden, womit die Arbeitsplätze auf den Dienstleistungssektor übertragen werden.
- Insbesondere expansionistische Effekte, die die Produktivitätsgewinne im verarbeitenden Sektor auf die Produktion, die Investitionen und somit auf die Schaffung von Arbeitsplätzen nicht nur im verarbeitenden Sektor selbst, sondern in der Gesamtwirtschaft haben könnten.

Die Untersuchung, die alle Elemente dieses Problemekes offensichtlich am besten berücksichtigt, dürfte die Arbeit von Professor Leontief über die globalen Auswirkungen der Automatisierung auf die Beschäftigungslage in den USA mit Blick auf das Jahr 2000 sein (4). Diese sehr gut recherchierte Untersuchung kommt zu dem Schluß, daß durch die Automatisierung keine erhebliche Zunahme der Arbeitslosigkeit erfolgt;

-
- (+) Maschinenbau, Elektro-, Automobilindustrie, Metallbau, Feinmechanik, Optik und ähnliche Industrien, Büromaschinen, Informationsverarbeitungsgeräte.
 - (++) Seit 1965 haben die hochtechnologisierten Industrien der USA nur 6 Mio neue Arbeitsplätze bei insgesamt 35 Mio in der Gesamtindustrie geschaffen.
 - (+++)
Weltweit machte die Datenverarbeitung 30 Jahre lang jedes Jahr Verluste und begann erst Anfang der '70er Jahre, Gewinne zu machen.

Voraussetzung ist, daß sich der erforderliche Wandel in den Qualifikationen, die sektorale Verteilung und die geographische Standortwahl bei der Beschäftigung durchführen lassen. Unter diesen Voraussetzungen wird deutlich, daß die Mobilität und Anpassungsfähigkeit im Beschäftigungsbereich eine wesentliche Rolle spielt. Die amerikanische Flexibilität ist hier vielleicht einer der größten wettbewerbsmäßigen Vorteile, den die Amerikaner gegenüber den internationalen Wettbewerbern besitzen. Andererseits ist klar, daß das Berufsbild der geschaffenen Arbeitsplätze nicht mehr dem der verschwundenen Arbeitsstellen entspricht. Ein Teil des damit unerläßlich werdenden Vorgangs der Neuausbildung läßt sich sicher durch eine geeignete Ausbildung der Jugendlichen erreichen, die auf den Arbeitsmarkt kommen, doch erfordert die rasche Entwicklung auch eine Umschulung eines Großteils der vorhandenen Arbeitskräfte. Man darf über die Anpassungsfähigkeit der betroffenen Arbeitnehmer zum Erwerb der meist fortgeschrittenen Qualifikationen, die für morgen erforderlich sind, beunruhigt sein. Hier bildet das meist höhere Ausbildungsniveau der japanischen Arbeitnehmer sicherlich einen Vorteil für dieses Land. Aus sehr unterschiedlichen Gründen liegen also die Vereinigten Staaten und Japan in besserer Ausgangsposition als die Gemeinschaft, um die Veränderungen bei den Arbeitsplätzen aufgrund der Verbreitung fortgeschrittener Anlagen aufzufangen.

(ii) Bildung und Ausbildung

Diese Schlußfolgerung bekräftigt den wesentlichen Faktor, den Bildung und Ausbildung für die Wandlung der europäischen Wirtschaftsgefüge im Laufe der kommenden Jahre darstellen.

Anhand einiger Zahlen läßt sich auch der Umfang der Veränderungen in der Zukunft nachweisen. In Frankreich rechnet das BIPE (Bureau d'Informations et de Previsions Economiques) damit, daß rund eine von vier Arbeitsstellen in der Industrie Frankreichs von der mit den fortgeschrittenen Anlagen in den kommenden zehn Jahren zusammenhängenden Qualifikationsveränderung betroffen ist. Nach Auskunft des BIPE entsteht daraus der Bedarf, die ständige Weiterbildung um den Faktor 2,5 zu steigern. In Deutschland erklärte vor kurzem der VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.), daß die rasche Ausbreitung der CAD/CAM die Umschulung von rund 250.000 Personen erforderlich macht, davon allein 100.000 im Sektor Maschinenbau.

Im Memorandum vom 25. Januar 1984 über den technologischen und sozialen Wandel (KOM(84)615) wird bereits eingehend das Problem der Ausbildung und der Qualifikation durch die Einführung neuer Technologien analysiert und auch weitgehend auf fortgeschrittene Anlagen angewandt.

Ohne diese Analyse wiederholen zu wollen, ist hervorzuheben, daß sowohl die Produktion als auch die Benutzung fortgeschrittener Produktionsanlagen eine alle Fachbereiche erfassende Vorgehensweise erforderlich machen, um vor allem die unerläßliche Fusion zwischen Mechanik, Elektronik und Informatik (in Japan "Mecatronic" genannt), sowohl bei Technikern als auch bei Ingenieuren zu verwirklichen.

Wie aus den Tabellen IA und IB in Anhang III hervorgeht, zeigt sich heute bereits das Fehlen von Technikern und Ingenieuren mit "mecatronischen" Kenntnissen; dies gilt vor allem für Ingenieure für die automatischen Produktionssysteme und Techniker für die Wartung; in Zukunft könnte sich hier ein Engpaß für die weitere Verbreitung fortgeschrittener Anlagen bilden, auch wenn bereits einige schüchterne Initiativen entstehen, wie die Einrichtung eines Instituts für Produkttechnik in Besançon oder der Aufbau einer Ausbildung für Ingenieure im Fachbereich Produktionssysteme an der Universität Karlsruhe. Die Großunternehmen haben die Möglichkeit, ihr Personal selbst auszubilden und umzuschulen, und vor allem die Klein- und Mittelbetriebe werden eventuell unter einem Mangel an Personal mit den entsprechenden Qualifikationen leiden.

Ein weiterer Aspekt der fachübergreifenden Tätigkeit für die Automatisierung der Industrie ist das Verschwinden starrer Grenzen, die die Ingenieure für die Produktkonzeption von den Produktionstechnikern trennten, weil zwischen dem Innovationsprodukt und der Konzeption des Fabrikationsverfahrens immer engere Verbindungen bestehen, wobei jeweils CAD zu Hilfe genommen wird.

Ein Beispiel für diesen Wandel ist das Projekt Saturn von GM (bereits oben erwähnt), bei dem von Anfang an die Produktionstechniker und die Verfahrenstechniker zusammengearbeitet haben, um gemeinsam und gleichzeitig sowohl das Auto als auch das Herstellungsverfahren zu entwickeln.

In Europa und in den USA haben traditionell die Produktionstechniker eine gegenüber den höher eingestuften Produktionstechnikern untergeordnete Rolle. Dies gilt nicht für Japan, wo die Industrie, vermutlich aufgrund einer Industrialisierungsweise, die vornehmlich aus ausländischen Einflüssen entstand, dem Produktionstechniker eine ebenso wichtige Rolle wie seinem für die Produktkonzeption zuständigen Kollegen einräumt. Dies ist für Japan ein eindeutiger Vorteil, weil sich die Bemühungen der Industrie auf die Produktionsverfahren und auf die Verbindung Verfahren-Erzeugnis konzentrieren müssen.

(iii) Arbeitsorganisation

Die Neuordnung der Konzeption sowohl des Produktionsverfahrens als auch des Produkts setzt eine vollkommen neue Konzeption der Werksaufgaben und somit der Arbeitsorganisation voraus.

Gegenüber der herkömmlichen Arbeitsorganisation, für die das Fließband typisch ist, und die auf der Gliederung der Vorgänge und der Spezialisierung um repetitiv durchgeführte Vorgänge beruht, führt die flexible Automatisierung zu einer wahren Umkehrung des Trends:

- An die Stelle der Aufstückelung und der Spezialisierung tritt die Fächervielfalt.
- Anstelle spezifischer, eng definierter und von einer Einzelperson wahrgenommenen Aufgaben findet man weit ausgelegte, in der Gruppe ausgeführte Aufgaben (wobei der Trend dahin geht, einer Gruppe von Arbeitnehmern eine Maschinengruppe zuzuordnen).
- An die Stelle der Durchführungsaufgaben treten Kontrollaufgaben, was einerseits die physische Belastung verringert, die geistige Belastung jedoch erhöht.

Zu diesen Umwälzungen in der Arbeitsorganisation kommt ein wachsender Flexibilitätsbedarf seitens der Arbeitnehmer. Die komplizierten Systeme müssen praktisch ununterbrochen arbeiten und selbst bei mehreren Stunden Autonomie (d.h. ohne menschliches Eingreifen) sind neue Lösungen vorzusehen, vor allem bei den Arbeitszeiten (beispielsweise Arbeitszeiten von 4x10 Stunden je Woche).

Ein häufig genanntes Ergebnis der flexiblen Automatisierung ist die Polarisierung der Qualifikationen, wobei einige überqualifizierte Personen sämtliche Kontrollaufgaben wahrnehmen und den anderen nur die niederrangigsten Aufgaben überlassen, für die keine Qualifikation erforderlich ist. Die meisten Analytiker sind sich darin einig, daß es sich dabei um keine zwangsläufige Folge der Automatisierung handelt und daß die Struktur der Qualifikationen im Unternehmen von dessen Politik abhängt. Das Unternehmen hat die große Auswahl im Typ und in der Höhe der Automatisierung sowie bei der Arbeitsorganisation für das neue Produktionssystem. So kann es beispielsweise versuchen, die dort arbeitenden Meister weiterzubilden und ihr Wissensniveau zu steigern, anstatt ihnen niedrigere Aufgaben zuzuweisen. Kurzfristig ist hier sehr viel Spielraum, in dem das Unternehmen den Automatisierungsgrad der einzelnen Funktionen nutzen kann, doch ist der wahre Umfang langfristig zu prüfen.

(iv) Die Sozialpartner

Das Gesagte macht deutlich, daß mit der technologischen Innovation auch die Arbeit neu gestaltet werden muß, weshalb eine umfangreiche Konzertierung zwischen den Sozialpartnern unerlässlich ist.

Trotz der unmittelbaren Bedrohung der Arbeitsplätze in der verarbeitenden Industrie ist nicht sicher, ob die Arbeitergewerkschaften wirklich den größten Hemmschuh gegen die flexible Automatisierung bilden. Nach einer Erhebung des BSI im Vereinigten Königreich aus dem Jahre 1983 sehen 6 % der befragten Firmen in den Gewerkschaften oder den Arbeitnehmern ein Hindernis für die Einführung fortgeschrittener Anlagen, doch finden 4 % auch ein solches Hindernis in der Haltung der Unternehmensführung. Dieser Fragebogen war übrigens an die Unternehmensleitungen gerichtet.

Wie bereits in der Wirtschaftsanalyse vermerkt wurde, stellt eigentlich die Verkenntung der Bedeutung fortgeschrittener Anlagen und des strategischen Charakters dieser Investitionsart durch die Leitungen der europäischen Unternehmen ein großes Hindernis für ihre Einführung dar.

Hinsichtlich der Arbeitnehmergewerkschaften sollte man bei der Extrapolierung der genannten Ergebnisse auf Gemeinschaftsebene vorsichtig sein, weil sie eher eine grundsätzliche Haltung als tatsächliche Gegebenheiten widerspiegeln; außerdem gibt es feine Unterschiede zwischen der Haltung der Gewerkschaften in den einzelnen Ländern. So stehen die französischen Gewerkschaften den neuen Technologien grundsätzlich positiv gegenüber, während in Deutschland mehr Zurückhaltung vor allem gegenüber dem Wandel in der Arbeitsorganisation herrscht.

Eines ist jedoch klar; der Dialog zwischen den Sozialpartnern ist ein wesentliches Element auf dem Weg zum Erfolg der flexiblen Automatisierung. Ohne diesen Dialog oder bei zu wenig Kontakten kommt es zu größeren Auseinandersetzungen, wie dies Citroën oder Peugeot in den vergangenen Monaten erleben mußten, während eine langfristige Konzertierungspolitik solches Mißgeschick verhindern hilft, wie dies bei Volvo deutlich wird. Zwar sollten auch diese Vergleiche aufgrund der unterschiedlichen Lage und der Umgebung der jeweiligen Firma mit Vorsicht betrachtet werden, doch ist darin immerhin eine allgemein gültige Botschaft enthalten.

Hervorzuheben ist auch, daß sich alle Bedingungen für einen fruchtbaren Dialog durchaus herstellen lassen; die fortgeschrittenen Anlagen können die Arbeitnehmer von unangenehmen oder gefährlichen Aufgaben befreien, ein Fortbildungsplan kann einen höheren Ausbildungsstand herbeiführen, eine langfristig ausgerichtete Planung könnte massive Entlassungen vermeiden helfen und eine Arbeitsorganisation sowie eine Qualifikationsstruktur gewährleisten, die für Arbeitnehmer und Angestellte des Unternehmens attraktiv sind. Dies gilt, sofern die Sozialpartner die Automatisierung als Chance und nicht als Bedrohung für die Arbeitsplätze oder ein Mittel zur Verringerung des Einflusses der Arbeitnehmer sehen.

(v) Standort der Unternehmen

Die neugeschaffenen Arbeitsplätze entsprechen nicht den durch die Einführung der fortgeschrittenen Anlagen zerstörten Arbeitsplätzen in der verarbeitenden Industrie, was bereits hinsichtlich der Qualifikation erwähnt wurde.

Leider dürfte das gleiche auch für den geographischen Standort gelten. Das erforderliche Schlüsselement wird immer mehr die Verfügbarkeit qualifizierten Personals und die Standortnähe der für die Wartung der Systeme zuständigen Firmen, womit die graue Masse der wesentliche Produktionsfaktor wird. Außerdem bedeutet die zunehmende Wichtigkeit geringer Lagerbestände und somit die Einführung von "gerade rechtzeitig" operierenden Liefersystemen (s. Seite) für die Hersteller von Zwischenerzeugnissen, die in andere Erzeugnisse verarbeitet werden sollen, daß sie sich möglichst geographisch ihren Kunden annähern, was die Konzentrierung der Industrie um die neuen technologischen Kernstandorte beschleunigen und verstärken dürfte.

ANHANG I

FORTGESCHRITTENE ANLAGEN UND IHRE VERBREITUNG BEI DEN BENUTZERN

A. ÜBERBLICK

Das bei diesem Anhang zugrunde gelegte Vorhaben besteht darin, die verschiedenen Arten von fortgeschrittenen Anlagen anhand von zahlreichen aber unvollständigen, uneinheitlichen und häufig nur schwer vergleichbaren Informationen nacheinander zu prüfen, um genügend Elemente für einen in sich geschlossenen und globalen Überblick über die derzeitige Lage zu sammeln.

Die beiden ersten Abschnitte befassen sich mit Werkzeugmaschinen beziehungsweise Robotern, die die grundlegenden Elemente der im darauffolgenden Abschnitt untersuchten verschiedenen Arten von automatisierten Fertigungssystemen sind. Die Analyse geht dann auf den rechnergestützten Entwurf ein, um schliesslich die gesamten vor- und nachgelagerten Aktivitäten der eigentlichen Produktion einzubeziehen.

Jeder dieser verschiedenen Teilsektoren ist schon für sich alleine genommen interessant und verdient eine eingehende spezifische Untersuchung. Es muss jedoch betont werden, dass das Ganze mehr ist als die Summe seiner Teile und dass die tatsächlichen Auswirkungen der fortgeschrittenen Anlagen vor allem bei ihrer Integration in automatisierte Systeme zu spüren sein werden.

B. FORTGESCHRITTENE WERKZEUGMASCHINEN

(i) Begriffsbestimmung

Der Begriff fortgeschrittene Werkzeugmaschinen bezieht sich hier auf numerisch gesteuerte (NC-) Werkzeugmaschinen.

Ausgehend von den in den fünfziger Jahren entwickelten platzraubenden und kostspieligen ersten NC-Modellen hat die Mikroelektronik seit Mitte der siebziger Jahre zu einer Reihe von signifikanten Entwicklungen geführt. Dank der DNC (*) und dann der CNC (*) wurde die Arbeitsweise der numerischen Steuerung durch Abschaffung der Lochkarten und durch die Möglichkeit, das die Maschine steuernde Programm sehr rasch zu ändern, erheblich erleichtert. Angesichts der Leistungssteigerung der Mikroprozessoren ist es inzwischen möglich, die NC mit einer CAD-Anlage (Computer Aided Design = rechnergestützter Entwurf) zu verbinden.

(*) DNC = Direct Numerical Control: (direkte numerische Steuerung): Die Maschine ist direkt an einen zentralen Rechner angeschlossen (der eine oder mehrere Maschinen steuert).

CNC = Computer Numerical Control (Rechnersteuerung): Jede Maschine wird durch einen eigenen Mikroprozessor gesteuert.

Dadurch ist es möglich, Veränderungen nicht nur im Arbeitsablauf, sondern auch bei der Auslegung des Produktes mit einer sehr grossen Flexibilität durchzuführen.

Die NC hat eine ausserordentlich wichtige Rolle gespielt, da sie die Entwicklung von Maschinen mit mehreren Funktionen wie der Bearbeitungszentren ermöglicht, die die gleichzeitige Steuerung von mehr als zwei Bewegungsachsen erfordern, was vor der Einführung der NC nicht möglich war. Die jüngsten Fortschritte im Bereich der Mikroelektronik ermöglichen es, die Werkzeugmaschinen mit Messführlern für den Nachweis des Kraftmoments und des Werkzeugbruches sowie die Erkennung der Werkstücke auszustatten, sie mit Systemen für den Werkzeugwechsel auszurüsten und ihnen damit ein bisher unbekanntes Mass an Autonomie (Überwachungsfreie Schichten) zu verleihen.

Schliesslich ist auf die zunehmende Tendenz hinzuweisen, numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen mit automatischen Be-/Entladungssystemen auszurüsten, die der einzelnen Werkzeugmaschine eine Kapazität verleihen, die sich der einer kleinen (aus einer Werkzeugmaschine und einem Beschickungs-/Entladeroboter bestehenden) flexiblen Fertigungszelle nähern.

(ii) Produktivität und Wirtschaftlichkeit

Es wird im allgemeinen davon ausgegangen, dass der Übergang von einer konventionellen Werkzeugmaschine zu einer NC(*)-Maschine die Möglichkeit bietet, die Maschinenproduktivität - vor allem durch Verringerung der Nebenzeiten - um einen Faktor 3 zu erhöhen.

Indessen aber, aufgrund ihrer grösseren Komplexität (Einbeziehung von Software und elektronischen Bauteilen), belaufen sich die Kosten einer NC-Maschine auf ungefähr das Doppelte einer traditionellen Maschine. Der Ertrag des investierten Kapitals wäre demnach für eine NC-Maschine nur halb so hoch als für eine traditionelle. Eine echte Bewertung des wirtschaftlichen Ertrags sollte jedoch auch den grösseren Verschleiss der NC-Maschinen infolge intensiverem Einsatzes, die erhöhten Wartungskosten für eine technisch hochwertige Maschine, aber auch Gewinne, insbesondere bei der Lagerhaltung durch Verringerung der Nebenzeiten berücksichtigen.

Ein anderer Gesichtspunkt, der nicht vernachlässigt werden darf, ist die Verdoppelung der Investition pro Maschine. Die Bereitstellung bedeutender Mittel bei der Anschaffung einer NC-Maschine kann eine echte Barriere für Kleinbetriebe oder Betriebe mit schwacher Finanzstruktur darstellen.

(*) Der Begriff NC wird hier im weiteren Sinne verwendet und umfasst auch weiterentwickelte Steuerungen wie die CNC.

(iii) Verbreitung bei den Benutzern

Die folgende Tabelle zeigt den Anteil der NC-Werkzeugmaschinen am gesamten Werkzeugmaschinenbestand verschiedener Länder.

	<u>Jahr</u>	<u>Prozentualer Anteil von NC-Maschinen am Gesamtbestand</u>
USA	1983	4,7
Japan	1981	2,9
Deutschland	1980	2,2
Vereinigtes Königreich	1982	3,3
Frankreich	1980	1,6

Quelle: MTTA- Statistik 1984

Nach diesen Daten und unter Berücksichtigung der Unterschiede zwischen den Daten, an denen die verschiedenen Erhebungen durchgeführt wurden, scheint kein Land einen signifikanten globalen Vorsprung beim Einsatz von NC-Maschinen erlangt zu haben.

Sektorspezifisch muss darauf hingewiesen werden, dass der Luft- und Raumfahrt-industrie in den Ländern, in denen sie vertreten ist, eine besonders wichtige Multiplikatorwirkung zukommt.

