



Informationstechnik

Automation und Arbeit

Von

Privatdozent

Dr. Thomas Rasmussen

Universität Hamburg

R. Oldenbourg Verlag München Wien

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Rasmussen, Thomas:

Informationstechnik : Automation u. Arbeit / von Thomas
Rasmussen. – München ; Wien : Oldenbourg, 1988

ISBN 3-486-20768-7

© 1988 R. Oldenbourg Verlag GmbH, München

Das Werk einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Gesamtherstellung: Grafik + Druck, München

ISBN 3-486-20768-7

Inhaltsverzeichnis

Einführung: Technik und Ökonomie	1
Mikroelektronik – Inhalte und Anwendungsbereiche	8
Kapitel I: Die Entwicklung der Halbleiterindustrie	12
I.1 Marktstruktur, Marktverhalten und Marktergebnisse	17
Kapitel II: Mikroelektronik im Produktionsbereich	43
II.1 Alte Maschinen – Neue Leistungen	49
II.2 Neue Investitionsgüter – Industrieroboter	59
II.3 Der Markt für Industrieroboter	73
II.4 Entwicklungstendenzen des Robotereinsatzes	86
II.5 Die Zukunft der Produktion	119
Kapitel III: Mikroelektronik in Büros und Verwaltungen	154
III.1 Datennetze und Kommunikationssysteme	157
III.2 Neue Techniken – Neue Aufgaben	179
Kapitel IV: Mikroelektronik und Beschäftigung – Spekulationen und Prognosen	187
IV.1 Beschäftigungsperspektiven aus der Sicht von Produzenten und Betroffenen	190
IV.2 Beschäftigungsperspektiven in gesamtwirtschaftlicher Sicht	204
IV.3 Beschäftigungsperspektiven für die Bundesrepublik Deutschland	219
Kapitel V: High – tech und Arbeit	235
Literaturverzeichnis	245
Übungsaufgaben	253
Planspiel	260

Einführung

Technik und Ökonomie

Der Chip ist zum Symbol einer technischen Revolution geworden. Die auf ihm basierende Mikroelektronik wird von vielen Menschen als Bedrohung ihrer angestammten Arbeitsplätze und vertrauten Gewohnheiten empfunden. Tatsächlich hat sich eine in sehr kurzer Zeit eine gigantische Veränderung in den Möglichkeiten der Informationsbe- und -verarbeitung vollzogen, die mittlerweile in alle Lebensbereiche hineingreift, deren Ende noch nicht abzusehen ist und deren Folgen nur schwer zu überblicken sind. Zwar ist man mit Schlagworten schnell bei der Hand gewesen, doch die eigentliche Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten und Risiken der technischen Entwicklungen ist weitgehend entfallen.

Die Techniker haben viele Jahre im Stillen gewerkelt und ihr Produkt zu ungeahnten Leistungshöhen gebracht. Die Kaufleute waren ebenso behende in der Erschließung entsprechender neuer Märkte. Nur die Wissenschaft hat sich in vielen Fällen der Betrachtung und Analyse der sich abzeichnenden Veränderungen verschlossen. Dies gilt auch und gerade für die Ökonomie, die sich zur Zeit noch abmüht, ihre Modelle halbwegs in Einklang mit der Realität der letzten zwanzig Jahre zu bringen und die demgemäß an die Integration relevanter Zukunftsfragen vermutlich erst dann herangehen wird, wenn auch diese bereits zwanzig Jahre zurückliegen.

Dieses Defizit kann einerseits mit der schlichten Überlegung erklärt werden, daß einem fundierten Ökonomen selbstverständlich die Niederungen der Technik höchst unzugänglich erscheinen und andererseits die allzu direkte Konfrontation mit der Realität auch gar nicht erstrebenswert ist. Außerdem könnte vielleicht auch die Beschäftigung mit einem derartig faszi-

nierenden und brisanten Stoff wie der Mikroelektronik bei näherer Betrachtung Anforderungen an ökonomische Theorien entstehen lassen, die zum gegenwärtigen Zeitpunkt weder ganz noch teilweise in den bestehenden Ideengebäuden berücksichtigt werden können.

All diese Erklärungen sind unbefriedigend und doch realitätsnah. Dies schließt nicht aus, daß es immer wieder Ökonomen und nicht nur solche gegeben hat, die der kecken Versuchung nicht widerstehen konnten, sich hiermit intensiver zu beschäftigen. Immerhin veröffentlichte SCHELKY bereits zu Beginn der fünfziger Jahre einen Aufsatz, in dem er wesentliche Teile der jetzigen Diskussion vorweggenommen hat und dessen Ausführungen auch heute noch in unveränderter Form für viele Schriften über die hier zu diskutierenden Probleme eine recht geeignete Einführung abgeben würden. Im Jahre 1953 schrieb er: " Mit dem Abklingen des Fortschrittsoptimismus ist unser Denken erstaunlich zukunftsblind geworden; die politische, soziale, philosophische oder moralische Utopie hat den Atem verloren... Dabei kennen wir heute... gewisse technische Erfindungen, die ganz neue Gesetzmäßigkeiten und Folgen in der industriellen Gesellschaft anzukündigen scheinen; sie sind bereits zu solcher Reife gediehen und befinden sich zum Teil schon so weit in Anwendung, daß ihre Auswirkung und Ausbreitung weitgehend zu übersehen sind. Im Zentrum dieser neuartigen technischen Ausstattung , die von vielen kompetenten Beobachtern als der Beginn der zweiten industriellen Revolution angesehen wird, stehen die...Elektronen-Rechenmaschinen oder sonstigen automatischen Steuerungsapparate" SCHELKY, 1953.