(iv) Situation der europäischen Hersteller

Die Werkzeugmaschinenindustrie der Gemeinschaft steht mit etwa 20 % des Weltmarktes, aber nahezu 30 % der Produktion traditionsgemäß weltweit an der Spitze. In den letzten Jahren hat sich diese Position allerdings verschlechtert, und man hat - wie aus Tabelle II in Anhang III hervorgeht - eine verringerte Wettbewerbsfähigkeit der europäischen und insbesondere der deutschen (*) Industrie festgestellt. Diese Verschlechterung, die vor allem gegenüber Japan sehr ausgeprägt ist, hängt mit der Einführung der neuen Informationstechnologie zusammen.

Die japanische Industrie hat durch eine modulare Auslegung (Baukastenkonzeption) - sowohl auf der Ebene der Maschine als auch auf der Ebene ihrer numerischen Steuerung - seit Mitte der 70er Jahre bedeutende Investitionen im Hinblick auf die Normung ihrer Werkzeugmaschinen durchgeführt. Dadurch hatte sie die Möglichkeit, die Anzahl der mechanischen Teile bei gleichzeitiger Ausweitung der Losgrößen zu verringern. Diese Strategie, die eine signifikante Ausgangsinvestition und die Fertigung einer bedeutenden Auswahl von Maschinen und numerischen Steuerungen erfordert, damit die mengenbedingten Rationalisierungs- und Lerneffekte voll zur Geltung kommen, ermöglicht es den japanischen Herstellern, die ihre Bemühungen bereits weitgehend auf die kleinen Bearbeitungszentren und numerisch gesteuerten Drehmaschinen konzentriert haben, sehr viel niedrigere Stückpreise als ihre Wettbewerber zu erreichen. Bei der Vermarktung dieser beiden Arten von

(*) Auf Deutschland entfällt mehr als die Hälfte der Gemeinschaftsproduktion.

kleinen Maschinen und aufgrund einer konventionellen Fertigung haben die Europäer einen Nachteil, der zwischen 10 und 40 % - bezogen auf die Japaner auf dem europäischen Markt - liegt, aber bis zu 60 % auf dem amerikanischen Markt* erreicht. Daraus ergibt sich ein spektakulärer Durchbruch der japanischen Hersteller in dieser Nische kleiner Standard-NC-Maschinen, der dadurch erleichtert wird, dass die anderen Hersteller von Werkzeugmaschinen seinerzeit in diesem Bereich nur wenig vertreten waren, da nur die mit der Massenfertigung verbundene Normung das Erreichen der Preise ermöglichte, die einen echten Markt geschaffen haben.

Der spektakuläre Durchbruch der japanischen Hersteller von NC-Werkzeugmaschinen wird durch die folgenden Zahlen verdeutlicht:

Quelle: JETFO, IPA, CECIMO

Fertigung von NC-Werkzeugmaschinen (Einheiten)			
	1975	1980	1982
Japan	2.182	22.052	26.398
USA	4.136	8.856	8.000
Deutschland	1.085	4.743	8.000
Vereinigtes Königreich	739	1.240	1.800
Italien	800	2.700	3.000
Frankreich	500	1.100	1.300

Die Verlangsamung der Entwicklung zwischen 1980 und 1983 ist mit dem Rückgang der globalen Produktion von Werkzeugmaschinen um etwa 20 % im gleichen Zeitraum in Verbindung zu bringen.

Es muss betont werden, dass die Bearbeitungszentren und NC-Drehmaschinen - die nahezu alle kleiner sind - nahezu 70 % der japanischen Gesamtproduktion von NC-Maschinen darstellen und dass die europäische Industrie, was die anderen Arten von Maschinen betrifft, in der Regel auch weiterhin eine starke Stellung hat. So sind z.B. bei Bohr- und Fräsemaschinen nur 6 bzw. 7 % der japanischen Produktion mit numerischen Steuerungen ausgerüstet, während die entsprechende Zahl für Deutschland bei nahezu 50 % liegt. Im übrigen hat sich der japanische Vormarsch auf dem europäischen Markt für NC-Drehmaschinen und Bearbeitungszentren in den letzten zwei bis drei Jahren dank des vom MITI ausgeübten mässigenden Einflusses in Form von Mindestpreisen bei der Ausfuhr von Werkzeugmaschinen**, die dazu geführt haben sollen, dass die Preise der in Europa verkauften japanischen Werkzeugmaschinen um 30 bis 40 % zunahmen, deutlich verlangsamt.

Auch wenn es dank dieser Art von Intervention möglich ist, einen Teil der Probleme zu kaschieren, können die wirklichen und dauerhaften Lösungen nur von europäischer Seite kommen. Trotz der ermutigenden Zeichen (5) für Bemühungen von seiten der europäischen Hersteller zur Annahme der Herausforderung der neuen Informationstechnologien sind sie unerschwellig auch weiterhin anfällig, da sie noch immer weder die Stückzahlen noch die automatisierten Fertigungsmethoden erreicht haben, die es ihnen ermöglichen, den Wettbewerb mit den japanischen Herstellern von Bearbeitungszentren und NC-Drehmaschinen des unteren Bereichs der Produktpalette auf wirtschaftlicher Ebene aufzunehmen (***).

(*) Analyse der Produktionskosten in der zur Zeit laufenden strategischen Untersuchung der Werkzeugmaschinenindustrie der Gemeinschaft.

(**) Diese Preise gelten für die Ausfuhren in die USA und Kanada seit 1978 und die EWG seit 1981.

(***) Die jährlichen europäischen Produktionsvolumen für diese Arten von Maschinen liegen zwischen 150 und 375 Maschinen, während die entsprechenden Volumen in Japan bei etwa 1.500 Maschinen liegen.

Die europäischen Hersteller können diese Art von Maschinen nur dank des "Cash flow" weiterherstellen, den sie aufgrund ihrer anderen Aktivitäten aufbringen. Darüber hinaus ergeben sich in zunehmendem Masse Möglichkeiten zur Anwendung dieser Produktionstechniken auf andere Arten von Maschinen und insbesondere auf die Bearbeitungszentren und NC-Drehmaschinen des mittleren Bereichs der Produktpalette, so dass die Europäer in Zukunft auch in diesen Segmenten einem stärkeren Wettbewerbsdruck ausgesetzt sein dürften.

Im Hinblick auf die Automatisierung muss noch auf die wachsende Bedeutung der Bearbeitungszentren hingewiesen werden, die eines der grundlegenden Elemente der flexiblen Fertigungszellen und Fertigungssysteme sind.

(v) Nachfrageperspektiven

Der Werkzeugmaschinenmarkt hatte zwischen 1980 und 1983 mit der schlimmsten Rezession der Nachkriegszeit zu kämpfen. Die meisten Sachverständigen erwarten im Laufe der nächsten Jahre eine deutliche Wiederbelebung. So legen die amerikanischen Analytiker "Frost & Sullivan" für die globale Nachfrage nach spanabhebenden Werkzeugmaschinen folgende Prognose vor:

(in Millionen USD)				
1980	1983	1985	1987	1990
5.642	3.900	4.650	5.870	7.440

Im Rahmen der Gesamtnachfrage hat der Anteil der NC-Maschinen in den vergangenen Jahren ständig zugenommen. Ein Hinweis hierfür ist der wachsende Anteil der NC-Maschinen an der Gesamtproduktion von Werkzeugmaschinen: zwischen 1980 und 1982 ist dieser Anteil (wertmässig) gestiegen von

- 17 auf 27 % in Deutschland
- 15 auf 23 % im Vereinigten Königreich
- 29 auf 35 % in den USA (*)
- 50 auf 54 % in Japan

Das Policy Studies Institute in London hat 1983 die Absichten eines repräsentativen Spektrums der britischen Industrie untersucht. Den Ergebnissen dieser Erhebung zufolge dürfte der Bestand an CNC-Maschinen im Vereinigten Königreich (**) von 17.000 Einheiten im Jahr 1983 auf 27.000 Einheiten im Jahr 1985 steigen und damit ein jährliches Wachstum von etwa 25 % erreichen; dieser Prozentsatz steht im Einklang mit den anderen Angaben, über die die Kommission verfügt (6).

Man kann daher davon ausgehen, dass die fortgeschrittenen Werkzeugmaschinen im Laufe der nächsten Jahre durch Substitution weniger leistungsfähiger konventioneller Maschinen auch weiterhin sehr stark zunehmen werden. Auf längere Sicht gesehen, könnte jedoch auf diese Periode des raschen Wachstums eine gegebenenfalls ausgeprägte Abschwächung folgen, die auf mehrere Faktoren zurückzuführen wäre:

- die grössere Produktivität der NC-Maschinen im Vergleich zu den konventionellen Maschinen, die es ermöglicht, die Investition und den Bestand der Maschinen bei gleichbleibender Produktion zu verringern (dieser Faktor wird durch die schnellere Erneuerung der Maschinen infolge ihres intensiveren Einsatzes teilweise kompensiert);

(*) Maschinen, die mehr als 2.500 USD kosten;

(**) In Unternehmen, die mehr als 20 Personen beschäftigen.

- zunehmende Einbeziehung der NC-Maschinen in automatisierte Systeme, bei denen die Zahl der erforderlichen Maschinen bei einer gleichbleibenden Produktionskapazität auf bis zu einem Drittel des herkömmlichen Bedarfs reduziert werden kann und bei denen die zahlenmässigen Auswirkungen - bei Investitionen in konstanter Höhe - der Boston Consulting Group zufolge wie folgt veranschlagt werden können:

Prozentualer Anteil von NC-Maschinen, die als Teil eines Systems verkauft werden	5	10	25	50
Rückgang der Nachfrage nach NC-Maschinen	- 5 %	- 9 %	- 20 %	- 33 %

- Verringerung des Bearbeitungsbedarfs durch eine bessere Auslegung des Produkts und seiner Bestandteile;
- Auftauchen von Substitutionswerkstoffen für Metall und neuer Fertigungsverfahren.

C. INDUSTRIEROBOTER

(i) Begriffsbestimmung

Der Begriff "Robotik" wird häufig sehr lose gefasst, um den gesamten Automatisierungsprozess der Fertigung abzudecken. In diesem Abschnitt geht es vor allem um Industrieroboter, die auf verschiedene Art und Weise - global, aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften (Grad der technischen Perfektion) oder nach funktionellen Kategorien - definiert werden können. Im Gegensatz zur landläufigen Meinung ist die Begriffsbestimmung von Robotern alles andere als eine rein akademische Frage. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die japanische JIRA (*) vor einigen Jahren eine sehr weitgefasste Begriffsbestimmung (7) des Roboters mit fünf Klassen vorgeschlagen hat, die 1979 als japanische Norm JIS (**) angenommen wurde und derzufolge es in Japan 1980 einen Bestand von 76.500 Robotern gegen 4.500 in den USA und 4.000 in Westeuropa gab. Aufgrund der europäischen und amerikanischen Begriffsbestimmungen lag die Zahl für Japan in Wirklichkeit näher bei 5.500 Einheiten. Man kann jedoch davon ausgehen, dass die psychologische Wirkung der Ankündigung eines derartigen Vorsprungs Japans nicht unbeträchtlich war. Eine derart weitgefasste Begriffsbestimmung hat es ferner ermöglicht, unter die japanischen Hersteller von Robotern eine grosse Zahl von Herstellern festprogrammierte Aufnehm- und Ablegeeinheiten (Pick- and Place) aufzunehmen. Sie kamen dadurch in den Genuss einer bedeutenden Unterstützung von seiten des MITI, die dazu führte, dass sie technisch komplexere Geräte herstellten, an die sie sich vermutlich sonst nicht gewagt hätten.

In der folgenden Analyse wird der Begriff Roboter gemäss den Begriffsbestimmungen (7) der ISO, des Robot Institute of America und der British Robot Association verwendet, die einander sehr ähnlich sind und aus denen sich folgende Elemente ergeben:

- ein Roboter ist ein Handhabungsgerät (Werkstücke, Werkzeuge, Sondervorrichtungen),
- er ist frei programmierbar,
- er übernimmt mehrere Funktionen,
- die Programmierung der Bewegungsabläufe ist variabel.

(*) JIRA = Japan Industrial Robots Association: Verband der japanischen Roboterhersteller, gegründet auf Anregung des MITI.

(**) JIS = Japanese Industrial Standard.

Auch hier wiederum wird ein bedeutendes Spektrum von Robotern, vom einfachen Teach-in-Roboter (Playback Robot), der eine von der Bedienungsperson gezeigte Sequenz speichert, bis zum intelligenten Roboter abgedeckt, der dank seiner sensorischen Fähigkeiten in der Lage ist, in seinem Arbeitsumfeld zu reagieren.

(ii) Produktivität und Wirtschaftlichkeit

In Anbetracht ihrer Verschiedenartigkeit zum einen und ihrer Neuartigkeit bei den Fertigungsverfahren zum anderen ist es schwierig, die Produktivität oder die Wirtschaftlichkeit der Roboter im allgemeinen zu messen.

Ein Mass für die Produktivität eines Roboters kann jedoch durch den Zeitraum für die Abschreibung des Anlagekapitals angegeben werden. Wenn mit zwei Schichten täglich gearbeitet wird, liegt dieser zur Zeit in den günstigsten Fällen bei etwa 2,5 bis 3 Jahren für Handhabungs-/Transfer-Roboter, Schweissroboter und Lackierroboter. Letzten Endes muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die Produktivität des Roboters nach Massgabe seines Beitrags zu einem teilweise oder vollständig automatisierten Produktionssystem gemessen werden muss, dem der Roboter dank seiner vielseitigen Verwendbarkeit und seiner Möglichkeiten zur freien Programmierung ein entscheidendes Element der Flexibilität verleiht. Auch hier wiederum ist auf die Bedeutung der Verringerung der Nebenzeiten, vor allem bei den Funktionen Beschickung/Entladung von Werkzeugmaschinen - dank des Wegfalls der erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen für die menschlichen Bedienungspersonen - zu verweisen.

(iii) Verbreitung bei den Benutzern

Schätzung der Roboterbestände in verschiedenen Ländern						
	1978	1980	1981	1982	1983	mittlere jährliche Zunahme 1980-1983
Deutschland	450	1.200	2.300	3.500	4.800	41%
Ver. Königreich	125	371	731	1.152	1.753	47%
Frankreich	n.v.	580	790	1.385	2.010	36%
Italien	n.v.	400	450	790	1.800	46%
Insges. 4 Länd.	n.v.	2.551	4.253	6.827	10.363	42%
Japan	3.000	6.000	9.500	13.000	16.500	29%
USA	2.500	3.500	4.500	6.250(*)	8.000	23%
Schweden	800	1.133	1.700	1.300(*)	1.900(*)	n.v.

Quelle: OECD (**), British Robot Association und Association Française de Robotique Industrielle

Dieser Vergleich zeigt deutlich, dass sich die Verbreitung von Robotern in der europäischen Industrie nach einer verhältnismässig langsamen Anlaufphase stark beschleunigt und es der Gemeinschaft ermöglicht hat, einen Teil ihres Rückstandes gegenüber Japan aufzuholen und 1982/1983 sogar die Vereinigten Staaten zu überflügeln. Um den Vergleich realistischer zu gestalten, müssen diese absoluten Zahlen über die Anzahl der Roboter jedoch in Beziehung zu der Beschäftigung in der Industrie gesetzt werden.

(*) Nach unten revidierte Daten aufgrund einer Veränderung der Begriffsbestimmung.

(**) Die OECD hat ihre Informationen aus verschiedenen Quellen geschöpft (BRA, BIPE, Diebold und STT), die nicht unbedingt in allen Punkten vergleichbar sind.

Anzahl der Roboter je 10.000 in der Industrie beschäftigten Personen (NACE 2/4)			
	1978	1980	1983(a)
Deutschland	0.5	1.4	6.3
Vereinigtes Königreich	0.2	0.6	3.4
Frankreich	n.v.	1.1	4.1
Italien	n.v.	0.7	3.4
Japan	2.3	4.4	11.8
USA	1.1	1.6	3.9
Schweden	7.8	11.0	20.3(b)

(a) Für die Beschäftigung im Jahre 1983: Schätzungen der Kommission

(b) Mit den früheren Zahlen nicht vergleichbar; siehe vorhergehende Tabelle

Schweden und in geringerem Masse Japan verfügen daher auch weiterhin über einen bedeutenden Vorsprung beim Einsatz von Robotern. Global gesehen bestätigt diese Tabelle, dass die Gemeinschaft die Vereinigten Staaten eingeholt hat; die besonders rasche Verbreitung von Robotern in Deutschland seit Beginn der 80er Jahre verdient besonders hervorgehoben zu werden.

Es erscheint ferner von Interesse, auch die sektorale Verbreitung der Roboter zu untersuchen.

Verteilung der Roboter nach Industriezweigen (%)				
	Deutschland (1981)	Ver.Königreich (1980)	Japan (1980)	Schweden (1979)
Verkehr-	46	39	n.v.	22
darunter:				
- Automobilindustrie	- n.v.	- 34	- 30	- n.v.
- sonstige	- n.v.	- 5	- n.v.	- n.v.
Elektroindustrie	14	5	36	9
Maschinenbau	12	10	n.	15
Metallerzeugnisse	6	17	5	51
Spritzgießen	6(a)	14(b)	10	n.v.
Sonstige	16	15	19	3
Insgesamt	100%	100%	100%	100%

(a) Kunststoff und sonstige Werkstoffe.

(b) Kunststoffe und Gummi.

Quelle: OECD, Zusammenstellung der Kommission

Diese Tabelle zeigt die entscheidende Bedeutung, die dem Verkehrsbereich vor allem der Automobilindustrie in Deutschland und im Vereinigten Königreich zukommt. Das gleiche gilt auch für Frankreich, wo 958 der 1983 installierten 2.010 Roboter auf den Automobilsektor entfielen und Italien, wo die Relationen ähnlich sein dürften. In diesem Zusammenhang scheint es von Interesse, einen internationalen Vergleich über den Einsatz der Roboter in der Automobilindustrie aufgeschlüsselt

nach dem abnehmenden Nutzungsgrad aufzustellen. Die ersten vier Plätze dieser Rangordnung werden von Firmen der Gemeinschaft belegt (Es wäre indessen interessant gewesen, auch Volvo mit zu berücksichtigen; drei davon sind deutsche Firmen, was dazu beiträgt, das rasche Wachstum des Roboterbestandes in Deutschland zu erklären.

Hersteller	Fahrzeugproduktion	Anzahl der Roboter (82)	Roboter/100.000 Fahrzeuge
Mercedes (D)	480.000	550	114
BMW (D)	360.000	350	97
Volkswagen-Audi (D)	1.538.000	950	62
Fiat (IT)	1.186.000	640	54
GM (USA)	4.630.000	2.300	50
Toyota (J)	3.145.000	1.400	44
Nissan (J)	2.408.000	1.000	41
Mazda (J)	1.110.000	430	39
Chrysler (USA)	967.000	360	37
Ford Europ	1.233.000	400	32
Renault (F)	1.719.000	450	26
Peugeot SA (F)	1.423.000	350	25
Ford (USA)	2.192.000	500	23

(iv) Situation der europäischen Hersteller

In den ersten Entwicklungsstadien der Industrieroboter waren es vor allem die unabhängigen amerikanischen Hersteller, die dem weltweiten Robotermarkt ihren Stempel aufdrückten. An erster Stelle ist hier die - inzwischen von Westinghouse übernommene - Firma Unimation zu nennen, die noch 1982 32 % des amerikanischen Marktes, nahezu 25 % des europäischen Marktes und etwa 15 % des Weltmarktes für Roboter hielt.

Seit Mitte der 70er Jahre ist die Lage jedoch dank einer koordinierten Aktion des MITI zur Entwicklung sowohl der Produktion als auch der Nachfrage nach Robotern in Japan durch einen schnellen Vormarsch der japanischen Fertigung gekennzeichnet. *) Die Ergebnisse waren spektakulär und können durch den folgenden Vergleich verdeutlicht werden:

Fertigung von programmierbaren Robotern im Jahre 1982

Japan	7.000
Europa	3.200
USA	1.800

Quelle: Frost & Sullivan.

In Europa spielen die unabhängigen skandinavischen Hersteller wie ASEA und Trallfa, welche übrigens einen wichtigen Kooperationsvertrag abgeschlossen haben (zwischen ihnen selbst und ihren amerikanischen und japanischen Partnern) wie aus der nachstehenden Tabelle hervorgeht - seit mehreren Jahren eine herausragende Rplle:

*) Siehe Hauptdokument, Seite 14

Marktanteile in Westeuropa im Jahre 1981 (Quelle: OECD)

Unimation (USA)	23 %
Trallfa (Norwegen)	20 %
ASEA (Schweden)	15 %
Elektrolux	5 %
Volkswagen (Deutschland)	12 %
Kaufeldt (Schweden)	4 %
Sonstige	21 %

Die bedeutenden Marktanteile der skandinavischen Hersteller sind zum Teil der Wiederhall des sehr hohen Nutzungsgrades in diesen Ländern, vor allem in Schweden. Seit 1981 hat sich die Präsenz der europäischen Hersteller entwickelt, insbesondere beim Punktschweißen (Kuka in der BRD, ACMA in Frankreich, COMAU in Italien) mit starker Beteiligung der ASEA und Rückgang bei der Unimation.

Dennoch läßt alles darauf schließen, daß die Herstellung von Robotern in der Gemeinschaft in der Zwischenzeit einen bedeutenden Aufschwung genommen hat, der weitgehend mit der beschleunigten Einführung der Roboter in der Europäischen Automobilindustrie zusammenhängt. Es sind nämlich weitgehend die Hersteller von Kraftfahrzeugen der Gemeinschaft, die selbst für die Fertigung dieser (für firmeneigene Märkte bestimmten) Roboter verantwortlich sind. In diesem Zusammenhang sind ACMA (Filiale von Renault) COMAU (Filiale von Fiat) und Volkswagen zu nennen. Angesichts der beherrschenden Rolle der Automobilindustrie bei der Nachfrage nach Robotern und der Schnelligkeit, mit der sie von der Gemeinschaftsindustrie eingeführt werden, muß dieses Phänomen erhebliche Auswirkungen zugunsten der Produktion innerhalb der EWG haben.

Ein bemerkenswertes Beispiel auf einer anderen Ebene ist Italien, wo sich die Produktion von Robotern 1975 auf nur 30 % der Inlandsnachfrage belief und wo diese Zahl 1979 auf nahezu 140 % stieg. Den italienischen Herstellern ist es gelungen, einen im Umbruch befindlichen Markt, auf dem es noch sehr viele hochspezialisierte Anwendungen gibt (siehe Liste unter Anmerkung 7) und der sich daher gut für eine Einzel- oder Kleinserienfertigung eignet, für welche die Struktur der italienischen Industrie besonders gute Voraussetzungen bietet, voll auszunutzen. Auf der anderen Seite der Skala, im Vereinigten Königreich, ist der prozentuale Anteil der durch die Inlandsproduktion gedeckten Nachfrage von 23 % im Jahre 1980 auf 34 % im Jahre 1983 gestiegen. Man darf indessen nicht aus den Augen verlieren, daß diese Zahlen auch amerikanische oder japanische Roboter umfassen, die in Lizenz in Europa gefertigt werden. Trotz der global noch schwachen Position der Hersteller der Gemeinschaft erlaubt es das Auftauchen einer Reihe europäischer Hersteller und das europäische know how im Bereich der Montage (DEA und Olivetti in Italien, Bosch und Mantec (Siemens) in der BRD, SCEMI (CGE) in Frankreich) mit einem gewissen Optimismus in die Zukunft zu sehen.

Obwohl die mengenbedingten Rationalisierungseffekte bisher keine bedeutende Rolle für die europäischen Hersteller gespielt haben, muß darauf hingewiesen werden, daß die japanische Industrie - die hier das gleiche Konzept wie bei NC-Werkzeugmaschinen zugrundelegt - eine Strategie der Kostensenkungen durch Serienfertigung mit Hilfe der modularen Normung verfolgt. Statt sich darum zu bemühen, technisch besonders hochwertige und damit kostspielige Roboter zu konstruieren, die zahlreiche Funktionen erfüllen können, legt die japanische Industrie das Schwergewicht auf die Entwicklung einfacher, schneller und preiswerter Roboter (Typ Scara) und auf Baukostenstrukturen, von denen zwar jede nur eine begrenzte Zahl von Tätigkeiten durchführen kann, die aber die Möglichkeit zu Kombinationen bieten, um das gewünschte Resultat zu erreichen. Zur Zeit sind die japanischen Ausfuhren von Robotern noch verhältnismäßig gering; die japanischen Hersteller scheinen Handels und in geringerem Maße Lizenzabkommen zu bevorzugen, die auf einem noch relativ begrenzten

*) -----
Die Interessen von Elektrolux auf dem Gebiet der Roboter sind inzwischen von ASEA übernommen worden.

Markt, auf dem die lokale Präsenz (Wartung) sehr wichtig ist, weniger Risiken beinhalten. Falls es sich hierbei nicht etwa um eine bewusste Politik handelt, durch die Handelskonflikte vermieden werden sollen, ist es jedoch durchaus möglich, dass der Konkurrenzdruck durch Drittländer in den nächsten Jahren sehr viel stärker werden wird.

Was die Lizenzvereinbarungen angeht, kann man - obwohl zahlreiche Abkommen zwischen Europäern auf der einen und Amerikanern und Japanern auf der anderen Seite bestehen - nur mit grossem Erstaunen das nahezu völlige Fehlen inner-europäischer Abkommen feststellen. Schliesslich ist festzuhalten, dass die Roboter von allen Arten von fortgeschrittenen Anlagen am wenigsten ausgereift sind (9) und dass es sich demzufolge um einen sehr fließenden und in rascher Entwicklung befindlichen Markt handelt, auf dem keine Position als gesichert betrachtet werden kann.

(v) Nachfrageperspektiven

Quantitativ gesehen hat die OECD in ihrer Untersuchung von 1983 eine ganze Reihe von Schätzungen aus unterschiedlichen Quellen über das Wachstum des Robotermarktes für verschiedene OECD-Länder vorgelegt. Diese sind in Tabelle III des Anhangs III aufgeführt.

Im grossen und ganzen tendieren die Prognosen dazu, das jährliche globale Wachstum dieses Marktes auf 25 - 30 % zu veranschlagen, was angesichts der früheren Zuwachsraten nicht unrealistisch erscheint.

Der derzeitige Weltmarkt für Roboter wird auf etwa 500 Millionen USD veranschlagt (*). Den von der OECD zusammengetragenen Angaben zufolge, könnte der Markt 1990

- 1,5 bis 2 Milliarden USD in den USA
- nahezu 1 Milliarde USD in Europa
- etwa 0,7 Milliarden USD in Japan

erreichen. Qualitativ gesehen ist - wie aus den nachstehenden Prognosen hervorgeht - eine erhebliche Steigerung beim Einsatz von Robotern für die Montage zu erwarten:

Funktionen der Roboter		
	1981	1990
- Punktschweissen	40 %	3 %
- Handhabung/Beschickung und Entladung von Maschinen	29 %	32 %
- Oberflächenbehandlung	11 %	4 %
- Montage	6 %	35 %
- Lichtbogenschweissen	6 %	16 %
- Sonstige	8 %	10 %
	100 %	100 %

Quelle: A.D. Little

Die Veränderungen sind im Lichte des bis 1990 erwarteten Wachstums der Märkte zu interpretieren.

(*) Nach einer Untersuchung der Financial Times vom Januar 1984.

Was die Verbrauchersektoren angeht, wird der Kraftfahrzeugbereich vermutlich auch auch weiterhin zu den wichtigsten Benutzern gehören. Man muss damit rechnen, dass der Einsatz von Montagerobotern in der Mikroelektronik rasch zunimmt, und - generell gesehen -, dass der Einsatz von Robotern nach und nach in den meisten Industriezweigen Fuss fassen wird.

Die wachsende Bedeutung der Montage dürfte im Übrigen auch für die europäischen Hersteller von Nutzen sein, die über ein internationales Know-how auf diesem Gebiet verfügen (Montage- und Portalroboter).

D. FLEXIBLE FERTIGUNGSZELLEN, FERTIGUNGSSYSTEME UND TRANSFERSTRASSEN

(i) Begriffsbestimmungen

Wie auch anderswo spielen die Begriffsbestimmungen eine bedeutende Rolle, und die auf dieser Ebene bestehenden Unterschiede erklären zum grossen Teil die Meinungsverschiedenheiten oder gar Widersprüche, die in den verschiedenen Analysen über die flexiblen Fertigungssysteme zu Tage treten.

Für den weiteren Verlauf des Berichts schlagen wir vor, folgende Begriffsbestimmungen zu verwenden:

Flexible Fertigungszelle: besteht aus mehreren miteinander verketteten Werkzeugmaschinen (häufig Standardmaschinen), die aufgrund eines Betriebsprogramms nach einem festen Verfahrensablauf arbeiten. In ihrer einfachsten Ausführung handelt es sich um eine mit einem Roboter verkettete Werkzeugmaschine, doch kann es sich auch um mehrere Werkzeugmaschinen (in der Regel um weniger als fünf) mit oder ohne Roboter handeln. In der Regel handelt es sich um Serien von 20 bis 500 Stück.

Flexibles Fertigungssystem (FFS): besteht wie die Fertigungszelle aus mehreren Maschinen, verfügt aber über eine Softwarekapazität, die eine variable und optimierte Zuführung der Werkstücke ermöglicht. Erfordert einen Leitreechner und Algorithmen für die Werkstückerkennung, die Rüstzeiten usw. Die Software ist sehr viel komplizierter als die einer Zelle, während die Kapazität der Informationsverarbeitung im Vergleich zu einer flexiblen Fertigungszelle in einem Verhältnis von 10 zu 1 steht. Die variable Zuführung der Werkstücke bedeutet, dass ein technisch hochwertiges Transportsystem erforderlich ist, das häufig aus fahrerlosen Fahrzeugen besteht. Die Serien liegen in der Regel bei 50 bis 2.000 Stück.

Flexible Transferstrasse: Ebenso wie bei den konventionellen Transferstrassen werden die Arbeiten entlang einer starren Strasse und gemäss einem vorgegebenen Verfahrensablauf durchgeführt, wobei für jeden Arbeitsgang spezifische Maschinen eingesetzt werden. Hier jedoch werden die verschiedenen Bearbeitungsstellen numerisch gesteuert und gegebenenfalls an einen zentralen Rechner angeschlossen. Eben dies verleiht der Strasse ihre Flexibilität und ermöglicht sehr rasche Veränderungen der Positionierung oder Abmessung. Im Vergleich zu einer konventionellen Strasse, auf der nur ein einziges Werkstück bearbeitet wird, ermöglicht die flexible Strasse die Bearbeitung einer kleinen Werkstückfamilie. Die Länge der Serien ist jedoch weiterhin bedeutend und liegt zwischen 1.000 und 10.000 Stück.

Wenn diese Begriffsbestimmungen mit denen der fortgeschrittenen Werkzeugmaschinen und der Roboter zusammengefasst werden, können - wie aus Tabelle IV des Anhangs III hervorgeht - alle zur Zeit vorhandenen Möglichkeiten der Bearbeitung in bezug auf Produktivität und Flexibilität zusammengefasst werden. Man sieht dort, inwieweit es die fortgeschrittenen Anlagen ermöglichen, Produktivität und Flexibilität zu

vereinen, um eine teilweise oder vollständige Automatisierung der Fertigung in kleinen Serien zu erreichen, die damit zum ersten Mal verwirklicht werden kann. Ein weiteres Merkmal dieser flexiblen Systeme und vor allem der FFS ist ihre Autonomie, die es ihnen in einigen Fällen ermöglicht, etwa 10 Stunden Überwachungsfrei zu arbeiten. Diesem Punkt kommt für Anlagen, die häufig im Rund-um-die-Uhr-Betrieb arbeiten müssen, besondere Bedeutung zu.

Die drei vorstehenden Begriffsbestimmungen wurden nach zunehmender Bedeutung der zu bearbeitenden Serien, nicht aber nach dem wachsenden Grad der Komplexität und demzufolge der Kosten der Systeme vorgestellt. Es ist anzumerken, dass das FFS mit seiner technisch sehr aufwendigen Software den im Hinblick auf eine schnelle Anpassung an den Markt grössten Komplexitäts- und Flexibilitätsgrad aufweist. Auf dieser Ebene kommt den Begriffsbestimmungen eine nicht nur theoretische, sondern auch praktische Bedeutung zu. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Amerikaner die Transferstrassen als FFS ansehen, während die Japaner dazu neigen, unter dem Begriff FFS die drei Systemarten zusammenzufassen und damit systematisch die am weitesten gefasste Auslegung geben. Selbst in Europa neigen die Sachverständigen häufig dazu, die (in bezug auf die Anzahl der Maschinen) grösseren flexiblen Fertigungszellen als FFS anzusehen, auch wenn sie das unserer Auffassung nach ausschlaggebende Kriterium der variablen optimierten Zuführung nicht erfüllen.

(ii) Produktivität und Wirtschaftlichkeit

Die Lage stellt sich je nach Art des Systems unterschiedlich dar.

Flexible Fertigungszelle

Die flexiblen Fertigungszellen haben inzwischen ein hohes Mass an Rentabilität erreicht und ermöglichen eine erhebliche Verringerung der Stückkosten, die bei etwa 25 % liegen kann. Der wichtigste Faktor dieser Kostensenkung ist auf den Rückgang der Arbeitskosten zurückzuführen. Erneut ist festzustellen, dass zu Beginn bedeutende Mittel erforderlich sind.

FFS

Hier muss die Analyse sehr viel nuancierter ausfallen. Die technischen Berechnungen stellen häufig spektakuläre Ergebnisse heraus, die durch den nachstehenden Vergleich veranschaulicht werden:

<u>Vergleich des Werks Minokamo von Yamasaki (4 miteinander verbundene FFS) mit einer konventionellen Fertigungsanlage gleicher Kapazität</u>		
	<u>Werk Minokamo</u>	<u>Konventionelle Anlage</u>
Anzahl Werkzeugmaschinen	43	90
Anzahl Beschäftigte	39	195
hiervon - Fertigung	36	170
- Steuerung (Überwachung)	3	25
Bearbeitung (in Tagen)	30	91
Flächenbedarf (m ²)	6.600	16.500

Quelle: VDI - Z (Januar 1984)

Die wirtschaftlichen Realitäten führen jedoch zu einer sehr viel vorsichtigeren Bewertung, da den Investitionen, die mit der Komplexität des Systems überproportional zunehmen, eine derart grosse Bedeutung zukommt, dass die Wirtschaftlichkeit

im allgemeinen nur dann gegeben ist, wenn das System problemlos - und damit ohne allzuvielen Ausfälle - funktioniert und keine zusätzlichen externen Kosten (z.B. Abfindungen bei Entlassungen) verursacht. Nun gibt es jedoch noch häufig technische Probleme, die mit der Komplexität des Systems auf der Ebene der Handhabung der Werkstücke, der Überwachung der Werkzeuge sowie der Zuverlässigkeit der Maschinen und der Software exponentiell zunehmen. Darüber hinaus genügt es, dass die Nachfrage nach dem Endprodukt zurückgeht, so dass das System nur noch mit zwei anstelle von drei Schichten (z.B. 16 anstelle von 24 Stunden) arbeiten kann, um seine Rentabilität erheblich einzuschränken. Aus diesem Bündel von Faktoren ergibt sich, dass die Rentabilität der FFS bei fehlenden steuerlichen Anreizen oder sonstigen flankierenden Massnahmen von seiten der Regierungen in den meisten Fällen auch weiterhin sehr begrenzt ist.

Es gibt jedoch eine Ausnahme von dieser Regel: Industrien, in denen eine Vielzahl von Werkstücken mit hohem spezifischem Wert zu bearbeiten ist und in denen die Reihenfolge der Fertigung nur schwer abgeschätzt werden kann. In diesen Fällen, für die die Luft- und Raumfahrtindustrie oder der Maschinenbau gute Beispiele darstellen, bestand die einzige Möglichkeit zur Einhaltung der Fertigungstermine bisher darin, hohe Lagerbestände zu halten. Das FFS ermöglicht es, die Lager- und Umlaufbestände zu eliminieren oder zumindest beträchtlich abzubauen und ist damit vom wirtschaftlichen Standpunkt her gesehen vollumfänglich gerechtfertigt, da die Rentabilität der Investitionen im Vergleich mit den anderen Fällen um das Vier- bis Fünffache multipliziert wird. Wenn das FFS seine volle Wirtschaftlichkeit erreichen soll, muss es daher häufig an ein automatisches Transport- und Lagersystem angeschlossen sein. Das System kann entweder aus einem zentralen Lager bestehen, in dem fahrerlose Fahrzeuge - gesteuert von dem zentralen Rechner - die erforderlichen Elemente in den verschiedenen Abschnitten des Lagers suchen, oder aus einer Reihe kleinerer Lager bestehen. Neben den mit dem FFS verbundenen Vorteilen bietet die automatische Lagerung bedeutende Vorzüge in Bezug auf die Genauigkeit, die Überwachung der Lagerbestände, den Flächenbedarf sowie die Sicherheit und die Verringerung der Anzahl beschädigter Werkstücke.

Abschliessend muss noch betont werden, dass sich nicht unbedingt alle Vorteile des FFS für eine klassische finanzielle Analyse eignen, da auch Elemente, wie der Wettbewerbsvorteil zu berücksichtigen sind, der sich aus der Verkürzung der Fertigungszeit, der Verringerung der menschlichen Fehler und damit der Verbesserung der Qualität (vor allem der Genauigkeit) des im Rahmen des Systems erzeugten Produktes ergibt.

Flexible Transferstrassen

Im Vergleich zu den bereits weit verbreiteten konventionellen Transferstrassen ist die Auslegung der flexiblen Strassen sehr viel stärker modular aufgebaut, da die Steuerung nicht zentral, sondern auf der Ebene jeder Bearbeitungsstelle erfolgt. Dieses Baukastenprinzip ermöglicht eine weitergehende Normung der Steuerungselemente und in geringerem Masse der Maschinenelemente und damit eine Senkung der Kosten für eine Transferstrasse um bis zu 25 %. Hinzu kommen die bereits erwähnten Vorteile, die mit der vielseitigen Einsetzbarkeit dieser Anlagen zusammenhängen.

(iii) Verbreitung bei den Benutzern

Die Verwirrung auf der Ebene der Begriffsbestimmungen erschwert die Auswertung der Statistiken über flexible Fertigungssysteme vorallem bei internationalen Vergleichen. Die nachstehende Tabelle, die die Entwicklung der Anzahl der FFS in Europa, Japan und den USA verdeutlicht, wird daher nur mit Vorbehalt vorgelegt. Die Zahlen, die einer im Auftrag der Kommission durchgeführten zur Zeit laufenden Untersuchung entnommen wurden, entstammen verschiedenen Quellen. Darüber hinaus basieren sie auf einer Begriffsbestimmung des FFS, die auch die wichtigsten flexiblen Fertigungszellen einschliesst.

Jahr	Europa	USA	Japan
1967		1	
1969		2	
1970		4	
1971	1 (1)		
1972		5	4
1973		6	
1974	2 (2)		6
1975			20
1976	6 (4)	7	24
1977	7 (5)		26
1978	9 ()	8	
1979	15 (9)	14	
1980	17 ()	17	28
1981	21 (11)	21	35
1982	31 (17)	27(a)	45
1983	41 ()	34(a)	

() = 0 (a) unvollständige Zahlen

Diese Entwicklung könnte schematisch in drei Phasen unterteilt werden:

1. Vorsprung der Amerikaner zu Beginn der 70er Jahre
2. spektakulärer Durchbruch der Japaner ab 1975
3. intensive Bemühungen der Europäer zur Aufholung des Rückstandes seit Beginn 80er Jahre.

Angeichts der Bedeutung der öffentlichen Anreize für die Rentabilität der FFS hängen der Durchbruch der Japaner und die vor kurzem erfolgte beschleunigte Entwicklung in Europa mit den bedeutenden Unterstützungspolitiken zusammen, die auf der Ebene der Regierungen eingeleitet und in Anhang II analysiert werden. Vergleichbare Zahlen für flexible Fertigungszellen und Transferstrassen liegen nicht vor. Es ist häufig die Rede von 100 oder gar 200 FFS in Japan, je nach den mehr oder weniger umfassenden Begriffsbestimmungen, die zugrunde gelegt werden.

Was die Transferstrassen angeht, ist zur Zeit eine bedeutende und rasche Bewegung zur Substitution der konventionellen Strassen durch flexible Strassen zu verzeichnen. 1982 waren in Europa nur 10 % der Strassen flexibel, während die Neubestellungen 1984 zur Hälfte aus flexiblen Strassen bestehen.

Transferstrassen werden vor allem von der Automobilindustrie eingesetzt. Statistiken über die sektorale Verbreitung der flexiblen Fertigungszellen liegen uns nicht vor; für die FFS gibt die nachstehende Tabelle einen Überblick über ihre Verbreitung in den verschiedenen Industriezweigen, der auf einer internationalen Erhebung basiert.