Diese bereits damals erkennbare Entwicklung hat sich mit einem geradezu irrwitzigen Tempo durchgesetzt und ist sicherlich wesentlich weiter gediehen, als man das zu Beginn der fünfziger Jahre vorhersehen konnte. Doch hat die wissen-

schaftliche Begleitforschung weitgehend immer noch den von Schelsky seinerzeit beklagten Charakter: "Tatsächlich aber sind, von der technischen Fachliteratur abgesehen, bislang nur drei literarische Gruppen erkennbar, die diesen technischen Wandlungen als Determinanten unserer menschlichen und gesellschaftlichen Zukunft nachzugehen wagen: die journalistische Reportage, die von der Arbeitswissenschaft herkommende Industriesoziologie und die Science Fiction, also der wissenschaftliche Abenteuerroman." SCHELSKY, 1953.

Das ist noch immer der Stand der Dinge, wenngleich sich der Abenteuerroman heute häufig hinter einer sogenannten wissenschaftlichen Arbeit verbirgt, bei der das Abenteuerliche in der Methode liegt und das Romanhafte in den Ergebnissen. Lediglich zu lesen sind solche Arbeiten leider wesentlich schlechter als ein gut präsentierter Science Fiction Beitrag. Dieser Zustand ist nicht nur bedauerlich, sondern angesichts der sich abzeichnenden Trends in Wirtschaft und Gesellschaft einerseits und in der Technik andererseits auch höchst bedenklich.

Denn neben den - vom Verbraucher willig angenommenen - technischen Veränderungen seiner Konsumartikel, die immer billiger, leistungsfähiger und intelligenter werden, vollziehen sich gewaltige Wandlungen nicht nur in der industriellen Produktion, sondern auch bei der Erstellung von Dienstleistungen. Verglichen mit den sich hier anbietenden Prozessen dürfte die Durchsetzung der Dampfmaschine oder des Flugzeuges als technische Neuerung ein eher harmloses Ereignis gewesen sein.

Wir befinden uns - so die Leitlinie dieses Buches - auf dem Wege in eine neue Arbeitsteilung, die alles bisherige auf den Kopf stellen wird. Dies gilt nicht nur für die Produktion, wo Roboter und vollautomatische, computergesteuerte Maschinen

sowohl Menschen als auch alte Anlage ersetzen, sondern noch viel mehr für Büros und Verwaltungen. Das schlichte Bild vom Austausch des Menschen durch die Maschine beschreibt diesen Prozeß nur unzureichend. Die Wirkungen der Mikroelektronik gehen wesentlich weiter als das, was man gemeinhin mit dem Schlagwort der Automatisierung umreißt. Dampfkraft und Fließbänder vermochten allenfalls Teile der menschlichen Arbeitskraft im Produktionsprozeß zu ersetzen und bestimmte Arbeitsvorgänge zu übernehmen. Jede Leistungssteigerung erfolgte hierbei jedoch durch Spezialisierung und Monotonisierung, immer simplere Arbeitsgänge wurden immer schneller vollzogen. Der Mensch bemühte sich, dem Leistungstempo der Maschinen nachzukommen.

Die Mikroelektronikprodukte sind hingegen von ganz anderer Qualität. Sie sind im Prinzip ganzheitlich aufgebaut und ermöglichen so erst die eigentliche Automatisierung, indem sie Teile der menschlichen Leistungsspezifika mit eingebaut bekommen. Sie haben dann die sogenannte künstliche Intelligenz, das heißt schlicht die Chance zu überlegen und nach logischen Kriterien zu reagieren. Anders als in früheren Rationalisierungswellen und Automatisierungsansätzen wird hierbei in idealer Form eine Kombination von Flexibilität und Spezialisierung erreicht, die den alten Anlagen vorenthalten war. Galt bislang der Zusammenhang, daß eine Maschine entweder für Vieles mäßig geeignet war (Universalmaschine) oder für Weniges hervorragend (Spezialmaschine), so ist die Mikroelektronik in der Lage, diese Barrieren endgültig zu überspringen. Die modernen Geräte können Vieles hervorragend und sind noch nicht einmal besonders teuer.

Obwohl diese Trends seit einigen Jahren keineswegs mehr Visionen sondern harte Realität sind, fehlt es bislang an Untersuchungen und einer auch der breiteren Öffentlichkeit zugänglichen Literatur zu diesem Bereich. Zwar mangelt es

mittlerweile nicht mehr an Veröffentlichungen, die vornehmlich durch eindrucksvolle Schlagworte glänzen, doch widmen sie sich in der Regel entweder sehr spezifischen Fragestellungen oder aber sie sind isolationistisch - dogmatischer Natur. Die wenigen problemorientierten Ansätze, die es selbstverständlich auch gibt, sind meist nicht so formuliert, daß sie einem unvorbereiteten Leser die erforderlichen Einsichten vermitteln.

Anliegen dieser Studie ist es, in begrenztem Umfang diese Lücken zu schließen. Die generelle Sichtweise hierbei ist ökonomischer Natur. Die Formulierungen sind nicht immer schonend und teilweise recht technokratisch, wie das den Ökonomen so eigen ist. Dies soll nicht den Eindruck erwecken, der Verfasser wäre nicht in der Lage, die soziale Problematik der von ihm geschilderten Sachverhalte zu überblicken, doch sollen hier im wesentlichen die Tatsachen präsentiert werden, und nicht deren Interpretationsmöglichkeiten.

Demgemäß steht im Mittelpunkt der Ausführungen nicht die Frage nach dem "ob überhaupt" und "wenn wieviel" der Mikroelektronik sondern die nach dem "was passiert demnächst wo und wie" . Die vollzogene Entwicklung der letzten Jahre hat längst Tatsachen geschaffen, die eine lange Auseinandersetzung über die Grundlagen und Bedingungen des Mikroelektronikeinsatzes überflüssig machen. Eine Wiederaufarbeitung der in diesen Zusammenhang gehörenden Diskussionen ist absolut müßig. Hier soll vielmehr das breite Spektrum der Einsatzfolgen anhand typischer Beispiele näher durchleuchtet werden und auf Handlungsnotwendigkeiten hingewiesen werden. Zugleich soll dieser Text dem in der Lehre Tätigen die erforderlichen Sachinformationen für die Vorbereitung seines Unterrichts bereitstellen.