	<u>Japan</u>	<u>USA</u>	<u>Deutschland</u>
Automobilindustrie (einschl. Zulieferern)	3	2	5
Bau- und Landmaschinenbau	4	8	1
Maschinenbau	15	1	4
Schwermaschinenbau	4	-	-
Feinmechanik	-	1	1
Elektro- und Elektronik- industrie	2	1	2
Luft- und Raumfahrtindustrie	-	4	2
	<u>28</u>	<u>17</u>	<u>15</u>

Quelle: Boston Consulting Group

(iv) Situation der europäischen Hersteller

Angesichts der Bedeutung der Instandhaltung und des Kundendienstes für die komplexen Systeme und, im Falle des FFS, der bedeutenden Fristen für die Inbetriebnahme des Systems (häufig nahezu zwei Jahre) erweist sich eine lokale Präsenz für den Verkauf der Systeme als unverzichtbar. Dies erklärt, warum der weitaus grösste Teil der in Europa vorhandenen Systeme durch europäische Firmen installiert wurde. Die deutschen und italienischen Hersteller haben sich den Löwenanteil dieses Marktes gesichert. Die gute Leistung Italiens verdient besonders hervorgehoben zu werden, da trotz einer sehr schwachen inländischen Basis (es soll in Italien nur 4 bis 5 FFS geben) mehrere bedeutende Hersteller (Comau, Olivetti, Berardi, Mandelli, SAIMP) existieren, die auf dem europäischen Markt beachtliche Erfolge zu verzeichnen hatten.

Obwohl die Erhebung über die Anzahl der FFS (vergleiche die beiden vorstehenden Tabellen) einen ersten Anhaltspunkt über die relative Position der Hersteller in den verschiedenen Weltregionen liefert, müssen auch qualitative Kriterien berücksichtigt werden: Anzahl der unterschiedlichen Werkstücke, die hergestellt werden, Grösse des Systems und Integrationsgrad, Grad der Autonomie.

<u>Anzahl der Systeme</u>	<u>Anzahl der hergestellten Werkstücke</u>			
	<u>5 bis 10</u>	<u>11 bis 100</u>	<u>101 bis 200</u>	<u>> 200</u>
USA	12	2	1	-
Japan	6	8	3	2
Deutschland	2	3	11	2

Quelle: Boston Consulting Group

Dieser Vergleich muss mit einer gewissen Vorsicht interpretiert werden, da er vielleicht auch unterschiedliche Begriffsbestimmungen widerspiegelt. Dennoch zeigt er die gute Position der deutschen Industrie in bezug auf den Faktor Flexibilität (*), der in der Kapazität besteht, eine Vielzahl unterschiedlicher Werkstücke zu bearbeiten (und damit ein Indikator für die Komplexität der Software ist).

(*) Im Rahmen des FFS ist das Konzept der Flexibilität auf zwei Ebenen angesiedelt: Anzahl der bearbeiteten Werkstücke und Flexibilität der Lager (inventory flexibility).

Was die Grösse der Systeme und ihren Integrationsgrad angeht, scheint Japan einen Vorsprung gewonnen zu haben; es verfügt über vier sehr grosse Systeme mit mehr als 15 Maschinen (vor allem Fujitsu Fanuc, Mori Seiki und Yamazaki) gegen zwei in Europa und einem in den Vereinigten Staaten. Mit dem gleichen Vorbehalt hinsichtlich der Begriffsbestimmungen haben wir aufgrund von verschiedenen Quellen die folgende Tabelle zusammengestellt:

Anzahl der Maschinen	Anzahl FFS		
	USA	Japan	EWG (*)
5	2	12	6
6-10	10	7	7
11-15	4	1	3
16-20	-	1	1
20	1	3	1

(*) Deutschland, Frankreich und Vereinigtes Königreich.

Im übrigen sind sich die verschiedenen Quellen darüber einig, dass die japanischen Anlagen einen grösseren Integrationsgrad aufweisen, der sich in ihrer weitgehenden Autonomie widerspiegelt: So soll es in Japan 15 FFS geben, die in der Lage sind, etwa 10 Stunden Überwachungsfrei zu arbeiten gegen nur zwei in Europa (**).

Was die weniger komplexen Systeme, d.h. die flexiblen Fertigungszellen angeht, dürfte der internationale Wettbewerbsdruck zunehmen, da die japanischen Hersteller, die immer nach den gleichen Grundsätzen vorgehen, standardisierte Zellen entwickelt haben, die sie verstärkt exportieren wollen und die schon jetzt einige Erfolge in den Vereinigten Staaten erzielt haben. Falls die europäischen und amerikanischen Hersteller von "massgeschneiderten" Zellen nicht sehr rasch reagieren, besteht die Gefahr, dass sie ebenso wie bei den Bearbeitungszentren und den NC-Drehmaschinen ausmanövriert werden.

(v) Nachfrageperspektiven

Hier sind je nach der Art der Anlage beträchtliche Unterschiede zu verzeichnen.

Die Rentabilität der flexiblen Fertigungszellen ist erwiesen. Sie stellen eine für mittlere Unternehmen (mehr als 500 Beschäftigte) zugängliche finanzielle Investition dar, zumindest im Prinzip, da dies, wie aus der finanziellen Analyse in Abschnitt B des Hauptdokuments hervorgeht, nicht ohne gewisse praktische Probleme läuft. Das Aufschwungpotential ist daher erheblich.

Bei den flexiblen Transferstrassen handelt es sich vor allem um einen Prozess der Substitution für konventionelle Strassen. In dieser Beziehung wurde bereits auf das Tempo der laufenden Entwicklung verwiesen; man schätzt, dass 1995 nur noch 10 % der Nachfrage auf konventionelle Strassen entfallen werden, während der Rest durch flexible Strassen und in begrenztem, aber noch schwer vorherzusehendem Masse durch flexible Fertigungszellen und FFS ersetzt würde.

(*) NEDO Advanced Manufacturing Systems Group; Yoshikawa, Rathmill und Havatny: Computer Aided Manufacturing; VDI-Z; A.D. Little; I.S.I.; zur Zeit laufende Untersuchung der Kommission.

(**) Zur Zeit laufende Untersuchung über die FFS im Auftrag der Kommission.

Die Grössenordnung der Investitionen in FFS bedeutet, dass sie nur für Grossunternehmen in Frage kommen (neun von zehn FFS sind in Firmen installiert, die mehr als 2000 Personen beschäftigen), was den potentiellen Markt erheblich einschränkt. Da ein grosser Teil der Gewinne des FFS mit der Verringerung der Nebenzeiten verknüpft ist und da diese für die grossen Werkstücke proportional niedriger sind, wird das FFS vor allem für kleinere Werkstücke eingesetzt, was das Expansionspotential weiter verringert.

Dennoch kann man dank der Impulse der öffentlichen Hand eine Fortsetzung des schnellen Wachstums der im Betrieb befindlichen FFS erwarten, wie aus den nachstehenden Zahlen hervorgeht, denen vor allem die Funktion eines Richtwertes zukommt.

Flexible Fertigungssysteme (a) in Europa			
	in Betrieb	Geplant	Insgesamt
Belgien	4	-	4
Frankreich	3	15	18
Deutschland	5	26	31
Vereinigtes Königreich	4	21	25

Quelle: NEDO - 1984

(a) Die Begriffsbestimmung könnte auch flexible Fertigungszellen einschliessen

E. RECHNERGESTÜTZTER ENTWURF (CAD)

(i) Begriffsbestimmung

Der CAD deckt eine breite Palette von Anwendungsbereichen in der gesamten Industrie ab, die rechnergestützte grafische Systeme verwenden, und ist mit den Tätigkeiten bei der Auslegung von Produkten und Prozessen verknüpft.

Auf der Ebene der Produkte erstreckt sich der CAD von einfachen Einheiten, die es ermöglichen, Zeichnungen oder Pläne in zwei Dimensionen zu erstellen, bis zu Anlagen, die mit einer komplexen Software für das dreidimensionale Modellieren ausgestattet sind. Die Analysen oder Begriffsbestimmungen beschränken sich häufig auf diesen Aspekt des CAD. Der CAD geht jedoch weit über diese Funktionen hinaus. Auf der Produktionsebene kann er auch mit dem CAE, (Computer Aided Engineering rechnergestütztes Lösen von Ingenieuraufgaben) verbunden sein, d.h. einer Software, die es ermöglicht, den Entwurf zu analysieren und die Leistungskennwerte der Werkstücke (z.B. thermische Verformung, Torsionsfestigkeit usw.) zu bewerten. In Grenzfällen ermöglicht es das CAE, den Bau kostspieliger Prototypen zu vermeiden. Der CAD wird auch für wichtige Anwendungen auf der Ebene der Prozesse und bei der Planung des Einsatzes der Maschinen und ihres Arbeitsablaufs, das heisst vor allem dafür eingesetzt, was man als "Gruppentechnologien" bezeichnet. Das Prinzip der Gruppentechnologie ist einfach: Es handelt sich zum einen darum, dank des CAD (*) die herzustellenden Werkstücke zu ermitteln und zu erfassen, und zwar nicht etwa auf der Grundlage des Produktes, für das sie bestimmt sind, sondern nach Massgabe der ihnen innewohnenden Ähnlichkeiten und zum anderen darum, die verschiedenen Prozesse einzustufen, um sie in Zellen zu organisieren, von denen jede dazu bestimmt ist, eine Serie von Werkstücken einer bestimmten Familie - wie sie mit Hilfe des CAD definiert wird - zu fertigen. Der CAD kann ferner dazu verwendet werden, Fertigungsprogramme für numerisch gesteuerte Werkzeugmaschinen zu erstellen.

(*) Durch Aufbau von Datenbanken, die eine sehr ausführliche geometrische Beschreibung der Werkstücke geben und die es ermöglichen, diese

(ii) Produktivität und Wirtschaftlichkeit

Die Vorteile des CAD können nur schwer quantifiziert werden. Ganz offensichtlich bewirkt der CAD eine häufig spektakuläre Senkung der Entwicklungs- und Entwurfskosten mit einer entsprechenden Verkürzung des Lebenszyklus des Produktes. Die Gewinne sind jedoch auch auf die Senkung der Fertigungskosten, nicht nur auf der Ebene der Prozessplanung und der Gruppentechnologie, sondern auch auf die Optimierung der Auslegung des Produktes und des Materialeinsatzes zurückzuführen. So wies der Peugeot 305 von 1977 3.700 Schweisspunkte auf. Diese Zahl wurde für den Peugeot 205 von 1983 auf 2.500 reduziert. Hinzu kommt die Qualitätsverbesserung, die sich aus einer besseren Auslegung und die grössere Flexibilität, die sich aufgrund des CAD ergibt. Schliesslich muss betont werden, dass eine ganze Reihe von Produkten - ob es sich nun um fortgeschrittene mikroelektronische Bauelemente oder um die neueste Generation von Flugzeugen handelt - ohne den CAD überhaupt nicht realisiert werden könnte.

Basierend auf einer Umfrage bei amerikanischen Benutzern hat die Firma Control Data eine Reihe von Produktivitätsfaktoren für den CAD vorgelegt.

<u>Elektronische Anwendung</u>	<u>Produktivitätsfaktor</u> <u>(Statistischer Mittelwert)</u>
Schaltplanerstellung	3,0 - 5,0
Verdrahtungspläne	3,5 - 4,5
Leiterplattenentwurf	3,5 - 4,5
Integrierte Schaltungen	10,0 - 20,0
<u>Mechanischer Entwurf</u>	
Detailkonstruktion	2,0 - 3,0
Zusammenstellung, Zeichnung	2,0 - 4,0
Entwürfe	2,5 - 3,5
Blechabwicklung	3,5
Rohrleitungsentwurf	2,5 - 3,5
Angebotsunterlagen/Dokumentationen	3,0 - 5,0
NC-Lochstreifenherstellung	4,0 - 6,0
<u>Sonstige Bereiche</u>	
Anlagenplanung,	3,0 - 4,0
Datenaufbereitung, Berechnung, Auswertung	3,0 - 6,0

Diese Produktivitätsfaktoren entsprechen den Angaben aus anderen Quellen (4). Dennoch ist es vielleicht erforderlich, diese technischen Berechnungen in bezug auf die Wirtschaft zu nuancieren, da es so aussieht, als ob die hohen Kosten der CAD-Systeme häufig verhältnismässig lange Abschreibungszeiten implizieren (Boeing rechnet für seine CAD-Ausrüstung mit einem Zeitraum von 7 Jahren) und da die Standardsoftware für Firmen, die nicht die Möglichkeit haben, ihre eigene Software zu entwickeln, häufig unzureichend angepasst ist.

(*) Anlässlich eines von der deutschen Maschinenbauindustrie abgehaltenen Seminars im September 1983.

In Wirklichkeit werden die Vorteile für das Unternehmen weitgehend von dessen spezifischer Lage und von der Anzahl der mit der CAD-Anlage durchzuführenden Arbeitsgänge abhängen. So kann sie sich zum Beispiel für ein kleines Ingenieurbüro, das nur wenige Personen beschäftigt, als rentabel erweisen, während sie für ein grosses Unternehmen, das nur begrenzte CAD-Arbeiten durchführt, nicht gerechtfertigt ist. Darüber hinaus sind diese Vorteile zu einem grossen Teil nur schwer quantifizierbar.

Schliesslich darf man den raschen technologischen Fortschritt nicht vergessen, durch den sich dieser Sektor auszeichnet, und der zu einer kontinuierlichen Senkung der Hard- und Softwarekosten, zum Inverkehrbringen einer ständig wachsenden Anzahl von Standard-Softwarepaketen und zum Auftauchen von auf dem CAD-Bereich spezialisierten Dienstleistungsunternehmen für die kleineren Benutzer führt, die ausserstande sind, eine eigene Anlage anzuschaffen.

(iii) Verbreitung bei den Benutzern

Der CAD-Weltmarkt, der sich 1983 auf 1,6 Milliarden USD belief, verzeichnete in den letzten beiden Jahren ein jährliches Wachstum von 30 % und dürfte 1984 nochmals um 45 bis 50 % zunehmen, um 2,3 Milliarden USD zu erreichen *. Dennoch ist beim Einsatz des CAD in Europa noch ein grosser Nachholbedarf zu verzeichnen.

So schätzt beispielsweise der VDMA (**), dass zur Zeit etwa 50 % der japanischen Firmen des Maschinenbausektors den CAD verwenden, während die entsprechende Zahl für Deutschland bei etwa 3 % liegt. Weitere Angaben, die globaler ausgerichtet sind, gehen aus der folgenden Tabelle hervor:

<u>Schätzungen des Nutzungsgrades des CAD (1982)</u>		
	<u>Anzahl der CAD-Systeme</u>	<u>Vergleich zum BIP</u>
Norwegen	70	1,6
Schweden	208	2,4
Frankreich	562	1,2
Deutschland	375	0,6
Vereinigtes Königreich	620	1,6
USA	6.600	3,5

Quelle: Arnold-CADCAM International - August 1984 (***)

Es besteht kein Zweifel daran, dass die europäischen Unternehmen beim CAD-Einsatz einen sehr ausgeprägten Nachholbedarf gegenüber den Vereinigten Staaten und Japan haben. Der Rückstand ist umso bedeutender, als ein Zeitraum von mehreren Monaten (der bis zu zwei Jahren erreichen kann) erforderlich ist, um sich mit dem CAD vertraut zu machen und seine Vorteile optimal zu nutzen.

(*) Quelle: Merryl Linch.

(**) Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau

(***) Der Verfasser meldet einen Vorbehalt bezüglich der Gültigkeit und Vergleichbarkeit dieser Zahlen an.

(iv) Situation der europäischen Hersteller

Der CAD-Weltmarkt wird weitgehend durch die grossen amerikanischen Hersteller beherrscht:

<u>Anteil am CAD-Weltmarkt</u>		
	<u>1983</u> (in Mio USD)	<u>Prozentualer Marktanteil*</u>
Computervision	403.0	23.3
IBM	332.0	19.2
Intergraph	255.0	14.7
GE-Calma	159.0	9.2
Schlumberger-Applicon	103.0	6.0
Mc Donnell Douglas Auto	70.0	4.0
Auto-Trol	53.0	3.1
Control Data	49.2	2.8

Quelle: Daratech Inc.

Was den europäischen Markt angeht, entfallen, wie aus den folgenden Zahlen hervorgeht, etwa zwei Drittel auf die amerikanischen Hersteller:

<u>Prozentualer Anteil verschiedener Lieferanten am europäischen CAD-Markt</u>			
<u>Lieferanten</u>	<u>Frankreich (82)</u>	<u>Deutschland (81)</u>	<u>Vereinigtes Königreich (81)</u>
Applicon (USA)	21	10	3
Computervision (USA)	36	32	29
IBM (USA)	n.v.	n.v.	12
Sonstige	5	18	20
Secma (F)	12		
Matra (F)	6		
Siemens (D)		8	
Racal (GB)	11	7	15
Compeda (GB)			6
Ferranti (GB)			2
Quest (GB)			10
CIS (GB)			2
Anteil der einzelstaatl. Herst.	23	11	36
Anteil der europ. Hersteller	38	40	36
Anteil der amerik. Hersteller	62	60	64

Quelle: Arnold-CAD/CAM International - August 1984 (***).

- (*) Dieser Markt wird von Daratech Inc. für 1983 auf 1,7 Mrd USD veranschlagt.
- (**) Wurde inzwischen von Computervision aufgekauft.
- (***) Vorbehalt hinsichtlich der Gültigkeit und Vergleichbarkeit der Zahlen.

Diese Zahlen sind ein deutlicher Hinweis auf einen erheblichen Rückstand der deutschen Hersteller, der im übrigen dem geringen Durchdringungsgrad des CAD in Deutschland entspricht. Die Situation in Frankreich und im Vereinigten Königreich ist etwas günstiger, aber generell fällt besonders auf, wie sehr die europäischen Hersteller auf ihren nationalen Markt ausgerichtet sind.

Die Stärke der amerikanischen Hersteller und der hohe Durchdringungsgrad des CAD in den Vereinigten Staaten sind auf die Multiplikatorwirkung der militärischen Forschung zurückzuführen und beruhen auf dem wichtigen Markt, den die Luft- und Raumfahrtindustrie (sowohl als zukunftsorientierter als auch als Massenmarkt) darstellt.

Dennoch existiert in Europa ein erhebliches Know-How, vor allem auf der Ebene der Software. Die europäische Luft- und Raumfahrtindustrie und vor allem das Programm Airbus spielen auf diesem Gebiet die Rolle einer treibenden Kraft. Einige europäische Firmen sind in speziellen Nischen so erfolgreich, dass sie sogar von amerikanischen Grossfirmen herangezogen (IBM vermarktet das System Catia von Dassault) oder von diesen aufgekauft werden (CIS in England durch Computervision).

Ein weiterer wichtiger Faktor muss festgehalten werden: in zahlreichen Fällen werden die fortschrittlichsten CAD-Systeme für den internen Gebrauch entwickelt. Dies gilt vor allem für IBM und andere amerikanische Grossunternehmen, aber auch für einige grosse japanische Gruppen. Wenn diese Systeme auf den Markt kommen, geschieht dies mit einer erheblichen Verzögerung, da den betreffenden Firmen mehr an dem globalen Wettbewerbsvorsprung, den ihnen die Benutzung dieser CAD-Systeme verschafft, als an ihrer Vermarktung gelegen ist.

(v) Nachfrageperspektiven

Wie bei den anderen Arten von fortgeschrittenen Anlagen, erwarten die Sachverständigen im allgemeinen auch hier einen besonders starken Aufschwung des Marktes (*). Die einzige konkrete Angabe, die uns für die Gemeinschaft vorliegt, bezieht sich auf den britischen Markt: die Anzahl der CAD-Endgeräte in der Industrie dürfte von 9.000 Geräten im Jahre 1983 auf 14.000 Geräte im Jahre 1985 steigen, was einer jährlichen Zunahme von etwa 25 % entspricht.

F. INDUSTRIELLE INFORMATIONSVERARBEITUNG UND SONSTIGE ARTEN VON FORTGESCHRITTENEN ANLAGEN

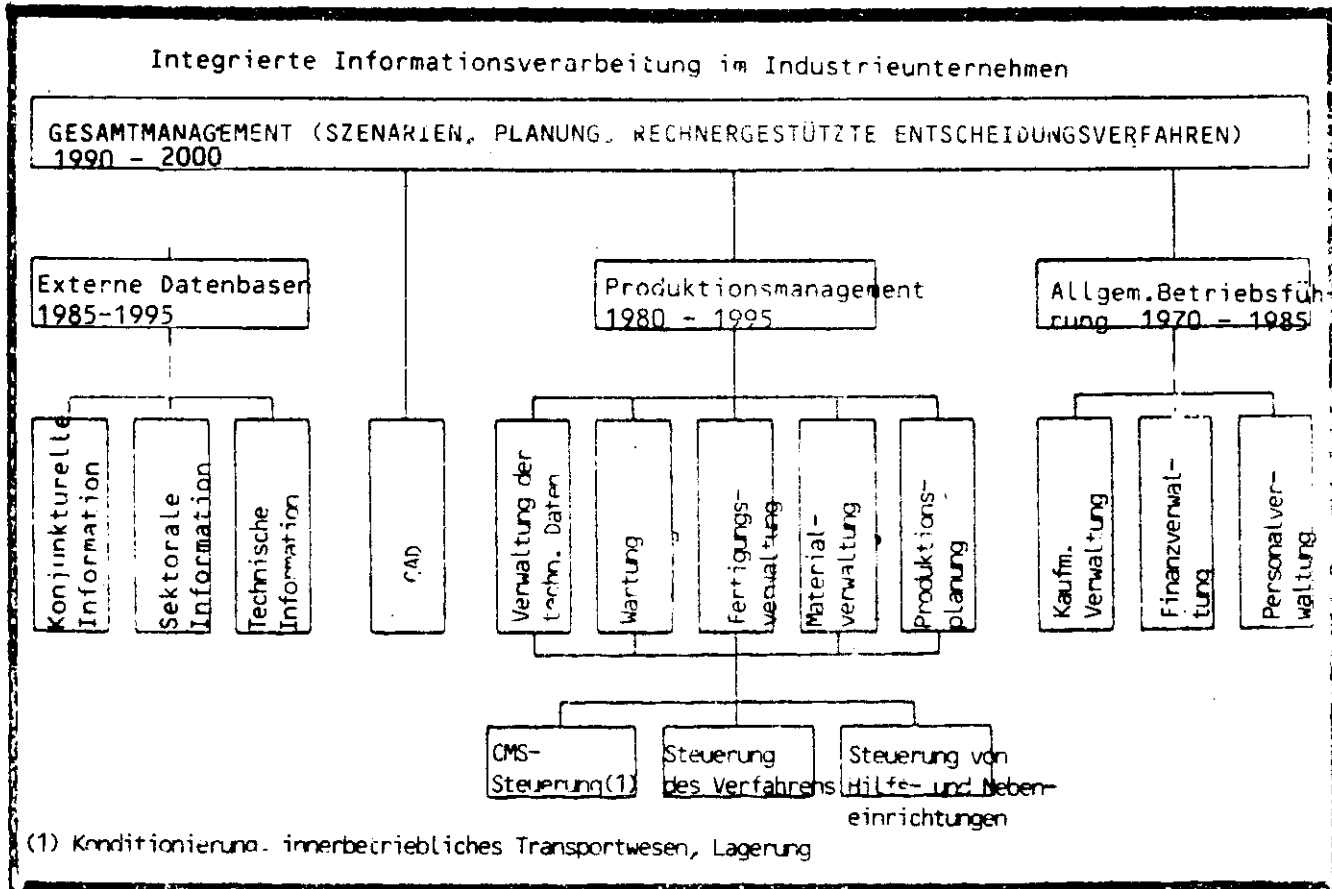
Der Begriff industrielle Informationsverarbeitung wird hier ziemlich weit gefasst und bezeichnet eine Reihe von Elementen für das rechnergestützte industrielle Management.

Im vorgelagerten Bereich der Fertigung kann der rechnergestützte Entwurf, der es - wie aus dem vorhergehenden Abschnitt hervorgeht - ermöglicht, die Organisation der Fertigungsverfahren zu optimieren, mit der rechnergestützten Programmierung der Material- und Teilezufuhr verknüpft werden, während im nachgelagerten Bereich auch die Bestellungen der Kunden über das EDV-Netz mit dem Fertigungsverfahren verknüpft werden können. Die Firma Fiat liefert in dieser Hinsicht ein frappierendes Beispiel. Sie hat ein System aufgebaut, bei dem die Bestellung beim Vertragshändler automatisch die Fertigung des gewünschten Modells in Gang setzt.

(*) Nach A.D. Little: 28 % in den Vereinigten Staaten von 1982 bis 1992.

Im Übrigen erstreckt sich die Informatisierung auch auf das gesamte wirtschaftliche Management des Unternehmens, unabhängig davon, ob es sich um die Rechnungsführung oder um die kaufmännische und finanzielle Verwaltung handelt.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über alle diese Elemente.



Quelle: BIPE

Es ist klar, dass die Vorteile dieser Informatisierung je nach der Sachlage und der Situation des Unternehmens verschieden sein werden. Beim Eingang von Bestellungen hat sich ein in Deutschland installiertes rechnergestütztes System (Heidelberger Druckmaschinen) innerhalb von drei Jahren amortisiert. Für die Lagerbestände verweist A.D. Little auf mittlere Einsparungen in Höhe von einem Drittel, einschliesslich einer nahezu vollständigen Ausschaltung der Fehler und der Vermeidung der Erschöpfung der Lagerbestände. Weitere Vorteile sind auf der Enge der Verringerung der direkten und indirekten Arbeitskosten, der Vermeidung verspäteter Lieferungen und ganz allgemein in der Verbesserung des Kundendienstes zu suchen.

In diesem Zusammenhang ist festzustellen, dass etwa 80 % der in Europa eingesetzten industriellen und wissenschaftlichen Rechner aus den Vereinigten Staaten stammen.

Schliesslich muss noch darauf hingewiesen werden, dass es eine Reihe von Sondermaschinen gibt, die an den Bedarf spezieller Industriezweige angepasst und dazu bestimmt sind, in automatisierte Systeme einbezogen zu werden (flexiblere Zentren für das Spritzgiessen von Kunststoffen, automatisierte Trennmaschinen für die Fertigung von Möbeln, automatische Näh- oder Strickmaschinen in der Bekleidungsindustrie, automatische Zuschneidemaschinen in der Schuh oder Bekleidungsindustrie).

G. COMPUTERINTEGRIERTE FERTIGUNG UND DIE FABRIK DER ZUKUNFT

In den vorstehenden Abschnitten wurde trotz der zahlreichen Schwierigkeiten hinsichtlich der Begriffsbestimmungen und der Vergleichbarkeit der Statistiken der Versuch unternommen, eine Übersicht über die derzeitige Lage für die verschiedenen Arten von fortgeschrittenen Anlagen zu geben.

Dabei darf man jedoch nicht aus den Augen verlieren, dass es sich um eine Momentaufnahme von Sektoren handelt, die sich in unterschiedlichen Phasen ihrer Entwicklung (9) befinden und deren Evolutionsrhythmus sich generell beschleunigt. So ist diese Art von System beispielsweise beim FFS für die meisten potentiellen Benutzer zur Zeit nicht wirklich rentabel. Man muss jedoch davon ausgehen, dass die Verbesserung der Zuverlässigkeit der Maschinen, die Weiterentwicklung der Software, die Lernwirkungen und die mengenbedingten Rationalisierungseffekte in naher Zukunft zu Kostensenkungen führen werden, die den Einsatz der FFS für einen grösseren Teil von Benutzern auch wirtschaftlich rechtfertigen werden.

Für die CAD werden ständig neue Standardprogramme vorgelegt, während die Kosten der Endgeräte - wie auch der gesamten DV-Hardware - weiter zurückgehen. Diese Beispiele könnte man beliebig vermehren. Insofern müssen die heute getroffenen Entscheidungen nicht nur die derzeitige Lage, sondern auch ihre voraussichtliche Entwicklung in den nächsten Jahren berücksichtigen.

Man muss jedoch auch betonen, dass schon heute so vielfältige Ansätze und Lösungen in bezug auf die Technologie und die Kosten zur Verfügung stehen, dass nahezu alle Unternehmen erprobte und auf ihren Bedarf zugeschnittene fortgeschrittene Anlagen finden können.

Obwohl die Analyse gezeigt hat, dass die mit dem Einzeleinsatz dieser verschiedenen Technologien zusammenhängenden Produktivitätsgewinne beträchtlich sind, muss darauf bestanden werden, dass sich die tatsächlichen Vorteile vor allem bei der Integration verschiedener Arten von Anlagen bemerkbar machen: Von diesem Moment an addieren sich die individuellen Gewinne nicht nur, sie multiplizieren sich. So kommt man zur Computerintegrierten Fertigung (CIM), bei der die gesamte industrielle Aktivität im weitesten Sinne integriert durch einen Rechner verwaltet wird. Wenn man die verschiedenen Abschnitte dieses ersten Teils betrachtet, kann man die Bestandteile dieser integrierten Fabrik der Zukunft ausmachen: rechnergestützter Entwurf des Produktes und des Prozesses, rechnergestützte Programmierung der Einkäufe, der Material- und Teillager automatisierte Fertigung, einschliesslich Systemen zur Messung des Verschleisses und des Werkzeugwechsels, zur Diagnose von Störfällen, automatische Qualitätskontrolle der Fertigung, automatische Lagerung und direkte Verbindung mit den von den Kunden aufgegebenen Bestellungen und last, not least die rechnergesteuerte wirtschaftliche und finanzielle Verwaltung des gesamten Komplexes.

Ein Werk, das alle diese Funktionen in integrierter Weise zusammenfasst, gibt es noch nicht. Dennoch stellt es keine utopische Vision einer fernen Zukunft dar, da seine Grundbestandteile schon in verschiedenen Stadien der Vervollkommnung tatsächlich funktionieren und keine unüberwindlichen technischen Hindernisse auftauchen dürfen, auch wenn noch zahlreiche Lösungen gefunden werden müssen.

Was den Nutzen der CIM angeht, ergibt eine neuere Prognose im Bereich der Fachpresse (*) eine Produktivitätssteigerung in der Grössenordnung von 250 % im Falle einer fortgeschrittenen Integration. Was auch immer der Wert dieser Art von Prognosen sein mag und selbst wenn die Verbesserungen der Produktivität der Anlage spektakulär sind, darf man nicht vergessen, dass bei einer Reihe weiterer Bereiche ein ebenso grosser, wenn nicht gar noch grösserer Nutzen zu erkennen ist. In der Fabrik der Zukunft werden die Lagerbestände - unabhängig davon, ob es sich um Endprodukte, im Umlauf befindliche Produkte oder um Teile bzw. Rohstoffe handelt - auf einen Bruchteil der Bestände eines traditionellen Werks reduziert (zur Verdeutlichung der Auswirkungen dieser Reduzierungen möge folgendes Beispiel dienen: ein Antiquitätenhändler, der eine Gewinnspanne von 300 % zugrundelegt, aber seine Möbel zwei Jahre lang aufbewahrt, erzielt einen geringeren Gewinn als ein Supermarkt, der nur eine Gewinnspanne von 3 % zugrunde legt, dessen Bestände aber in zwei Tagen umgesetzt werden) und der Verschleiss der Werkzeuge durch automatisierte Diagnosesysteme verringert. Das gleiche gilt auch für den Verschleiss von Maschinen, wo die automatische Qualitätsprüfung - dank automatischer Systeme für die Diagnose von Störfällen - zu sehr viel geringeren Ausschussquoten führt, während die rechnergestützte Steuerung der gesamten Fertigungskette eine erhebliche Verbesserung der Qualität zur Folge hat. Ebenso werden die Lieferzeiten auf spektakuläre Weise verkürzt (der Vorteil in 2 Wochen statt in 2 Monaten liefern zu können ist vielleicht schwer zu quantifizieren, aber eindeutig entscheidend) und die Einführung neuer Produkte sowie die Erneuerung der Angebotspalette erheblich beschleunigt.

Alle diese Veränderungen werden die derzeitigen wirtschaftlichen Gegebenheiten auf längere Sicht völlig umkrempeln, indem sie das Umfeld, in dem die europäischen Unternehmen tätig sind, von Grund auf verändern. Die Unternehmen müssen sich einer Reihe von technologischen Herausforderungen stellen, um einen tiefgreifenden strukturellen und finanziellen Wandel in den Griff zu bekommen und die damit verbundenen menschlichen Probleme zu überwinden.

(*) Usine Nouvelle, 3. Quartal 1984

ANHANG II

Staatliche Unterstützung der Fertigungsautomatisierung (Europa - USA - Japan)

Einleitung

Dieser Bericht enthält eine Zusammenfassung der von den einzelstaatlichen Regierungen getroffenen Maßnahmen zum Anreiz der Fertigung und des Einsatzes von automatisierten Fertigungsanlagen in Deutschland, dem Vereinigten Königreich, Italien, Frankreich, den USA und Japan.

Dabei sollte nicht vergessen werden, daß der Bericht Beihilfen im Rahmen der Verteidigungsausgaben der Mitgliedstaaten der EG (die bei der Unterstützung der Fertigungsautomatisierung mit Hilfe dieser Instruments zurückhaltender als die USA sind) nicht berücksichtigt. Ebenso wenig werden regionale Beihilfen (oder Beihilfen der Länder bzw. der US-Staaten) oder Ausfuhrbeihilfen, die es in allen betreffenden Ländern gibt, vollauf berücksichtigt. Auch Anreize im Rahmen des Steuersystems bleiben mit Ausnahme von Japan unberücksichtigt. Einige spezifische Forschungsverträge, die von Regierungen an die Industrie vergeben werden (wie z.B. BMFT in Deutschland) werden nicht abgedeckt. Im Rahmen der EG müssen diese der Kommission zur Zeit nicht notifiziert werden. Außerdem befaßt sich der Bericht nicht mit Ausgaben für die Fertigungsautomatisierung von öffentlich-rechtlichen Körperschaften wie den Post- und Fernmeldeverwaltungen für ihren eigenen Bedarf, die eine weitergehende Wirkung haben könnten. Schließlich sind auch Ausgaben für Bildungszwecke weitgehend ausgeklammert.

Viele Maßnahmen, insbesondere regionale Unterstützungsmaßnahmen, haben einen umfassenderen Anwendungsbereich als die Fertigungsautomation. Wenn entsprechende Maßnahmen in dem Bericht beschrieben werden, werden wir uns darum bemühen, auf die breitenwirksame Natur der Programme hinzuweisen.

Deutschland

Ein großer Teil der von der deutschen Regierung geleisteten Unterstützung für die Fertigungsautomatisierung wurde im Rahmen von breit angelegten Programmen wie dem Programm Humanisierung des Arbeitslebens abgewickelt. Wenn auch die Unterstützung für den Einsatz von Robotern nicht als die erste Priorität für dieses Programm dargestellt wurde, war sie doch ein wichtiger Aspekt. Zwischen 1973 und 1983 wurden 700 Mio DM aufgewendet, von denen 100 Mio DM auf die Robotik entfielen.

Im Rahmen des ersten Programms Fertigungstechnik wurden Forschungs- und Entwicklungsvorhaben für eine Reihe von Tätigkeiten finanziert: Planung von Konstruktions-, Auslegungs- und Managementsystemen, Qualitätssicherung, Maschinensteuerung, flexible Fertigung und Technologietransfer. 80 % der Mittel wurden für kleine Firmen ausgegeben. Die Aufwendungen zwischen 1980 und 1983 beliefen sich auf 163 Mio DM (1980 - 39,3 Mio DM; 1981 - 39,5 Mio DM; 1982 - 46,1 Mio DM; 1983 - 38,5 Mio DM), doch stellte dies im Vergleich zu dem für diesen Zeitraum geplanten Haushalt von 255,6 Mio DM eine unzureichende Ausschöpfung der Haushaltsmittel dar.

Ein weiteres, überarbeitetes Programm "Fertigungstechnik" lief 1984 an. Es zielt darauf ab, die Entwicklung im Hinblick auf die industrielle Umsetzung von rechnergestützten Entwurfs- und Fertigungssystemen, Robotern und damit zusammenhängenden Automatisierungssystemen durch Beihilfen von bis zu 40 % der Projektkosten zu unterstützen (der größtmögliche Zuschuß beträgt 400.000 DM für CAD/CAM und 800.000 DM für Roboter und Systeme). Eine Unterstützung ist auch möglich für Kooperationsvorhaben zwischen Unternehmen und Forschungsinstituten bei der Entwicklung von Maschinen und Verfahren für FFS und Überwachungssysteme. Darüber hinaus stehen auch Mittel für Publikationen, Workshops, Seminare usw., Ausbildungsmaßnahmen sowie die Untersuchung von Aspekten wie Personalbedarf und Arbeitsbedingungen zur Verfügung. Für den Zeitraum zwischen 1984 und 1988 ist für das Programm ein Gesamtbetrag von 530 Mio DM gemäß der nachstehenden Aufschlüsselung im Haushaltsplan veranschlagt:

	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>1987</u>	<u>1988</u>
in Mio DM	70	125	130	135	70

Das Programm Fertigungstechnik 1984-88 ist Teil eines umfassenderen Programms Informationstechnik, für das zwischen 1984 und 1988 Ausgaben in Höhe von 2.960 Mio DM veranschlagt werden. Teile dieses breiter ausgelegten Programms scheinen neben der Fertigungstechnik eine gewisse Bedeutung bei der Förderung der Automatisierung zu haben und dürften damit eine weitere Unterstützung in diesem Bereich mit sich bringen.

Die verfügbaren Mittel werden wie folgt aufgeschlüsselt:

410 Mio DM sollen für Lichtwellenleiter und hochauflösendes Fernsehen ausgegeben werden, die restlichen 2.020 Mio DM für: Computer-Kompatibilität (100 Mio DM), Grundlagenforschung 100 Mio DM), Peripheriegeräte in der Mikroelektronik (320 Mio DM), CAD-Systeme (90 Mio DM), Schlüsselkomponenten (90 Mio DM), submikroelektronische Technologie (600 Mio DM), neue Chips (200 Mio DM), CAD-Fertigung, neue Computerstrukturen (160 Mio DM) und komplexe Datenverarbeitung (200 Mio DM).

Die Unterstützung der Bundesregierung für FuE stammt hauptsächlich vom BMFT ⁽¹⁾ und wird über zwei Gremien vergeben:

- (i) für die Grundlagenforschung über die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) in der die meisten Hochschulen, die Max-Planck-Stiftung und die großen wissenschaftlichen Institute vertreten sind. Die DFG verfügt über einen Jahreshaushalt von 20 Mio DM für Forschungsarbeiten über die Fertigungsautomatisierung.

(1) Bundesministerium für Forschung und Technologie

- (ii) für die angewandte Forschung über die Fraunhofer Gesellschaft, in der 25 Institute zusammengefaßt sind. Sie unterstützt insbesondere das IPA (Institut für Produktionstechnik) in Stuttgart, das 1977 ein experimentelles automatisiertes Fertigungssystem aufgebaut hat. Das IPA hat ein Jahresbudget von etwa 65 Mio DM, von denen etwa 40 Mio DM von der Bundesregierung und den Ländern bereitgestellt werden. Ein weiteres wichtiges Institut, das von der Fraunhofer Gesellschaft untestützt wird, ist das IPK (Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik) in Berlin, das ebenfalls über ein experimentelles autmatisiertes System (vor allem für die Erprobung und Qualitätskontrolle) verfügt, das 1976 aufgebaut wurde. Auch das ISI (Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung) verdient, erwähnt zu werden: Es veranstaltet Workshops und Seminare, die sich vor allem mit Fragen der Fertigungsautomatisierung befassen und fungiert vor allem für Klein- und Mittelbetriebe in diesem Bereich als Berater.

Weitere Unterstützungsmaßnahmen waren verfügbar ode werden auch weiterhin gewährt:

- (i) Ein Sonderprogramm Mikroelektronik unterstützt vor allem kleinere und mittlere Industrieunternehmen bei der Anwendung der Mikroeletronik. Von dem Haushalt für die Jahre 1982-85 in Höhe von 450 Mio DM soll der Maschinenbau etwa 90 Mio DM erhalten.
- (ii) Bereitstellung von Zuschüssen für Ausgaben von Klein- und Mittelbetrieben für FuE-Personal. 1979 bis 1982 wurden insgesamt 1.407 Millionen DM aufgewendet, von denen etwa 35 % (d.h. 492 Mio DM) auf den Maschinenbau entfielen.
- (iii) Bereitstellung von Zuschüssen in Höhe von 4,6 Millionen DM für Firmen des Maschinenbaus für Zuschüsse im Bereich der Vertragsforschung im Jahre 1982.