Nach Meinung des Verfassers werden in wenigen Jahren Entwick-

lungen sichtbar werden, die wesentliche Teile der traditionellen ökonomischen Theorien derart fragwürdig werden lassen, daß man sich rechtzeitig um neue kümmern sollte.

Was nützt noch eine Wachstumstheorie, die als zentrale Argumente Kapital und Arbeit enthält, wenn das Wachstum von Ressourcen, Umwelt und Technologie bestimmt wird, der spezifische Kapitaleinsatz in der Produktion sinkt und Arbeitskräfte zu den gegebenen Bedingungen im Überfluß vorhanden sind. Was nützt uns eine Außenhandelsstheorie, die Ex- und Importe über Faktorproportionen (Arbeits- und Kapitalkosten) und internationale Direktinvestitionen über Lohnniveaus erklärt, angesichts der Tatsache, daß weder das eine noch das andere von wesentlicher Bedeutung ist, weil Technologien und Informationen wichtiger als Stundenlöhne geworden sind. Was hilft uns die beste Markttheorie, das beste System der sozialen Sicherung, wenn die Realität Sachverhalte schafft, die die theoretischen Vorgaben lange als inhaltsleer deklassiert haben. Um ein Beispiel zu geben, was nützt ein Generationenvertrag in der Rentenversicherung, wenn künftig automatische Systeme den wesentlichen Teil der Wertschöpfung erstellen. Roboter zahlen keine Rentenversicherungsbeiträge. Was nützt eine Wettbewerbstheorie, die auf Modellen basiert, die den technischen Fortschritt ins ökonomische Jenseits befördern und die Konstrukte vollständiger Konkurrenz als Ausgangspunkt ihrer Analysen nimmt. Die Reihe der Problemfelder ließe sich beliebig fortsetzen, ohne daß man damit ihrer Lösung näher wäre.

Ein erster Ansatzpunkt liegt meines Erachtens in der Überwindung des "Robinson Syndroms", des Inseldenkens, das die wesentlichen Probleme jeweils auf die Nachbarinsel zu verlagern versucht und damit aus dem eigenen Ansatz ausblendet. Gefordert - wenngleich schwierig zu realisieren - ist ein Systemdenken, das die einzelnen Elemente in ihrem Zusammenhang sieht und deren Wirkungsverknüpfungen generell akzep-

tiert und integriert. Dies setzt zum einen voraus, daß man sich auch mit den Forschungen der jeweils benachbarten Bereiche beschäftigt und so interdisziplinär einer Lösung näherkommt und zum anderen, daß man einen Teil seiner Vorurteile aufgibt.

In diesem Sinne soll das vorliegende Buch ein bescheidener Versuch sein, die Mikroelektronik sowohl aus technischer Sicht als auch bezüglich ihrer ökonomischen Einwirkungsmöglichkeiten auf die wesentlichen Wirtschaftsbereiche zu erfassen. Daß dies nicht vollständig gelingen kann, liegt zum einen an den begrenzten Fähigkeiten des Verfassers und zum anderen an den nahezu unbegrenzten Möglichkeiten der Mikroelektronik.

Mikroelektronik - Inhalte und Anwendungsbereiche

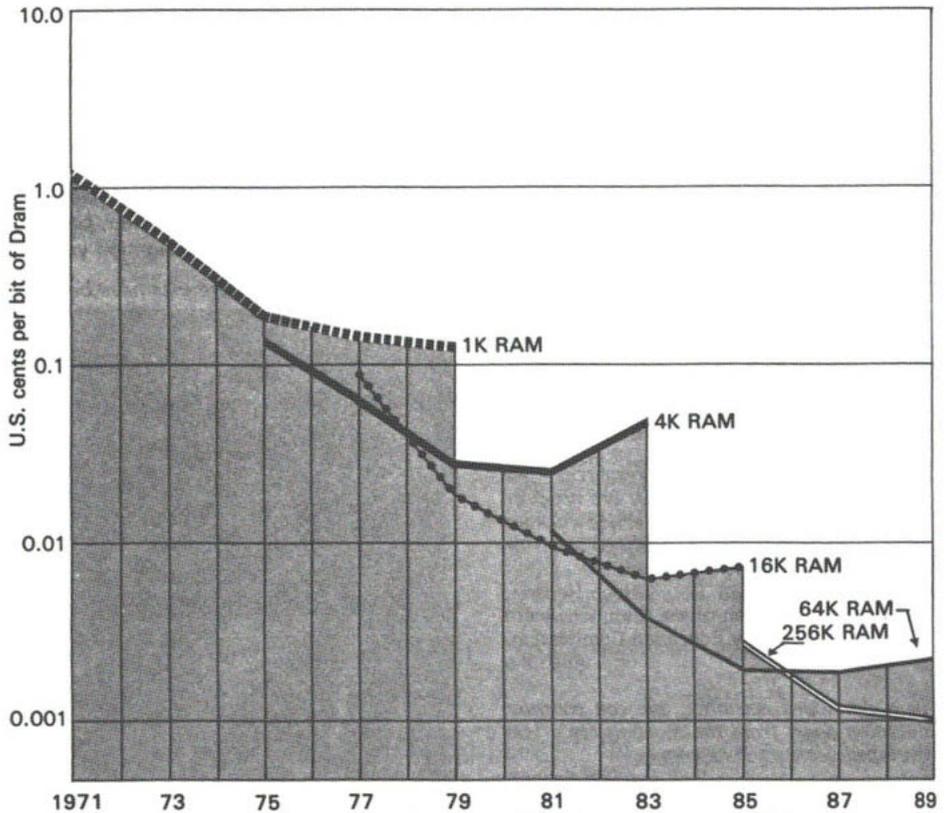
Mikroelektronik ist zu einem schillernden und für viele auch bedrohlichen Begriff geworden, unter dem man sich nicht ohne weiteres konkret etwas vorzustellen vermag. In der schlichten Sprache des Technikers hingegen handelt es sich um eine relativ einfache Sache: " Mikro-Elektronik ist die untrennbare Zusammenfassung vieler elektronischer Bauelemente auf einem Kristall (Chip). Der Integrationsgrad ist die Anzahl der zusammengefaßten integrierten Bauelemente. Die Basis der Mikroelektronik ist die Halbleitertechnologie, Silizium als Ausgangsmaterial spielt eine entscheidende Rolle. In einer Dekade hat sich der Integrationsgrad um den Faktor 500 vergrößert und er wird in der vor uns liegenden Dekade noch weiter steigen...Die Kosten pro Transistorfunktion sanken in einer Dekade ebenfalls um den Faktor 500 (vergl. hierzu Übersicht 1). Es ist jedoch nicht die Entwicklung der Technologie selbst, die von dominierendem Interesse ist, sondern vielmehr ihre Einsatzmöglichkeiten und deren Folgen." In the last decade, developments in microelectronic - based technologies have opened prospects for the rapid evolution of equipment used in performing a great variety of tasks that involve receiving, processing, transmitting and acting upon information. From an economic vantage point, the innovations in microelectronic - based technologies have three dimensions:

- miniturisation
- adding of "intelligence" to equipment
- rapidly processing very large quantities of information at small costs.

As a consequence, microelectronics - based technologies can be introduced in any application that currently makes use of some information processing, from consumer goods to office

Übersicht 1: KOSTEN UND LEISTUNGEN VON SPEICHERCHIPS
1971 – 1989

A. ELECTRONIC MEMORY PRICES



Source : Bureau of Industrial Economics, cited in US Industrial Outlook, 1984.

equipment and manufacturing equipment. These technologies are not only of localised significance, but effect the economy in general." OECD 1982

Zur entscheidenden Frage wird so - neben den Tendenzen im Bereich der Mikroelektronik selbst - wo sie konkret ihren Einsatz findet (primärer Effekt) und wie sich diese Mikroelektronikprodukte ihrerseits auf die Einsatz- und Verwendungsfelder selbst auswirken (sekundärer Effekt).

Ausgangspunkt der weiteren Ausführungen ist zunächst der primäre Effekt, also die Frage nach den technischen Möglichkeiten der Basistechnologie. Generell sind in diesem Zusammenhang zwei Produktlinien zu unterscheiden, die deutlich berührt sind, und zwar in höchst unterschiedlicher Form. Einerseits Erzeugnisse, die ihrerseits wieder zur Herstellung von Produkten und Leistungen benötigt werden, die sogenannten Investitionsgüter, und andererseits Erzeugnisse, die unmittelbar dem Verbraucher zugänglich sind, die Konsumgüter. Diese banal anmutende Unterscheidung hat recht erhebliche Unterschiede in der Betrachtung zur Folge. Veränderte Investitionsgüter implizieren unmittelbar gewandelte Produktionsprozesse und sind damit direkt arbeitsplatzwirksam. Gewandelte Konsumgüter hingegen verändern die Nachfragestrukturen, das Kaufverhalten der Verbraucher und wirken auf diesem Wege erst indirekt auf die Arbeitsplätze in den betroffenen Branchen und Unternehmen zurück. Das Schwergewicht dieser Untersuchung soll auf den Investitionsgütern liegen. Zwar sind die Einsatzfelder der Mikroelektronik im Konsumgüterbereich sehr eindrucksvoll und sicher auch nicht unwesentlich, doch sind die wesentlichen Folgen der Mikroelektronik im Bereich der Investitionsgüter zu sehen.

Wie bereits erwähnt bietet die neue Technologie überall dort besonders gute Anwendungschancen, wo in großem Umfang Infor-

mationen gesammelt, bearbeitet oder verarbeitet werden müssen. "Aus technischer Sicht gibt es (daher) ein breites Spektrum von Entwicklungslinien, die zu anwendungsreifen Produkt- und Prozeßinnovationen führen werden...Die meisten dieser technischen Entwicklungen werden aller Voraussicht nach keine erheblichen direkten Beschäftigungseffekte auslösen oder erscheinen für die 80er Jahre nur bedingt innovationsrelevant. Dagegen ist die Mikroelektronik in Verbindung mit der Datentechnik die dominante anwendungsreife technische Entwicklungslinie, insbesondere, wenn man von der Diffusionstiefe und -breite in sektoraler Hinsicht ausgeht." (ifo-Institut München u.a.1979). Diese globale Aussage ist sicherlich richtig und wird nachfolgend hinsichtlich der Herstellungs- wie der Anwendungsbereiche differenziert untersucht werden.

Am Anfang aller Überlegungen soll allerdings ein kurzer Abriss der Gegebenheiten in der Grundlagenindustrie dieses gesamten Feldes vermittelt werden, der Halbleiterindustrie.