Obwohl nur wenige Informationen zu diesem Thema vorliegen, sind es in gewissen Fällen auch die einzelnen Länder, die die Automatisierung in beträchtlichem Maße unterstützen. So hat das Land Baden-Württemberg ein Amt für Technologietransfer geschaffen, zahlt Beratergebühren, bietet eine technische Beratung über ein Netz von 16 Technologieinstituten an, errichtet Technologieparks, organisiert die Schulung, unterstützt die Universität Karlsruhe - die zur Zeit ihr eigenes automatisiertes Fertigungssystem aufbaut - und hat soeben den ersten Lehrgang für fertigungs-technische Systeme (die Mechatronik der Japaner) eröffnet.

Die deutsche Vorliebe für breit angelegte Programme wurde bereits erwähnt. Innerhalb dieser Programme wird FuE-Arbeiten gegenüber einer direkten Förderung der Investitionen eindeutig den Vorrang eingeräumt, obwohl Unterschiede zwischen FuE und anderen Arten von Ausgaben in einer Zeit des schnellen Technologiewandels, in der erhöhte Ausgaben für die FuE zur absoluten Voraussetzung für das Überleben der Unternehmen werden, sehr viel von ihrer Bedeutung verlieren.

Ein weiterer Punkt, der verdient, vermerkt zu werden, ist die erheblich höhere Unterstützung der Automatisierung, die zur Zeit stattfindet. Hierbei handelt es sich um ein gemeinsames Merkmal der öffentlichen Unterstützungsmaßnahmen der europäischen Länder in diesem Bereich.

Vereinigtes Königreich

Nach einer Periode, in der das Vereinigte Königreich Entwicklungs- und Investitionsmaßnahmen in spezifischen Industriezweigen (einschließlich des Werkzeugmaschinenbaus - 30 Mio UKL-Programm -, des Textilmaschinenbaus und des Druckereimaschinenbaus) unterstützte, neigt das Vereinigte Königreich seit Anfang der achtziger Jahre dazu, den Einsatz spezifischer Technologien, in einigen Fällen aber auch ihre Fertigung zu unterstützen.

So wurden zwischen 1981 und 1984 etwa 10 Mio UKL für das Unterstützungsprogramm für Roboter (Robot Support Programme) bereitgestellt, um den Einsatz und die Fertigung von Robotern und Beratungstätigkeiten für diese Aktivitäten zu unterstützen. Für 1982 bis 1986 werden 80 Mio UKL für das Programm Flexible Fertigungssysteme (Flexible Manufacturing Systems Scheme) zur Unterstützung bei der Installierung von FFS und entsprechenden Beratungstätigkeiten bereitgestellt. 25 Mio UKL stammen aus dem Unterstützungsfonds für Innovationen (Support for Innovation Funds) (s. unten), während 20 Mio UKL aus neu bereitgestellten Mitteln bestehen, die im März 1984 bewilligt wurden. Der die Anwendungen betreffende Abschnitt des Unterstützungsprogramm für Roboter wird seit 1982 im Rahmen des FMS-Programms finanziert; die Beratungsaspekte der beiden Programme wurden am 1. August 1984 zum Programm Fortgeschrittene Fertigungstechnologie (Advanced Manufacturing Technology Scheme) zusammengefaßt.

Für 1982 bis 1984 stehen 27 Mio UKL im Rahmen der drei folgenden Programme zur Verfügung:

- (i) CAD/CAM: Durchführbarkeitsstudien, Demonstrationsseminare und FuE-Projekte im CAD-Bereich
- (ii) CAD/MAT (CAD/Fertigung und -Prüfung, - Computer aided design, manufacture and test): Zuschüsse für Seminare und Demonstrationsvorhaben
- (iii) CADTES (CAD und Prüfanlagen - Computer aided design and test equipment)

Die Anwendung von Mikroprozessoren auf Produkte und Prozesse in der gesamten verarbeitenden Industrie wird im Rahmen des Projekts Anwendungen von Mikroprozessoren (Microprocessor Application Project) unterstützt, für das für den Zeitraum 1978 bis 1983 55 Mio UKL bereitgestellt wurden und für das voraussichtlich weitere 20 bis 30 Mio UKL bereitgestellt werden. Weitere 55 Mio UKL wurden für das sektorspezifische Programm zur Unterstützung der Mikroelektronikindustrie (Microelectronic Industry Support Programme) 1978 bis 1983 aufgewendet, das darauf abzielte, die Fähigkeit des Vereinigten Königreichs zur Fertigung von standardisierten und kundenspezifischen integrierten Schaltungen auszubauen. Das Vereinigte Königreich hat darüber hinaus vor kurzem ein Programm in Höhe von 25 Mio UKL für den Einsatz von fortgeschrittenen Anlagen durch die Textilindustrie vorgeschlagen.

Im Rahmen der beiden SEFIS-Programme (Small Engineering Firms Investment Scheme) wurden zwischen 1981 und 1984 130 Mio UKL für Zuschüsse in Höhe von einem Drittel zur Anschaffung von NC-Werkzeugmaschinen und einigen anderen Komponenten fortgeschrittener Anlagen durch kleinere Firmen bereitgestellt.

Zuschüsse für die FuE, die sich auf die Fertigungsindustrie im allgemeinen beziehen, stehen im Rahmen des Unterstützungsfonds für Innovationen (Support for Innovation Funds) zur Verfügung. Einige der Mittel werden spezifischen Programmen zugewiesen (z.B. Teile der Roboter- und FMS-Programme), doch wurden auch Automatisierungsvorhaben, u.a. im Werkzeugmaschinenbau und in der Industrie für Schweißausrüstungen unterstützt, die nicht zu spezifischen Programmen gehören. Der MEERB (Mechanical and Electrical Engineering Requirements Board) unterstützte darüber hinaus die FuE-Arbeiten in den ingenieurtechnischen Bereichen im allgemeinen. So belief sich zum Beispiel die Finanzierung auf dem Gebiet des CAE auf 5,1 Mio UKL in den Jahren 1978/79 und auf 2,3 Mio UKL in den Jahren 1980/81. Diese Mittel wurden durch einen Vorgänger des MEERB, den Mechanical Engineering and Machine Tools Requirements Board bereitgestellt. Der MEERB fungiert nunmehr als beratendes Gremium im Zusammenhang mit der Gesamtfinanzierung des CAE. Forschungsarbeiten über künftige Roboter-generationen werden im Rahmen gemeinsamer Forschungsvorhaben von Industrie und Hochschulen, die 1980 anliefen, durch ein Programm in Höhe von 2,5 Mio UKL vom Science Research Council finanziert.

Das Vereinigte Königreich hat allgemeine Bestimmungen zur Förderung von Investitionen erlassen, die nicht zu sektorspezifischen oder technologiegestützten Programmen gehören. Es ist schwierig, das mit der Fertigungsautomatisierung verbundene Finanzierungsvolumen festzustellen, doch wurden beispielsweise 4,3 Mio UKL für die Errichtung einer Fertigungsanlage für UNIMATION-Roboter im Vereinigten Königreich bereitgestellt.

Das Vereinigte Königreich verfügt über eine große Zahl und ein breites Spektrum von Programmen. Eine wachsende Vorliebe für technologiegestützte anstelle von sektorspezifischen Programmen ist erkennbar, obwohl die letzteren auch weiterhin existieren und angeboten werden.

Die Beihilfen für Investitionen dominieren (obwohl sie häufig, wie z.B. beim Programm FMS, mit der Entwicklung verknüpft sind); dennoch stehen auch weiterhin Beihilfen für FuE-Arbeiten zur Verfügung. Obwohl die meisten Programme spezifischer Natur sind, sind die Finanzierungsverfahren in der Regel sehr allgemein gehalten. Dennoch ist es schwierig festzustellen, inwieweit diese Bestimmungen zur Finanzierung der Automatisierung angewendet werden.

Italien

Italien verfügt nicht über die Vielzahl von Unterstützungsmaßnahmen für die Automatisierung, die in anderen Ländern existieren. Das 1965 verabschiedete "Sabatini-Gesetz" ermöglichte die Anschaffung von Werkzeugmaschinen bei Teilzahlung über einen Zeitraum von bis zu fünf Jahren. Zahlen über das Ausmaß der diesbezüglichen Beihilfen liegen jedoch nicht vor. Im Rahmen des Progetto Finalizzato des nationalen Forschungsrates existieren drei einschlägige Programme, für die 56.000 Mio LIT bereitgestellt worden sein sollen:

- (i) "Informatica" - 13.000 Mio LIT wurden für Arbeiten über fortgeschrittene Prozeßsteuerung, CAD im Maschinenbau und Maschinenschnittstellen bereitgestellt.

(ii) "Technologie Meccaniche" Dieses Programm stellt 30. 902 Mio Lit für den Zeitraum 1983-88 bereit. Konzentriert auf die Fertigungstechnologie ist es hauptsächlich für die Weiterentwicklung von Werkzeugmaschinen und ihre Integration in die Systeme der flexiblen Produktion vorgesehen. Es umfaßt 3 Unterprogramme: Flexible Systeme, Technologie und integrierte Komponenten, industrielle Erprobung (Prototypen). Auf der technologischen Seite nimmt die Laseranwendung einen wichtigen Teil des Programmes in Anspruch, welches von CNR in enger Verbindung mit den Forschungszentren und der Industrie durchgeführt wird.

(iii) "Robotica" - Es ist nicht bekannt, ob dieses Programm über das Stadium der Durchführbarkeitsstudie hinausgekommen ist.

Zwei allgemeine Fonds sind von Bedeutung. Der Innovationsfonds, der die Einführung technologischer Entwicklungen unterstützt, die zu neuen oder verbesserten Produkten oder Prozessen führen, verfügte für 1981-1983 über 1.600.000 Mio LIT. Dieser Fonds stellt Mittel für die Automobil-, Elektronik-, Eisen- und Stahl-, Luftfahrt- und Chemieindustrie bereit.

Das Gesetz 696 vom 19. Dezember 1983 ist an die Stelle des Sabatini-Gesetzes getreten und inzwischen zu einem wichtigen Mittel zur Unterstützung der Fertigungsautomation geworden. Dieses Gesetz, in dessen Rahmen zunächst 100 Mio LIT (aus dem Innovationsfonds) bereitgestellt wurden, sieht einen Zuschuß von 25 % der Kosten (ausschließlich Mehrwertsteuer) für kleinere und mittlere Unternehmen zum Ankauf oder Leasing fortgeschrittener Fertigungsanlagen vor.

Der IMI-Sonderfonds für angewandte Forschung umfaßte für den Zeitraum 1982/83 einen Betrag von 1.700.000 Mio LIT, der in Form von Zuschüssen und Darlehen verfügbar war. Dieser Fonds stellt Mittel für die gesamte Industrie zur Verfügung.

Frankreich

Frankreich verfügt über ein breites Bündel von Maßnahmen zur Unterstützung der Automation und fortgeschrittener Anlagen, das sowohl auf die Industriesektoren als auch auf die Technologien Anwendung findet.

Der Werkzeugmaschinenplan sieht für 1982-85 Ausgaben in Höhe von 2.300 Mio FF vor. Er soll die Werkzeugmaschinenindustrie umstrukturieren und durch Entwicklungsverträge, in deren Rahmen sich Unternehmen bereiterklären, gewisse Ziele im Zusammenhang mit Investitionen, FuE, Kapitalaufstockungen, Umschulung usw. im Austausch gegen den Zugang zu öffentlichen Mitteln zu erfüllen, international wettbewerbsfähig zu machen. Diese Mittel kommen von bestehenden Institutionen und Fonds wie ANVAR usw. Der Werkzeugmaschinenplan sieht ferner die Koordinierung der an der technologischen Innovation mitwirkenden öffentlichen Stellen sowie Beihilfen bei der Anschaffung von NC-Werkzeugmaschinen und fortgeschrittenen Anlagen durch Aus- und Fortbildungseinrichtungen vor.

Es gab eine ganze Reihe von öffentlichen Stellen und Programmen, die sich mit der Förderung von Innovation und Investition befaßten:

- a) "Robotik-Milliarde" - ein 1.200-Mio-FF-Programm für Darlehen zu günstigen Bedingungen zur Anschaffung von Robotern hauptsächlich für den Zeitraum 1981 - 1982.
- b) MECA-Verfahren, das es kleinen und mittleren Firmen erlaubt, automatisierte Anlagen zu erproben und eine spätere Anschaffung zu finanzieren. Für 1982-85 wurden 500 Mio FF (davon 150 Mio FF im Jahre 1982) bereitgestellt. Das Verfahren wird von der Agence Nationale pour le Développement de la Production Automatisée (ADEPA) betreut.

- c) DAP (Développement de l'automatisation de la production) fördert die Innovation im Bereich der Automation durch kleine und mittlere Unternehmen; das Programm verfügte über einen Haushalt von 14 Mio FF im Jahre 1981 und 20 Mio FF im Jahre 1982.
- d) Effizienz der Anlagen und Beherrschung der Absatzmärkte (Efficacité des équipements et maîtrise des débouchés). Der Fonds, der 1982 über ein Kapital von 2.500 Mio FF verfügte, fördert Investitionsprogramme durch Darlehen zu günstigen Bedingungen, die bis zu 70 % der Ausgaben erreichen können.
- e) CODIS (Comité d'Orientation pour le Développement des Industries Stratégiques) stellte Mittel für ausgewählte Firmen in ausgewählten Technologiebereichen zur Verfügung. Er konzentrierte sich auf FFS. 1982 betrug das Kapital des Fonds 110 Mio FF und sollte bis 1983 455 Mio FF und bis 1984 715 Mio FF erreichen.
- f) PUCE (produits utilisant des composants électroniques) verfügt für 1983/84 über einen Haushalt von 40 Mio FF zur Unterstützung kleinerer Firmen bei der Einbeziehung der Elektronik in ihre Produkte.
- g) Sonderdarlehen für die Industrie. Zinsbegünstigte Darlehen in Höhe von 30 - 70 Mio FF für die Industrie zum Einsatz von Anlagen gemäß einzelstaatlicher Prioritäten (einschließlich der Fertigungsautomatisierung).

Der FIM (Fonds Industriel de Modernisation) wurde 1983 geschaffen, um günstige Darlehen für Benutzer zur Modernisierung von Fertigungsverfahren und zur Entwicklung neuer Produkte bereitzustellen. Er ist auch für die Bürotechnologie und Biotechnologie zuständig. Der FIM hat die Aktivitäten von CODIS und möglicherweise DAP sowie den Fond "Effizienz der Anlagen und Beherrschung der Absatzmärkte" übernommen. Von den für den FIM bereitgestellten 3.000 Mio FF wurden 1983 nur 1.000 Mio FF ausgegeben. Der Restbetrag wurde als Teil einer Gesamtzuweisung in Höhe von 7.000 Mio FF auf 1984 übertragen. Vor kurzem wurde berichtet ⁽¹⁾, daß weitere 1.000 Mio FF zur Aufstockung des Fonds bereitgestellt wurden.

Für 1983 bis 1986 wurde ein "Programm rechnergestützte Fertigungstechnik" (programme productique) in Angriff genommen; es funktioniert gemäß den gleichen Leitlinien wie der Werkzeugmaschinenplan, d.h. durch Vergabe von Entwicklungsverträgen, die einen bevorrechtigten Zugang zu bereits vorhandenen Fonds wie dem FIM gewähren sowie ein Schulungsprogramm, Beihilfen zur Lieferung von Anlagen durch CODIS-Verträge und Maßnahmen zur Stimulierung der öffentlichen und privaten Forschung beinhalten. Für den zuletzt genannten Aspekt wurden 100 Mio FF bereitgestellt; Angaben über weitere finanzielle Abmachungen liegen bisher nicht vor.

Die FuE wird unterstützt durch:

- a) ARA (Automatisation et Robotique Avancées) koordiniert etwa 50 Forschungslaboratorien und 20 Großfirmen bei Forschungsarbeiten über FFS und die Robotik. Für 1981 wurden 5 Mio FF, für 1982 15 Mio FF (weitere 15 Mio FF stammen von einer anderen Agentur) im Haushaltsplan veranschlagt; das Programm läuft bis 1985.
- b) ANVAR (Agence Nationale pour la valorisation de la recherche) verfügte 1983 über einen Haushalt in Höhe von 200 Mio FF (von insgesamt 900 Mio FF) für Innovationsbeihilfen bei der Herstellung fortgeschrittener Anlagen auf dem Gebiet der Fertigungstechnologie.

(1) -----
Financial Times vom 9.8.1984

Frankreich verfügt über zahlreiche Vereinbarungen zur Finanzierung ähnlicher Bereiche, die sich sowohl auf Technologien und Industriesektoren im allgemeinen als auch auf spezifische Typen beziehen und für Benutzer und Hersteller gleichermaßen bestimmt sind. In diesem Zusammenhang sollte angemerkt werden, daß die Etats, die sich auf diese Finanzierungsabmachungen beziehen, nicht immer voll ausgeschöpft wurden. Die FIM-Mittel wurden 1983 nicht vollständig ausgegeben.

Vereinigte Staaten

Das Verteidigungsministerium fördert ein "MANTECH"-Programm mit Aufwendungen in folgender Höhe:

1978	118 Mio US \$	1979	126 Mio US \$
1980	139 Mio US \$	1981	156 Mio US \$
1992	209 Mio US \$	1983	300 Mio US \$

(Schätzungen einer nicht amerikanischen Quelle)

Ein bedeutender Teil dieses Programms wird von der US-Luftwaffe (USAF) geleitet, um die Produktivität in der Luft- und Raumfahrtindustrie zu unterstützen und eine fortgeschrittene Fertigungstechnologie zu entwickeln.

Das Programm der USAF umfaßt folgende Teilbereiche:

- allgemeine Fertigungstechnologie
- ICAM (Integrierte rechnergestützte Fertigung - integrated computer aided manufacturing)
- Fertigungswissenschaft
- technische Modernisierung
- Initiative des Logistik-Kommandos der Luftwaffe

Die Bedeutung von ICAM soll hier unterstrichen werden. So beinhaltet ICAM neben anderen Aktivitäten auch ein Demonstrationsprojekt bei Boeing (Integrated Sheet Metal Centre). Es wird Elemente aus den vier Hauptbereichen von ICAM umfassen - Entwicklung von Systemen, Behandlung der Information, Planung, Kontrolle sowie Produkt- und Prozeßdefinition. Ziel von ICAM ist es, die Vorteile, die sich aus der rechnergesteuerten Integration aus der Qualitätskontrolle, aus der Produktionsplanung und -kontrolle bei Serienfertigung ergeben, darzustellen und zu untermauern, wobei der Umfang und die Herkunft dieser Vorteile deutlich herausgestellt werden.

Für das Programm der USAF stehen folgende Beträge zur Verfügung:

1980	56 Mio US-\$	1981	69 Mio US-\$
1982	84 Mio US-\$	1982	84 Mio US-\$
1983	95 Mio US-\$	1984	108 Mio US-\$

Ein möglichst großer Teil der Ausgaben wird durch Vergabe von FuE-Verträgen an private Hersteller von Ausrüstungsgütern abgewickelt. Da ein System zur Verbreitung und zum Austausch von Ergebnissen existiert, ist mit einem allgemeinen Nutzen für den zivilen Bereich zu rechnen. Darüber hinaus wendet die NASA jährlich etwa 2 Mio US-\$ für Forschungsarbeiten über die Robotik auf. Andere Regierungsbehörden sind aktiv in der Forschung tätig. Die NSF (National Science Foundation - Bundesbehörde zur Förderung der Grundlagenforschung) hat folgende Beträge für die Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Automation bereitgestellt:

	Mio US-\$
1980	2.5
1981	2.8
1982	3.1
1983	3.5
1984	4.6

Das Small Business Programme der NSF kostete 2,8 Mio US-\$ im Jahr 1981 und 3,1 Mio US-\$ im Jahr 1982 für Forschungsarbeiten auf dem Gebiet des Schleifens und des optischen Messens. Schließlich wendete das dem National Bureau of Standards (NBS) unterstehende Center for Manufacturing Engineering des National Engineering Laboratory 1982 5,6 Mio US-\$, 1983 5,4 Mio US-\$ und 1984 11,1 Mio US-\$ für Grundlagenforschungen über die Automatisierung auf. Hierzu gehörte die Entwicklung fortgeschrittener NC-Systeme sowie der Aufbau einer vollautomatisierten Forschungseinrichtung, die es dem NBS ermöglichen soll, Schnittstellennormen für die Einbeziehung fortgeschrittener Anlagen zu entwickeln und die auch als Prüfstand für diese Normen fungieren soll.