Kapitel I

Die Entwicklung der Halbleiterindustrie

Alles, was im Bereich der Mikroelektronik passiert und sich vollziehen kann hängt an den Entwicklungen im Feld der dazugehörigen Grundstoffindustrie, der Halbleiterherstellung. Die hiermit angesprochenen Integrierten Schaltkreise, auch integrated circuits oder kurz IC's genannt, sind der Grundstoff der Informationstechnologie. Aus diesem Grunde wurden die Halbleiterelemente auch schon als Rohöl der 90er Jahre bezeichnet, als der Schlüsselstoff für die kommenden Jahre. Von ihrer Entwicklung werden die wesentlichen Antriebsmomente nicht nur für fortschrittliche elektronische Komponenten, sondern auch für die vielen anderen Anwendungsbereiche ausgehen. Die Halbleiterindustrie ist einer der Belege für die Dynamik von Märkten und zugleich ein demonstrativer Hinweis auf die Abhängigkeit wesentlicher Industriezweige von nur wenigen technologischen Entwicklungslinien. Zugleich läßt sich an diesem Beispiel belegen, wie der Wettbewerb sowohl Produkt- als auch Prozeßinnovationen vorantreiben kann. Vorantreiben auf Niveaus, die weit über das hinausgehen, was der Markt von der Nachfrageseite her fordert und oftmals auch über das, was die Abnehmer überhaupt zum fraglichen Zeitpunkt in hinreichendem Maße verwenden können. Hieraus resultierten zum Teil beträchtliche Marktinstabilitäten, ausgedrückt durch Preis- und Absatzschwankungen recht beachtlicher Art, die letztendlich in einer kontinuierlichen Scherenentwicklung zwischen Preisen und Leistungen der Halbleiterelemente kumulierten:

- die Leistungsfähigkeit der auf der Integrationstechnik beruhenden Schaltkreise wuchs von Jahr zu Jahr rapide;
- die Kosten für die einzelnen Schaltfunktionen sanken in ähnlichem Ausmaß.

Gleichzeitig versuchten und versuchen viele Regierungen, überzeugt von der Triebkraft dieser Schlüsselindustrie mit mehr oder minder ehrgeizigen Förderungsprogrammen, die eigene Halbleiterindustrie in ihrer Leistungsfähigkeit voranzutreiben. Eines der neuesten Beispiele hierzu stammt aus der Bundesrepublik, wo erhebliche Forschungsförderungsmittel an die beiden führenden Halbleiterhersteller vergeben wurden, um ihnen gemeinsam die Entwicklung eines extrem leistungsfähigen integrierten Schaltkreises, eines Megachips zu ermöglichen. (OECD, 1985).

Nach Herstellerangaben stieg auch ohne diesen letzten Entwicklungsschritt die Leistungsfähigkeit der Halbleitertechnologie seit dem Übergang vom schlichten Transistor auf die Siliziumtechnologie, die der Einstieg zur Chip-Produktion war, also dem eigentlichen Beginn der revolutionär anmutenden Entwicklung(1963) um etwa den Faktor 83.000 von 12 Funktionen je Chip auf nunmehr 1.000.000. Die Kosten je Transistorfunktion auf dem Chip hingegen sanken etwa um den Faktor 1000 im gleichen Zeitraum (Vergl. hierzu die Übersicht 1).

Diese Entwicklungsschere hat es erst ermöglicht, den breiten und vielseitigen Einsatz der integrierten Schaltkreise auch bei simplen Anwendungen zu erreichen und hierdurch wiederum eine beschleunigte Weiterentwicklung der Elemente selbst geradezu erzwungen. Denn in diesem Bereich verspricht jeder Fortschritt aufgrund der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten eine rasche und hohe Rentabilität , d.h. einen schnellen Rückfluß der für die Entwicklung eingesetzten Gelder. Allerdings wachsen die finanziellen Anforderungen von Entwicklungsschritt zu Entwicklungsschritt nachhaltig, ein Trend, aus dem ein ständig zunehmender Druck auf die Halbleiterhersteller in Richtung auf zunehmende Unternehmensgrößen resultiert. Waren die Grunderfindungen noch Einzelleistungen

findiger Forschergeister und konnten neue Firmen noch von Einzelkämpfern aufgebaut werden, so spielt sich die heutige Forschung fast ausschließlich in den Labors der Großindustrie und damit der Marktführer ab. Zugleich erklärt diese Entwicklung die zunehmende Bedeutung einzelner Hersteller als Lieferanten von Schlüsseltechnologien und zeigt so ein weiteres Mal, daß nicht immer der intensivste Wettbewerb auch die besten Ergebnisse hervorbringen muß.

Im Gegenteil, der Halbleitermarkt wird immer mehr zu einem Aktionsplatz von Giganten und es ist keineswegs sicher, ob sich im Zuge der nationalen und internationalen Anbieterkonzentration tatsächlich eine unveränderte Innovationstradition aufrechterhalten wird und ob es langfristig sinnvoll war, diese Entwicklungen recht ungehindert und unbeeinflusst ablaufen zu lassen. Denn schließlich hängt eine ganze Reihe sehr wesentlicher Branchen hier an dem seidenen Faden der Belieferung mit den entscheidenden Komponenten sehr weniger Hersteller. Welche Bedeutung die Bauelementeindustrie, also die Hersteller der Halbleiterchips bereits heute in den Volkswirtschaften hat, das mag eine Übersicht für die Bundesrepublik Deutschland belegen (Tabelle 1) In dieser Darstellung wird maßstabsgerecht das Verhältnis zwischen den Umsätzen der Mikroelektronik, der Elektronik- und der Investitionsgüterindustrie aufgezeigt. Beeindruckend hieran ist, daß der Mikroelektronikverbrauch nicht einmal 10 % des Bruttosozialproduktes ausmacht. Die Schlüsselfunktion der Mikroelektronik muß darin gesehen werden, daß sie für das Wachstum der Elektronik und damit der fünf wichtigsten deutschen Industriezweige im Bereich der Investitionsgüterherstellung die technische Basis darstellt, ohne die Spitzenprodukte in Zukunft nicht mehr denkbar sind. Die Industriezweige der Fünfergruppe stehen mit einer Ausfuhr von 195 Mrd. DM oder 45 % ihres Gesamtumsatzes an exponierter Stelle und

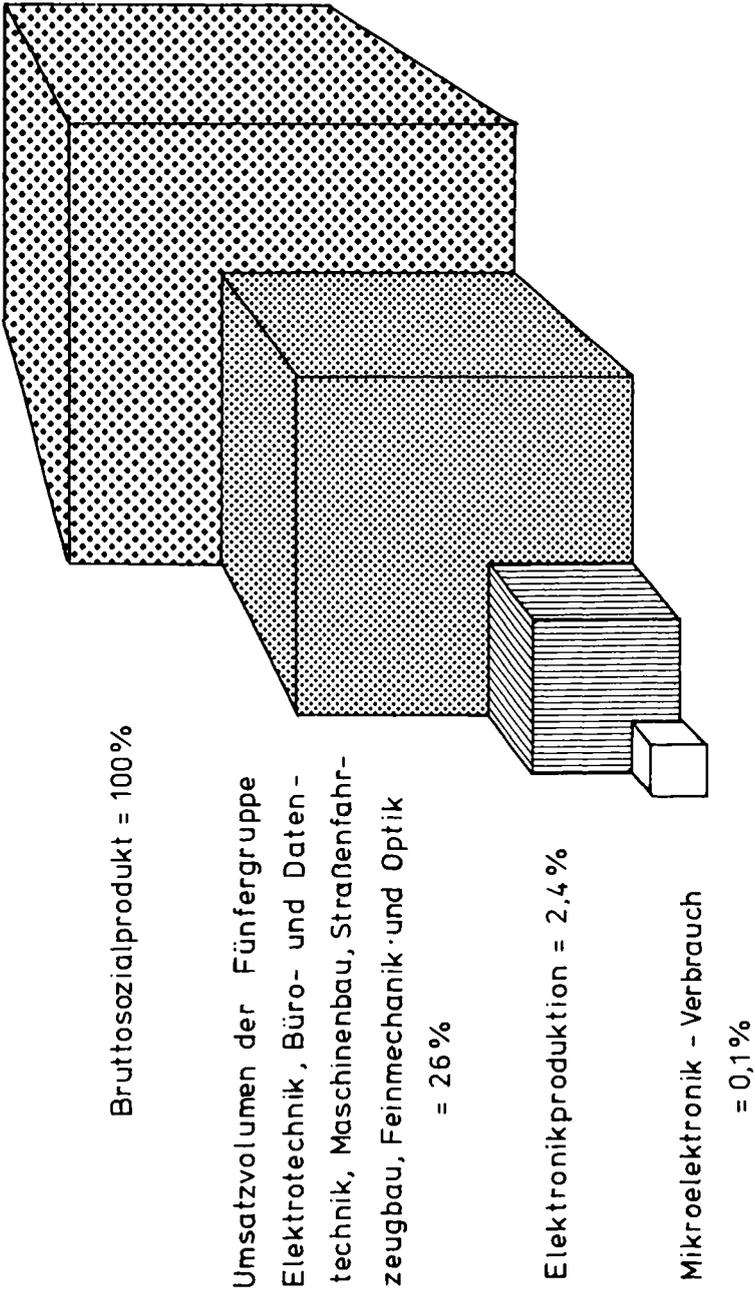
erbringen den Grundbeitrag für den aktiven Teil unserer Handelsbilanz. Ziemlich direkt hängen 39 Mrd. DM der Elektronikproduktion wiederum von der Mikroelektronik ab (WEINERT, 1984).

Noch deutlicher wird die Rolle, die die Mikroelektronik bereits in den Industrieländern einnimmt, schlüsselt man diese Daten noch etwas weiter auf. Die Mikroelektronik beeinflusst heute etwa 60 % aller Industrieumsätze in der Bundesrepublik, dabei teilen sich die Branchen wie folgt auf (1985):

- Büro-, Daten- und Nachrichtentechnik verbrauchen 42 % der IC-Produktion;
- Konsumelektronik verwendet 30% der Ic-Produktion;
- Industrieelektronik benötigt ca. 22% der IC-Produktion;
- Autoelektronik ist für 6% des IC-Verbrauches verantwortlich

Schon aus diesen groben Angaben wird unmittelbar ersichtlich, welche Position die Mikroelektronik mittlerweile gewonnen hat und in welchem Umfang ihre Erzeugnisse Eingang in andere Wirtschaftsbereiche gefunden haben. Sie zeigen zugleich, daß schon aus diesem Grunde die Frage nach den wesentlichen Zusammenhängen im Bereich der Bauelementehersteller identisch ist mit der nach der künftigen Wettbewerbsfähigkeit von Industrien und Volkswirtschaften gleichermaßen, wie mit der Frage nach den grundsätzlichen Mustern künftigen sektoralen und regionalen Strukturwandels.

Tab. 1: MIKROELEKTRONIK UND WIRTSCHAFT IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