In einer vor kurzem durchgeführten Untersuchung (+) hat das Büro für Technologiefolgeschätzung (OTA) des US-Kongresses eine Übersicht vorgelegt, die angibt, welche Summe im Rahmen der oben erwähnten Programme für die Automatisierung aufgewendet wird und diese in Zwischensummen für den militärischen und zivilen Bereich aufgeschlüsselt, obwohl die Bedeutung dieser Unterscheidung angesichts des berächtlichen zivilen Spin-offs von militärischen Programmen nicht übertrieben werden sollte.

Ausgaben der Bundesbehörden für Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der programmierbaren Automation - Haushaltsjahr 1984

	Mio US-\$
Militärbehörden:	
- MAN Tech-Programm	56.00
- DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency)	3.50
- Office of Naval Research	4.10
<u>Zwischensumme für den militärischen Bereich:</u>	63.60
Zivilbehörden:	
- NBS (National Bureau of Standards)	3.85
- NASA	5.90
- NSF (National Science Foundation)	6.90-9.20
<u>Zwischensumme für den zivilen Bereich:</u>	16.65-18.95
<u>GESAMTAUSGABEN DER BUNDESBEHÖRDEN:</u>	80.25-82.55
	<u>Quelle: OTA</u>

(+) -----
Computerized Manufacturing Automation - Employment, Education and the Workforce (computergestützte Fertigungsautomation - Beschäftigung, Ausbildung und Arbeitskräfte).

Diese Beschreibung bezieht sich jedoch ausschließlich auf Ausgaben der Bundesbehörden und geht auf eine Unterstützung durch die einzelnen Staaten, über die uns praktisch keinerlei Angaben vorliegen, nicht ein. Es verdient ferner erwähnt zu werden, daß die praktischen Auswirkungen von Verträgen im Rahmen der militärischen Entwicklung weit über die FuE-Phase hinausgehen können, da Ausgaben für den militärischen Bereich später häufig einen großen, stabilen Markt für das entwickelte Produkt bieten. Diese sehr nachhaltige Unterstützung kann nicht quantifiziert werden.

Japan

Die japanische Regierung bietet eine Reihe von Steueranreizen, die hier beschrieben werden, weil sie sich speziell auf den Maschinenbau beziehen. Dabei sollte jedoch berücksichtigt werden, daß Steuerbegünstigungen für die Industrie in den in diesem Papier besprochenen Industrieländern eine allgemeine Form der Unterstützung darstellen, anderswo aber nicht speziell als solche bezeichnet und damit bei den anderen Ländern nicht beschrieben werden. Vom April 1978 an wurde neben der normalen Abschreibung, die sich auf 14 % der Anschaffungskosten beläuft, eine Sonderabschreibung für Maschinen und Anlagen einschließlich Industrierobotern zugelassen, die von kleinen Firmen mit einem Kapital von 100 Mio Yen oder weniger gekauft werden.

Vom gleichen Zeitpunkt an wird neben der normalen Abschreibung, die sich auf 10 % der Anschaffungskosten von bestimmten Produkten bei Benutzern und 10 % des Wertes des für die Fertigung bestimmter Produkte investierten Kapitals bei Herstellern beläuft, eine erste Sonderabschreibung zugelassen. Die bezeichneten Produkte sind wichtige Komponenten von Maschinensystemen einschließlich Industrierobotern und CNC-Werkzeugmaschinen. Für die Haushaltsjahre 1978 und 1979 wurde eine Sonderrate von 25 %, für die Jahre 1980 und 1981 von 13 % zugrunde gelegt. Im Rahmen dieses Programms wurden im Haushaltsjahr 1978 Steuererleichterungen in Höhe von schätzungsweise 40.000 Mio Yen gewährt. Seit April 1982 wurde im Rahmen des "Mechatronics Investment Promotion Tax Systems" (Steuersystem zur Förderung von Investitionen im Bereich der Mechatronik) für kleinere Unternehmen neben der normalen Abschreibung, die sich auf 30 % der Anschaffungskosten oder eine Steuerbefreiung in Höhe von etwa 7 % der Anschaffungskosten im Rechnungsjahr des Erwerbs - mit einer zulässigen Steuerfreigrenze von 20 % des Betrags der Körperschaftssteuer im gleichen Jahr - beläuft, kleineren Firmen, die ein Kapital von höchstens 100 Mio Yen haben, für die Anschaffung von Produkten im Bereich des mechatronischen Maschinenbaus und der Datenverarbeitungsanlagen eine spezielle Abschreibung gewährt.

Für das Leasing von Produkten in den gleichen Bereichen gibt es eine Steuerbefreiung, die 7 % von 60 % der Verbindlichkeiten, die im ersten Jahr eines Leasingvertrags eingegangen werden - mit einer zulässigen Steuerfreigrenze von 20 % des Betrags der Körperschaftssteuer für das gleiche Jahr - ausmacht. Im Haushaltsjahr 1984 wurden Steuererleichterungen in Höhe von etwa 27.000 Mio Yen gewährt.

Die japanischen Behörden bieten Anreize für Benutzer und Hersteller von automatisierten Produktionsanlagen in Form von zinsgünstigen Darlehen. Die "Small Business Finance Corporation" hat vom April 1980 an Darlehen von bis zu 300 Mio Yen für Unternehmen, die über ein Kapital von höchstens 100 Mio Yen bzw. höchstens 300 Angestellte verfügen, über einen Zeitraum von 13 Jahren mit einer tilgungsfreien Zeit von 2 Jahren zu 7,1 % p.a. während den drei ersten Jahren und von 7,6 % p.a. in den Folgejahren bereitgestellt. Die Darlehen sind für die Anschaffung von Anlagen zur Verbesserung der industriellen Sicherheit und Hygiene einschließlich designierter Industrieroboter bestimmt. Im Haushaltsjahr 1983 wurden 11.651 Mio Yen für 556 Projekte gewährt. Die "People's Finance Corporation" hat vom April 1980 an Darlehen zu den gleichen Bedingungen und für den gleichen Zweck von bis zu 33 Mio Yen pro Unternehmen vergeben, das über ein Kapital von höchstens 10 Mio Yen oder höchstens 100 Beschäftigte verfügt. Im Haushaltsjahr 1983 wurden Darlehen in Höhe von 1.410 Mio Yen für 201 Vorhaben zur Verfügung gestellt. Im Rahmen des im April 1980 eingerichteten Modernisierungsfonds für kleinere Unternehmen (Small Business Facilities Modernisation Fund) gewähren die Regierungen der Präfekturen kleineren Unternehmen (höchstens 100 Beschäftigte) zinslose Darlehen für die Anschaffung von Maschinen und Anlagen, die einen Beitrag zur Modernisierung leisten, welche zur Hälfte vom Staat bezuschußt werden. Der Höchstbetrag eines Darlehens beträgt 15 Mio Yen pro Unternehmen bei einer Laufzeit von maximal 5 Jahren. Im Haushaltsjahr 1982 wurden Darlehen in Höhe von 38.789 Mio Yen für 6.855 Vorhaben zur Verfügung gestellt.

Die Japanische Entwicklungsbank (JDB) stellt Großunternehmen (mit einem Kapital von mehr als 100 Mio Yen oder insgesamt mehr als 300 Beschäftigten) für bestimmte Arten von langfristigen Kapitalanlagen zur Fertigung von Produkten, die vom MITI genannt werden, Darlehen zur Verfügung. Hierzu gehören Industrieroboter und ausgewählte NC-Werkzeugmaschinen, für die Zinssätze zu den günstigen Bedingungen im Rahmen der 7,1 %-Regelung für Darlehen in Höhe von 50 % der Projektkosten über einen Zeitraum von 10 Jahren mit einer tilgungsfreien Zeit von 2 Jahren zur Verfügung gestellt werden. Die Darlehen standen ab September 1978 zur Verfügung; im Haushaltsjahr 1983 wurden 16.800 Mio Yen bereitgestellt. Die "Small Business Finance Corporation" hat ihr Darlehenssystem seit September 1978 auf langfristige Kapitalanlagen erweitert, die dazu bestimmt sind, die vom MITI für die Darlehen der Japanischen Entwicklungsbank designierten Produkte zu fertigen.

Infrage kommen Unternehmen mit einem Kapital von höchstens 100 Mio Yen bzw. 300 Beschäftigten. Der Höchstbetrag des Darlehens beläuft sich auf 300 Mio Yen, doch sind die Bedingungen ansonsten die gleichen wie bei JDB-Darlehen. 1983 wurden für 12 Vorhaben 1290 Mio Yen gewährt.

Die japanischen Behörden sind auch beim Ratenkauf und beim Leasing von Anlagegütern behilflich. Im Rahmen des Modernisierungsfonds für kleinere Unternehmen haben gemeinnützige präfektorale Leasingbehörden seit April 1980 Industrieroboter gekauft und kleineren Unternehmen mit höchstens 20 Beschäftigten in Form eines Darlehens für den Kauf auf Raten zur Verfügung gestellt. Der Höchstbetrag des Darlehens beträgt 20 Mio Yen pro Unternehmen bei einer maximalen Laufzeit von 54 Monaten, während der Satz bei 5 % der ausstehenden Forderungen liegt. Im Haushaltsjahr 1982 wurden 14.676 Mio Yen für 1725 Fälle aufgewendet.

Im April 1980 haben führende Hersteller von Industrierobotern mit finanzieller Unterstützung der Investitions- und Darlehensprogramme (Fiscal Investment and Loan Programmes) der japanischen Regierung die Japan Robot Leasing Company (JAROL) gegründet. Diese vermietet Industrieroboter und flexible Fertigungssysteme, die von 66 führenden japanischen Herstellern gefertigt werden, an kleinere Unternehmen, die ein Kapital von höchstens 10 Mio Yen bzw. höchstens 1.000 Beschäftigte haben. Im Haushaltsjahr 1983 wurden etwa 10.000 Mio Yen aufgewendet.

Die japanische Regierung bietet ferner Kreditversicherungsprogramme für das Inland an. Das im Juni 1961 eingeführte "Machinery Credit Insurance System for Instalment Sales and Loan Sales Contracts" soll das mit Teilzahlungsverkäufen oder mit Bankdarlehen für den Verkauf von 25 Maschinentypen einschließlich Industrierobotern verbundene Risiko des Verkäufers abdecken. Die Prämie beträgt 0,83 des Verkaufswertes bei einer Versicherung von Industrierobotern über 36 Monate. Im Juni 1961 wurde ein Maschinen-Kreditversicherungssystem für Leasingverträge eingeführt, um das mit dem Leasing von 32 Maschinentypen einschließlich Industrierobotern verbundene Risiko des Verpächters abzudecken. Bei Industrierobotern beläuft sich die maximale Laufzeit der Versicherung auf 37 Monate und die Prämie auf 0,363 % für eine Versicherung über 36 Monate. Im Haushaltsjahr 1983 wurde im Rahmen der beiden vorstehend genannten Programme ein Betrag von insgesamt 519.000 Mio Yen versichert. Ein weiteres Regierungsprogramm ist das Zusatzkredit-Versicherungssystem (Credit Extra-Insurance System) der Kreditversicherungsbehörde für kleinere Unternehmen, die die Bürgschaft für Schulden übernimmt, die von Kreditgarantiefirmen kleineren Unternehmen gewährt werden und Kreditgarantien, die auf Darlehen im Zusammenhang mit den vom MITI erstellten "Elevation Programmes" gemäß dem Gesetz zur Förderung der Maschinenbau-, Elektronik- und Softwareindustrie (s. unten) ausgedehnt werden. Der maximale Versicherungswert beläuft sich auf 30 Mio Yen, der Versicherungsschutz liegt bei 70 % und die Prämie bei 0,57 % p.a. Im Haushaltsjahr 1983 belief sich der Versicherungsbetrag im Rahmen dieses Programms auf 5.505.000 Mio Yen.

Bis 1970 sollte es die technologische Unterstützung für den Bereich der Fertigungsautomatisierung Japan ermöglichen, mit den Spitzenreitern auf dem Gebiet der Werkzeugmaschinentechnologie, der Produktionsanlagen und der Industriestruktur gleichzuziehen.

Später verlagerte das Gesetz zur Förderung der Werkzeugmaschinen- und Elektronikindustrie (1971-77) den Nachdruck auf die "Mechatronik". Im Rahmen dieses Gesetzes legte das MITI - vor allem im Zeitraum 1976-77 - "Elevation Programmes" für verschiedene NC-Werkzeugmaschinen vor. Diese Programme legten technologische Anforderungen fest, prognostizierten Marktgröße und Investitionsvolumen und sahen finanzielle Anreize für Steuerbereiche (hierzu gehören die vorstehend beschriebenen Maßnahmen), gemeinsame FuE-Arbeiten und Befreiungen von der Kartellgesetzgebung vor. Diese Maßnahmen ermöglichen die Entwicklung und Vermarktung von Produkten und Produktionsanlagen in einer Atmosphäre des Vertrauens mit verringertem Anfangsrisiko. Das Gesetz von 1971-77 wurde durch das Gesetz zur Förderung der Maschinenbau-, Elektronik- und Softwareindustrie 1978-85 ersetzt. MITI kümmert sich inzwischen weniger um die Vorgabe von Zielen und zieht es vor, "Visionen" als Grundlage für politische Maßnahmen zu konstruieren.

Diese enthalten strukturelle Informationen über einen Industriesektor und geben die grundlegende Richtung der mittel- oder langfristigen Politik an; es ist dann Sache der Industrie, wie sie eine "Vision" interpretieren oder verwenden will.

Das MITI-Forschungsvorhaben "Forschung und Entwicklung von FFS mit Laser" befindet sich nunmehr im Endstadium. Die Arbeiten werden von einer speziell für diesen Zweck gegründeten privaten Vereinigung durchgeführt, die aus 20 Privatfirmen besteht (9 Firmen der Werkzeugmaschinenbranche, 4 Unternehmen der Schwerindustrie, vor allem Gießereien, und 7 Firmen der Elektronikindustrie. Drei MITI-Laboratorien nehmen gleichfalls teil). Insgesamt wirken 400 Forscher mit. Der Gesamthaushalt beläuft sich auf etwa 13,7 Mrd Yen für 1977-84, von denen 1.197 Mio Yen für das Haushaltsjahr 1983 und 627 Mio Yen für das Haushaltsjahr 1984 bereitgestellt werden. Die Vereinigung führt inzwischen ihr endgültiges Projekt durch: den praktischen Einsatz ihrer Versuchsanlage, eines in sich geschlossenen Werks für die Fertigung automatisierter Getriebe.

Die Advanced Robot Technology Research Association (ARTRA) wurde im Februar 1984 gegründet, um das MITI-Projekt - FuE-Vorhaben "Roboter für kritische Arbeiten" - in Zusammenarbeit mit den Forschungsinstituten des MITI und Hochschulen durchzuführen. Es zielt darauf ab, die erforderlichen Technologien für eine neue Art eines technisch hochwertigen Roboters zu entwickeln, der in der Lage ist, Arbeiten in der Tiefsee und in Kernkraftwerken durchzuführen und in Katastrophenfällen Bergungsarbeiten zu übernehmen. 6 Firmen der Schwerindustrie, 8 Elektro- und Elektronikunternehmen, 2 Industrieverbände und 2 Hersteller von Robotern nehmen an diesem Projekt teil. Für einen Achtjahreszeitraum sind etwa 20 Mio Yen veranschlagt.

Die Forschungsvereinigungen des Ministeriums für das Bauwesen starteten 1983 ein Vorhaben mit dem Titel "Bauroboter und automatisierte Systeme" zur Entwicklung eines automatisierten Prototyp-Bausystems. Das Budget für das Haushaltsjahr 1983 belief sich auf 10 Mio Yen, das für das Haushaltsjahr 1984 auf 40 Mio Yen. Ein weiteres MITI-Vorhaben befaßt sich mit "FuE-Arbeiten für automatisierte Nähssysteme". Es verfügt über einen Haushalt von 130 Mrd Yen mit einer Zuweisung von 717 Mio Yen für das Haushaltsjahr 1984. Das Vorhaben umfaßt ein vollständig informatisiertes System für die Nähvorbereitung, das Nähen und Zusammenfügen, das Handhaben von Stoffen und die Fertigungskontrolle.

Wie aus der vorstehend erwähnten Beteiligung der Präfekturen an einigen der vorstehend genannten Programme hervorgeht, spielen auch die lokalen Regierungen eine Rolle bei der technologischen Entwicklung. Die meisten Lokalregierungen in Japan unterhalten auch technologische Forschungseinrichtungen, einschließlich Anlagen für den Maschinenbau und das Eisenhüttenwesen. Das MITI hat 1984 das "Inter-Industries Cooperation Scheme" eingeführt, das für jede "interindustrielle Vereinigung", für welche die Lokalregierungen die Hälfte des Zuschusses bezahlen müssen, 3,5 Mio Yen bereitstellt. Es gibt insgesamt 14 solcher Vereinigungen, von denen mindestens zwei im Bereich der Fertigungstechnologie tätig sind (eine für die Entwicklung von Robotern für Unterwasserarbeiten, die andere für FuE-Arbeiten für die Fertigungstechnologie von Prägestempeln).

Die industrieorientierten Beihilfen Japans sind daher in der Regel auf bestimmte Sektoren ausgerichtet und zeichnen sich durch finanzielle Anreize zur Anschaffung von Produktionsanlagen durch die Verbraucher, zur Verbesserung der Produktionsanlagen von Herstellern fortgeschrittener Fertigungsanlagen und für eindeutig festgelegte und eng miteinander koordinierte FuE-Vorhaben aus.

Schlußbemerkung

Deutschland, das Vereinigte Königreich, Italien, Frankreich, die USA und Japan fördern allesamt signifikante öffentliche Unterstützungsmaßnahmen für die Fertigungsautomatisierung. Die USA unterscheidet sich trotz einiger ziviler öffentlich finanziierter FuE-Arbeiten von den anderen Staaten dadurch, daß der größte Teil ihrer Ausgaben über die für die für die Verteidigung bereitgestellten Mittel abgewickelt wird. Italien verfügt über die weitaus geringsten Mittel und die wenigsten Programme, obwohl es angesichts der allgemeinen Natur dieser Programme schwer ist, genau festzustellen, welche Mittel für automatisierte Fertigungsanlagen bereitgestellt werden. Frankreich und das Vereinigte Königreich haben beide ein Spektrum von Programmen mit unterschiedlichen Zielsetzungen; Deutschland konzentriert sich auf einige wenige breit angelegte Programme.

Japan verfügt über eine große Anzahl von Programmen, doch können diese zu einigen ähnlichen Typen mit gemeinsamen Zielsetzungen zusammengefaßt werden. Die staatlich unterstützten FuE-Arbeiten Japans sind sehr viel enger koordiniert und ausgerichtet als die anderer Länder, vor allem in den EG-Ländern und werden nicht, wie in den Vereinigten Staaten, durch militärische Anforderungen beherrscht.

ANHANG III

I A - HAUPTSÄCHLICHE SCHWIERIGKEITEN DER BRITISCHEN BENUTZER ⁽⁺⁾ DER
MIKROELEKTRONIK (1983)

	%
Allgemeine wirtschaftliche Lage	43
Fehlende Fachkräfte	39
Hohe Entwicklungskosten	29
Fehlende Mittel für die Entwicklung	30
Höhere Produktionskosten	15
Softwareprobleme	14
Meßfühlerprobleme	10
Kommunikationsschwierigkeiten mit Zulieferern oder Lieferanten	9
Probleme mit Chips	7
Widerstand der Arbeiter oder Gewerkschaften	6
Widerstand der Direktion	4
Widerstand sonstiger Gruppen	4

(+) Industrieunternehmen, die mehr als 20 Personen beschäftigen.