I.1 Marktstruktur, Marktverhalten und Marktergebnisse

Integrierte Schaltungen sind ein Weltmarktprodukt, das international in großen Mengen und mit beeindruckender Dynamik gehandelt wird. Es gibt praktisch keinen Technologieunterschied zwischen den Produkten einer bestimmten Kategorie. Der Markt ist von der Offenheit vieler anderer Rohstoffmärkte und in vielen Elementen eher einer Börse denn einem Produktmarkt ähnlich. So kommt er konstruktionsgemäß in vielen Einzelpunkten dem Idealbild der Ökonomen von einem Markt recht nahe, allerdings auch mit erheblichen Abweichungen vom Konstrukt. Er zeichnet sich gleichermaßen durch rasante Zuwachsraten wie durch hektische Nachfrageschwankungen aus, die neben dem 'himmelhochjauchzend' zugleich wieder das 'tief betrübt' auftreten lassen. Die Anbieter können bei aller Einigkeit über die generell expansive Entwicklung ihres Absatzbereiches nie sicher sein, wie die Umsätze in den vor ihnen liegende Monaten aussehen werden, und welche Technologien in diesem Zeitraum von welchem Konkurrenten zu welchem Preis auf den Markt gebracht werden. Da auch die Nachfrager in vielen Bereichen eher von labilem Charakter sind und ihre Entscheidungen keineswegs immer die gebotene Rationalität erkennen lassen, handelt es sich insgesamt um ein recht empfindsames Gebäude. So entwickelte sich der Absatz nach einigen sehr flauen Jahren seit Mitte 1983 geradezu explosionsartig. Die zuvor verfallenen Preise für die Halbleiter-elemente zogen deutlich an, es kam zu teilweise beträchtlichen Lieferfristen und sogar ein sonst nur vom Rohöl bekannter Spotmarkt entwickelte sich, auf dem bestimmte Halbleitererzeugnisse zu teilweise beachtlichen Aufpreisen kurzfristig angeboten wurden. "Weil einzelne Hersteller überhaupt nicht lieferfähig waren oder bei manchen Produkten Liefer-

fristen bis zu sechs Monaten meldeten, wichen die Abnehmer auf den Spotmarkt aus. Wer dort kaufen mußte, wurde mit Preisaufschlägen von 30 - 50% geschockt, in einzelnen Fällen hatte er sogar den doppelten Preis zu zahlen (INDUSTRIEMAGAZIN, 2/84).

Ein knappes Jahr später sah die Lage schon wieder ganz anders aus. Die FINANCIAL TIMES meldete am 22. November 1984 unter der Schlagzeile: "Suddenly the good times may be coming to an end: Nach einem Boomjahr, in dem der Weltmarkt um 50% auf 27 Mrd. Dollar angewachsen ist, fragt sich die US-Halbleiterindustrie, ob die guten Zeiten sich dem Ende zuneigen. Plötzlich scheint sich der Boom umzukehren. Schlüsselkomponenten, bei denen es vor kurzem noch Lieferengpässe gab, sind wieder reichlich verfügbar. Die von der US-Industrie argwöhnisch beobachtete "books - to - bill - ratio", die das Verhältnis von Auftragseingängen zu Auslieferungen widerspiegelt, zeigt Einbrüche. Sie hat seit letztem Dezember ständig abgenommen von 1.66 : 1 auf ein Rekordtief von 0.67 : 1 in diesem Oktober. Dies bedeutet, daß nunmehr die Auftragseingänge nur noch zwei Drittel der Auslieferungen betragen. Amerikanische Hersteller, die ursprünglich 3 Mrd. US Dollar für den Ausbau ihrer Anlagen in diesem Jahr aufbringen wollten, haben begonnen, ihre Pläne umzuwerfen und ihren Personalaufbau gestoppt." Noch dramatischer wurde dann 1985 die Marktentwicklung. Die bereits als recht beachtlich angesehenen Marktschwankungen der früheren Jahre wurden durch die Ergebnisse 1985 weit übertroffen.

Der Markt brach im freien Fall zusammen und führte zum schlechtesten Ergebnis in der noch kurzen Geschichte dieses jungen Industriebereiches. Die Jahresanalyse der FINANCIAL TIMES gibt die Veränderungen sehr knapp wie folgt wieder: "Mit einem unerwarteten weltweiten Rückgang des Absatzes um 17% ging einher, daß die meisten Chip-Hersteller 1985 nur

noch um das reine Überleben gekämpft haben und nicht mehr um Wachstum. Dies alles in der Hoffnung, beim nächsten Aufschwung noch dabei zu sein. Die Verkäufe in den USA sanken 1985 um 29%, die in Japan um 6.4% und in Europa um 5%. Die Gründe hierfür sind sehr komplex gewesen, doch haben sie ihre Ursache in den früheren Marktentwicklungen einerseits und in den Entwicklungen der Personalcomputerhersteller andererseits gehabt. Zum einen hatte diese Hauptanwendergruppe der Chips erhebliche Absatzprobleme zu überstehen. Zum anderen jedoch hatten sich die Hersteller von chipshaltigen Produkten nach den Erfahrungen der früheren Jahre teilweise mit recht erheblichen Lagerbeständen an Bauelementen ausgestattet, um vor den negativen Folgen eines weiteren Booms mit den bekannten Lieferengpässen zumindest teilweise sicher zu sein. Die Situation entwickelte sich in dem Augenblick von einer schlechten in eine miserable Lage, als nun die Hauptanwender der Chips selbst auf Absatzprobleme trafen.

Als Folge hiervon gerieten alle wesentlichen Halbleiterproduzenten in ernsthafte Schwierigkeiten. Allein die US-Hersteller entließen 1985 54.000 Arbeitskräfte, das entsprach fast 20% der Gesamtbeschäftigung in diesem Bereich. Doch auch die Japaner blieben hiervon nicht unberührt. Zwar traf sie die Entwicklung weniger hart, doch mußten auch sie 5% der entsprechenden Arbeitskräfte entlassen. Seit Mitte 1985 arbeiteten die dortigen Halbleiterhersteller mit Verlust. 1986 kam dann zwar wieder Bewegung in den Markt, es gab eine spürbare Expansion, doch war diese auf wenige Regionen begrenzt. Nur im amerikanischen und pazifischen Raum wurden Zuwachsraten von 20 beziehungsweise sogar 65 Prozent erreicht. Japan hingegen hatte ebenso wie Europa mit Wachstumsraten zwischen 0 und 2 Prozent faktisch eine Stagnation zu verzeichnen. Weltweit kam es so nach einem Absatzminus von über 17% in 1985 wieder zu einer Stabilisierung auf dem Niveau von 1984.

1987 war dann das erste echte Wachstumsjahr nach der Krise. Der Weltabsatz an Halbleitern stieg von 1986 ca 25 Mrd. US \$ in diesem Jahr auf rd. 32 Mrd. US \$ und machte somit einen gewaltigen Sprung von 35 %, eine Zuwachsrate, wie sie aus den Jahren vor 1984 geläufig war.

Allerdings sind die Perspektiven für die kommenden Jahre eher dürrtig. Bis in die 90er Jahre wird man sich auf einstellige Zuwachsraten einstellen müssen, wenn es nicht zu unvorhersehbaren neuen Anwendungsmöglichkeiten und technischen Lösungen kommen sollte. Solche sind jedoch gegenwärtig nicht erkennbar. Die traditionellen Abnehmerbranchen sehen sich zunehmenden Marktbegrenzungen gegenüber, der Boom der Gründerjahre der Mikroelektronik beginnt zunehmend in eine zwar dynamische aber doch kalkulierbarere Entwicklung einzumünden.

Die hier nur kurz skizzierten Kennzeichen der Marktentwicklung ändern jedoch nichts an der Tatsache, daß die Grundtendenzen des Marktes alle auf Wachstum gerichtet sind und daß die Schwankungen nur die Begleiterscheinung eines dynamischen und wenig etablierten Marktes sind, die solange bestehen bleiben werden, wie Produzenten und Verbraucher dieser Produkte gleichermaßen hohe Innovationsraten aufweisen und sich daher auf ständig sich wandelnde Marktpartner und Marktgegebenheiten einzustellen haben. Als Ergebnis dieser Tendenzen ist jedenfalls festzuhalten, daß der sich stets in rezessiven Marktphasen einstellende Preisverfall generell in den anschließenden Erholungsphasen nicht wieder zu korrigieren war, so daß letztendlich zumindest aus der Sicht der Anwender recht günstige Preis-Leistungs-Verhältnisse aus diesen allgemeinen Tendenzen hervorgegangen sind, die wiederum einer nachhaltigen Verbreitung der entsprechenden Produkte zugute kamen.

Die weltweite Halbleiterproduktion hat eine unbeschreiblich stürmische Entwicklung genommen. 1959 belief sich das gesamte Produktionsvolumen auf gerade 400 Mio US Dollar, zwanzig Jahre später war er auf 15 Mrd. US Dollar angewachsen. Der Produktionshöhepunkt wurde 1984 mit nahezu 30 Mrd. US Dollar erreicht:

Tab. 2 DIE ENTWICKLUNG DER WELTPRODUKTION VON HALBLEITERN
in Mrd. US Dollar 1959 - 1988

JAHR	1959	1969	1979	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Produktion	0.4	1.7	15.0	20.0	29.0	17.0	25,4	32,1	40,0

Quelle: OECD, FINANCIAL TIMES

So eindrucksvoll diese Daten auch für sich genommen sind, sie zeigen nur einen sehr begrenzten Ausschnitt der tatsächlichen Dynamik, die sich auf diesen Märkten vollzogen hat, da sie ja nur die wertmäßige Seite der Angelegenheit widerspiegeln. Da wir bereits eingangs auf die drastischen Preisreduktionen bei den entsprechenden Produkten hingewiesen haben, ist unmittelbar einsichtig, daß die realen, tatsächlichen Entwicklungen um ein etliches dynamischer gewesen sind. Allein der Preis des 256K-Ram (Dynamik Random Access Memory), eines spezifischen Speicherchips der neueren Generation fiel von 1983 rd. 110 US-Dollar per Stück auf 1985 noch gerade gute 5 US-Dollar. Dies ist im Prinzip eine recht typische Entwicklung. Würden wir sie einmal auf den gesamten Bereich umsetzen, so wäre das reale Marktvolumen 1985 nicht läppi-sche 17 Mrd. US Dollar gewesen sondern etliche hundert Milliarden.

Doch abgesehen hiervon, der Markt wird weiter expandieren und erhebliche Absatzchancen bieten. Es darf nicht vergessen werden, daß die beteiligten Unternehmen trotz dieser enormen Preisverfälle insbesondere 1984 beachtlich verdient haben, so daß die Schlußfolgerung erlaubt ist, daß alle anderen Preise, als die, die der Markt tatsächlich erlaubt hat, zu Extrage-winnen beachtlicher Höhe geführt hätten. Alle einschlägigen Schätzungen wesentlicher Hersteller gehen für die Zukunft von einem Wachstum von gut 20 % pro Jahr aus. Es ist unmittelbar einsichtig, daß die Teilnahme an diesen Märkten nicht nur für die einzelnen Unternehmen beachtliche Perspektiven eröffnet sondern auch für ganze Volkswirtschaften existenzbedeutend sein kann. Die Schlüsselfunktion der Halbleiterindustrie ist unbestritten und je schneller ein Markt wächst, desto schneller wachsen auch die Abstände zwischen den jeweiligen Marktpartnern, die zu Beginn der Expansionsphase bestanden haben, denn es ist in der Regel sehr schwer in einem verlorenen Markt wieder Anteile zu gewinnen oder gar in Größenordnungen vorzudringen, die über den Ausgangswerten liegen, es sei denn, es wird in irgendeiner Form nachgeholfen, z.B. durch staatliche Eingriffe. Diese Praxis hat sich in der Tat in allen Staaten, die sich intensiv mit den Zukunftstechnologien beschäftigen, herausgebildet. Zwar auf recht unterschiedlichen Wegen, doch mit prinzipiell ähnlichen Zielen greift der Staat in vielen Fällen seiner Industrie helfend unter die Arme. Die Strategien verdeutlicht die nachfolgende Übersicht 2.