I B - INNOVATIONSCHEMMNISSE IN DER DEUTSCHEN INDUSTRIE IM JAHR 1982

Angaben in % der Antworten (Mehrfachnennungen möglich)			
Investitionshemmnisse	Verarbeitendes Gewerbe		Darunter Werkzeug- maschinen- industrie ⁺⁺
	Nicht-Innovatoren ⁺	Innovatoren	
- Fehlendes Eigenkapital	50	30	47
- Fehlendes Fremdkapital	17	5	13
- Zu geringe Rendite von Produktinnovationen wegen:	70	76	80
. zu hohen Innovationsaufwands	49	48	58
. zu langer Pay-off-Periode	19	45	25
. zu unsicherer Marktentwicklung	74	69	58
- zu geringe Unternehmensinterne Innovationsbereitschaft	15	10	20
- Organisationsprobleme	7	14	-
- Personalprobleme infolge von Schwierigkeiten beim Finden von geeigneten Mitarbeitern auf dem Arbeitsmarkt für:	13	24	40
. den FuE-Bereich	64	80	100
. die Produktion	31	27	-
. den Absatz	27	28	-
- Probleme der Umsetzung von technischem Know-how in marktfähige Produkte	13	16	27
- keine Innovationsmöglichkeit wegen ausgereiftem Stand der Technik	7	11	7

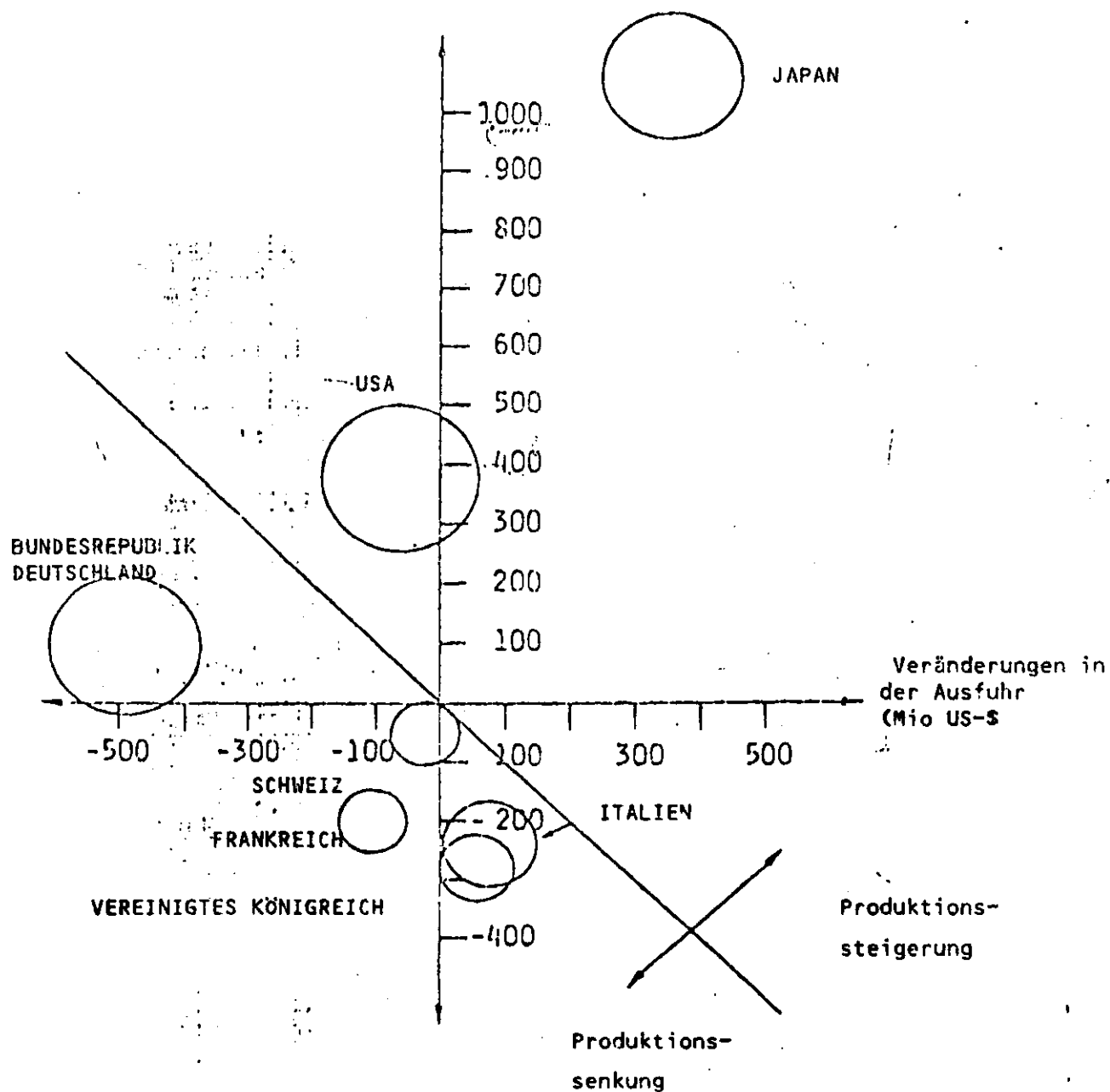
Quelle: IFO

⁺ Unternehmen, die 1982 keine Innovationen durchgeführt haben.

⁺⁺ Unternehmen, die als Innovatoren definiert werden.

II. URSACHEN DER VARIATION DER PRODUKTION VON WERKZEUGMASCHINEN IN DEN VERSCHIEDENEN HERSTELLERLÄNDERN ZWISCHEN 1977 UND 1982

Veränderung im einzelstaatlichen Verbrauch von im
Inland hergestellten Werkzeugmaschinen
(in Mio US-\$)



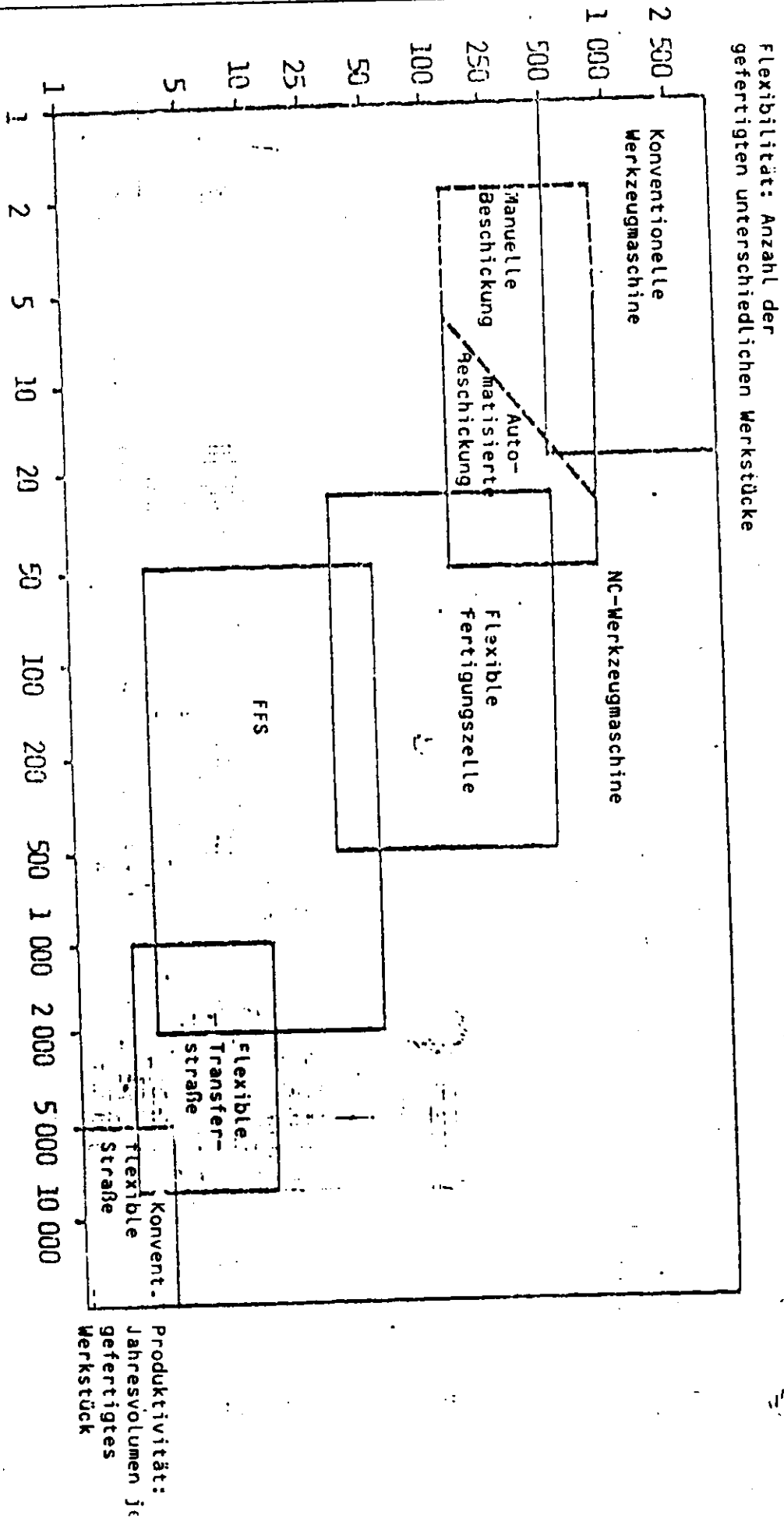
Produktionsvolumen in Höhe von 1 Mrd US-\$ 1982.

III. BESTANDSAUFNAHME DER PROGNOSEN ÜBER DAS JÄHRLICHE WACHSTUM DES MARKTES
FÜR INDUSTRIEROBOTER

<u>Japan:</u>	1980-1985:	35-40 %	(Bache, Halsey Stuart Shields)
		30 %	(JIRA)
		10-20 %	(CREI-Lettre 2000)
<u>USA</u>	1980-1985:	35 %	(Wall Street brokers)
		26 %	(CREI-Lettre 2000)
	1980-1995:	36 %	(Predicast)
<u>Schweden</u>	1979-1984:	20 %	(Swedish Computers and Electronics Commission)
	1985-1990:	17-26 %	(ibid)
	1981-1986:	26 %	(Creative Strategies International)
<u>Frankreich</u>	1980-1985:	27-35 %	(Diebold)
	1985-1990:	21-24 %	(Diebold)
	1981-1986:	49 %	(Creative Strategies International)
<u>Vereinigtes Königreich:</u>	1981-1986:	58 %	(Creative Strategies International)
<u>Deutschland:</u>	1981-1986:	46 %	(Creative Strategies International)
<u>Italien:</u>	1981-1986:	56 %	(Creative Strategies International)
<u>Australien:</u>	1982-1990:	30 %	(Australian Science and Technology Council)

Quelle: OECD

IV. PRODUKTIVITÄT UND FLEXIBILITÄT DER VERSCHIEDENEN FORTGESCHRITTENEN ANLAGEN UND SYSTEME



Erläuterungen

1. Nach der industriellen Einteilung der NACE gehören folgende Gruppen zu den Serienfertigungsverfahren:
 31. Herstellung von Metallbauten
 32. Bau von Maschinen und mechanischen Geräten
 33. Bau von Büromaschinen sowie Maschinen und Anlagen für die Informationsverarbeitung
 34. Elektro- und Elektronikbau
 35. Bau von Kraftfahrzeugen und Ersatzteilen
 36. Bau sonstigen Transportmaterials
 37. Herstellung feinmechanischer, optischer und sonstiger Instrumente
 43. Textilindustrie
 44. Lederindustrie
 45. Schuh- und Bekleidungsindustrie
 46. Holz- und Holzmöbelindustrie
 472. Papier- und Kartonverarbeitung
 48. Gummiindustrie
 49. Andere verarbeitende Industrien

2. Gesamtumfang des Marktes für fortgeschrittene Produktionsanlagen
 - (i) Nach einem Bericht des B.I.P.E. (Bureau d'Informations et de Previsions Economiques) im Auftrag des französischen Industrieministeriums mit dem Titel "La Productique et les Industries manufacturieres" von 1982 betrug der französische Markt für die "Produkttechnik" 1982 rund 8 Milliarden französische Francs. Extrapoliert man den Anteil Frankreichs an der Wertschöpfung in der Gemeinschaft im Zusammenhang mit Serienfertigungs-Industrieverfahren (das entspricht rund 20 %), ergibt sich ein Gemeinschaftsmarkt von rund 6 Milliarden ECU für 1982.

 - (ii) Nach Angaben des IPA Stuttgart (Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung) fallen für die sechs wichtigsten deutschen Industriezweige mit "Serienmontage" (Maschinenbau, Kraftfahrzeuge, Elektrobau, Feinmechanik und optische Instrumente, Metallerzeugnisse sowie Büromaschinenbau) durchschnittlich 25 % ihrer Investitionen derzeit in den Bereich der Montage, wovon 40 % für die Automatisierung eingesetzt werden. Bis 1987 werden die Prozentsätze auf 29 bzw. 50 % steigen. Ein umfassender Hinweis ergibt sich aus der Graphik des IFO, wonach rund 60 % der Investitionen der deutschen Verarbeitungsunternehmen die Einführung neuer Produktionsverfahren oder neuer Techniken betreffen.

 - (iii) Nach einer am 12.1.1984 veröffentlichten Erhebung der Financial Times ist bis 1990 damit zu rechnen, daß mehr als 100 Milliarden Dollar (128 Milliarden ECU) in Westeuropa und Nordamerika für die Automatisierung in der verarbeitenden Industrie ausgegeben werden. Wenn der Anteil der EWG 40 % der Gesamtsumme ausmacht, würde dies Ausgaben von rund 51 Milliarden ECU für die Automatisierung im Laufe der kommenden sechs Jahre bedeuten.

3. Nach einer neuen Erhebung des PSI London wenden im Vereinigten Königreich 94 % der britischen Unternehmen mit mehr als 1.000 Beschäftigten die Mikroelektronik in ihren Herstellungsverfahren an, während bei Unternehmen mit 500 bis 1.000 Beschäftigten diese Zahl 83 % ausmacht.

Dieselbe Erhebung des BSI zeigt, daß die britischen Unternehmen mit mehr als 1.000 Beschäftigten dreimal mehr Mikroelektronik in ihren Herstellungsverfahren als die kleinen Unternehmen mit 20 bis 49 Beschäftigten einsetzen.

4. Diese Untersuchung vom September 1983 wurde von Professor Wassily Leontief im Namen der National Science Foundation durchgeführt und enthält drei verschiedene Szenarios für die Verbreitung der Automatisierung. Die Analyse geht von einer Reihe ausführlicher input-output-Tabellen für jeden Sektor der amerikanischen Wirtschaft aus.
5. Wie schon aus den Tabellen auf den Seiten 4 und 5 des Anhangs I hervorgeht, sind unbestreitbare Anstrengungen der europäischen Hersteller bei der Modernisierung ihrer Maschinen und bei deren Ausrüstung mit numerischen Steuerungen festzustellen. Besonders hervorgehoben zu werden verdient, daß der beschleunigte Einbau numerischer Steuerungen ziemlich genau mit der Kündigung des Alleinvertriebsabkommens zwischen Siemens und Fanuc über numerische Steuerungen im Anschluß an die von der Kommission der EG eingeleitete Kosten der numerischen Steuerungen von Fanuc (50 bis 60 % des Weltmarktes) in der Gemeinschaft ermöglicht haben.

Andererseits lassen Presseberichte und die europäischen Leistungen auf den letzten Werkzeugmaschinen-Ausstellungen Anzeichen für einen deutlichen Fortschritt bei der Einbeziehung der Mikroelektronik in die europäischen Werkzeugmaschinen erkennen.

6. Ergebnisse gleicher Größenordnung waren in einer von "Consultronique" im Auftrag der Kommission durchgeführten Studie vom Dezember 1981 vorhergesagt worden. Für die erste Hälfte der 80er Jahre waren folgende mittlere jährliche Zuwachsraten vorhergesagt worden:

Gemeinschaftsproduktion

	<u>wertmässig</u>	<u>in Einheiten</u>
Alle NC-Werkzeugmaschinen	19 %	17 %

Weltproduktion

Alle NC-Werkzeugmaschinen	17 %	12 %
Bearbeitungszentren	24 %	15 %
NC-Drehmaschinen	16 %	10 %

Der französische Werkzeugmaschinenplan (Plan Machine-outil) hatte - allerdings aufgrund einer voluntaristischen Aktion - ein Wachstum des französischen Marktes für NC-Werkzeugmaschinen von 10.500 Einheiten im Jahre 1981 auf 26.500 Einheiten im Jahre 1985, und damit ein jährliches Wachstum von 26 % für Frankreich vorhergesehen.

Alle diese Prognosen wurden infolge des unerwarteten Konjunkturrückgangs, der zu einem globalen Rückgang der europäischen Produktion um wertmäßig etwa 30 % zwischen 1980 und 1983 führte, durch die Tatsachen widerlegt. Dennoch nahm der Anteil der NC-Maschinen am Gesamtmaschinenpark auch weiterhin stark zu, und die europäische Produktion hatte bei dieser Art von Maschinen trotz der Rezession ein geringfügiges Wachstum zu verzeichnen.

Angesichts der allgemeinen Wiederbelebung der Nachfrage nach Werkzeugmaschinen, die 1983 begann, erscheinen somit mittlere jährliche Wachstumsraten in der Größenordnung von 20 % für NC-Maschinen in der gesamten Gemeinschaft im Laufe der nächsten Jahre nicht unvernünftig.

Nähere Hinweise, hierüber dürften in Kürze verfügbar sein, da die Ergebnisse von Erhebungen, die mit der des Policy Studies Institute koordiniert und nach der gleichen Methode durchgeführt werden, für Frankreich und Deutschland Ende 1984 vorliegen dürften.

7. Begriffsbestimmungen der Roboter

ISO: "Der Industrieroboter ist ein Handhabungsgerät mit automatisch gesteuerter Position, der frei programmierbar und multifunktional ist, über mehrere Achsen verfügt, und in der Lage ist, Material, Werkstücke, Werkzeuge und Sondervorrichtungen durch Programme für variable Bewegungsabläufe zu handhaben, die es ihm ermöglichen, eine Vielfalt von Aufgaben zu übernehmen".

Robot Institute of America (RIA): "Ein Roboter ist ein frei programmierbares und multifunktionales Handhabungsgerät, das dazu bestimmt ist, Material, Werkstücke, Werkzeuge oder Sondervorrichtungen mit Hilfe von Programmen für variable Bewegungsabläufe zu handhaben, die es ihm ermöglichen, eine Vielzahl von Aufgaben zu übernehmen".

Britisches Ministerium für Industrie und Handel: "Ein Roboter ist ein frei programmierbares mechanisches Handhabungsgerät". Demgegenüber definiert die "British Robot Association": "Ein Roboter ist ein frei programmierbares Gerät, das dazu bestimmt ist, Werkstücke, Werkzeuge oder spezielle Fertigungsverfahren mit Hilfe von Programmen für variable Bewegungsabläufe zu handhaben, die es ermöglichen, spezifische Fertigungsaufgaben zu übernehmen.

JIRA (Japan): definiert fünf Kategorien von Robotern:

1. Handhabungsgerät - wird direkt von einer Bedienungsperson gesteuert
2. Sequentieller Roboter - Handhabungsgerät, das gemäß einer vorab festgelegten Sequenz betrieben wird;
 - i) Festgelegte Sequenz - schwer zu verändernde Sequenz,
 - ii) Variable Sequenz - leicht zu verändernde Sequenz.
3. Teach-in-Roboter - Handhabungsgerät, das eine von der Bedienungsperson vorgeführte Sequenz speichert.
4. Numerisch gesteuerter Roboter - Handhabungsroboter, der Befehle mit Hilfe einer numerischen Steuerung erhält.
5. Intelligenter Roboter - Roboter, der in der Lage ist, die von ihm geforderten Funktionen mit Hilfe eines Meßfühlers und Erkennungsmethoden zu verstehen.

Der größte Teil der beiden ersten Kategorien gilt nach der übrigen obigen Definitionen nicht als Roboter.

Begriffsbestimmung nach den Anwendungskategorien: Die Liste ist lang und umfaßt insbesondere:

- Punktschweißen
- Lichtbogenschweißen
- Oberflächenbehandlung
- Wärmebehandlung
- Spritzlackieren
- Presseversorgung
- Hohlformgießen
- Präzisionsgießen
- Montage
- Palettisierung und Konditionierung
- Handhabung und Transfer (Beschickung/Entladung von Werkzeugmaschinen)
- Spritzgießen (Kunststoffe)
- Gießerei
- Schmiede
- Messung und Kontrolle.

Jede dieser verschiedenen Anwendungen erfordert etwas unterschiedliche Roboterkonfigurationen und Spezifikationen hinsichtlich der Geometrie des Armes, des Antriebssystems, der dynamischen Leistung und der Präzision, der Zuverlässigkeit und Sicherheit.

Die Geometrie des Armes kann in vier größere Kategorien unterteilt werden: nach kartesischen, Zylinder- und Kugelkoordinaten und Gelenkrobotern. Die Antriebssysteme sind im allgemeinen pneumatisch für leichtere Arbeiten, hydraulisch für schwerere Arbeiten und elektrisch für Präzisionsarbeiten.

8. Die Financial Times geht in ihrer Studie vom 12.1.1984 über die Automatisierung davon aus, daß die CAD-Systeme die Produktivität im Mittel um einen Faktor 3 multiplizieren. A.D. Little veranschlagt die Multiplikationswirkung auf einen Faktor zwischen drei und vier.
9. A.D. Little hat die Entwicklungsphasen der verschiedenen in Frage kommenden Technologien in Form einer Graphik beschrieben.

