

3 Der Turbo-Motor der Wirtschaft heute

Die wichtigste Querschnittstechnologie unserer Zeit ist das Gespann aus Mikrochip und Informatik. Die Mikroelektronik und Informatik haben eine mehrfache Bedeutung als Basis der Wissens-Wirtschaft. Nur der Mikrochip ermöglicht die ungeheuer breite Entfaltung des vierten Produktionsfaktors als nicht mehr wegzudenkende Basis der Wissens-Wirtschaft unserer Zeit. Der Mikrocomputer ist die größte Kultur-Umwälzung seit Erfindung der Schriftzeichen — Auslöser einer nie dagewesenen Innovations-Lawine (s. Kasten auf S. 110). Per Informatik in Silizium gegossenes Wissen kann per Taste abgerufen, um die Welt gejagt, und überall eingebaut werden (s. auch Kasten „Computer können alles“ auf S. 30). Dank Mikrochips intelligente Produkte erobern die Wirtschaft und unser tägliches Leben — eine unerschöpfliche Quelle der Innovationskraft. Mikroelektronik und Informatik sind goldene Eier legende Wollmilchsäue. Sie wirken meist im verborgenen: wir sehen, hören und riechen sie nicht (s. Kasten "Unsichtbare Computer überall" auf S. 32).

Deutschlands Wettbewerbsschwäche

ist dadurch mitverursacht, daß wir die Zeichen der Zeit nicht sehen, hören und riechen, daß die meisten Bürger unseres Landes Computer-

**Die eierlegende
Wollmilchsäue
gibt es wirklich:
den Mikrochip**

- und Mikroelektronik-Analphabeten sind. Der Mikrochip ist heute die Basis allen Wirtschaftswachstums und Wissensschritts. Selbst alle anderen wichtigen Gebiete wie Materialwissenschaften, Gentechnik, Chemie, Maschinenbau und andere sind heute ohne Informatik-Anwendung völlig undenkbar. Gene sind Speicher für Erbgut, und deren Wirkung im Organismus beruht auf Datenverarbeitung. Mikroelektronik und Informatik ist überall. Ohne den Mikroprozessor gäbe es die galoppierende Innovation unseres Zeitalters nicht. Ohne Mikrochips gibt es keine intelli-

Computer können alles

Computer sind nicht nur vielseitige Talente der Automatisierung in Luft- und Raumfahrt, Produktionstechnik, Unterhaltungs-Elektronik, u. a. Computer können einfach alles, wenn sie eingebaut, an das richtige Peripheriegerät oder die Telefonleitung angeschlossen sind. Sie sind Fax, Anrufbeantworter, CD-Player, Videorecorder, Fernsehgerät, Musik-Studio, Fotolabor, Filmstudio, u. v. a., können sortieren, suchen (z. B. in Datenbanken nach Literatur), Schrift lesen und erkennen, gesprochene Kommandos verstehen, komponieren, Bücher drucken, Video-Clips produzieren, und vieles andere mehr.

Küchenspüle. Neuerdings sind auch die „sichtbaren“ PCs dem Wandel unterworfen. Neuere PC-Generationen entwickeln sich immer mehr zu Super-Hausgeräten. Ein Inserat verspricht: ... leicht zu bedienen wie ein Kaffeeautomat und alltäglich wie eine Mikrowelle. Der Compaq Presario 500 sieht einem Fernseher ähnlich und dient wahlweise als „personal message center“, Sprechanlage, Anrufbeantworter, Fernseher, CD-Player, u. a.¹⁷ Es gibt auch noch „all-in-one“ Multimedia-Maschinen anderer Hersteller: Hausgeräte, die man für praktisch alles verwenden kann, außer, als Küchenspüle¹⁷.

genten High-Tech-Produkte (s. Absatz „Wissen: abrufbar per Knopfdruck“ und folgende ab S. 53).

Der Schlüssel dreier Zeitalter. Heute wissen wir: dank Transistor als Schlüssel ist die Mikroelektronik die Grundlage der Elektronik-Industrie im späten Industriezeitalter, der Wissens-Wirtschaft der Automation, des Computer-Zeitalters, und nun des Informations-Zeitalter. Mikrofeine Netze von Milliarden winzigster Transistoren können „gedruckt“ werden auf einen daumennagelgroßen Kristall-Chip. Der Weg wurde frei für den Computer auf dem Tisch, auf dem Schoß; im Auto, und eingebaut, kurzum: überall— frei für das Com-

puterzeitalter und das Informations-Zeitalter (s. auch Kasten „Silizium: allgegenwärtiger Veredelungs-Faktor“ auf S. 37).

Elektronen statt Klapperkästen. Im Jahre 1959 wurde auf der Basis des Transistors die integrierte Schaltung erfunden: der Mikrochip, der schon 2 bis 3 Jahre später auf den Markt kam. Zunächst war der Mikrochip nichts weiter als Elektronik wie zuvor, nur in miniaturisierter Form. Erst 1971 brachte die junge Firma Intel im Silicon Valley den ersten Mikroprozessor heraus: ein winziger, aber wirklich universell programmierbarer Baustein. Aber zuvor mußte noch der Markt hierfür geschaffen werden durch ein ehrgeiziges Bildungsprogramm für vorhandene und künftige Kunden. Man mußte erst einer breiteren Öffentlichkeit klarmachen, daß ein Mikroprozessor Mechaniken, Getriebe, Gestänge, Rädchen usw. ersetzen kann in den verschiedensten Steuerungen, Anzeigen etc. —daß Elektronen billiger und schneller sind als klapperige Mechanik. Paradebeispiel war der Taxameter, der vom Klapperkasten zum eleganten unauffälligen Instrument mit neuen „Features“ wurde.

Rasend schnelles Lernen.

Der Taschenrechner erzielte als erstes Konsumelektronik-Produkt auf der Basis der Mikroelektronik einen breiten Durchbruch. Bald

Eine unerbittliche Regel bestimmt: was heute ein Vermögen kostet, ist morgen ein alltäglicher Gebrauchsgegenstand.

fand man ihn in jedem Haushalt. Dieser für Mikroelektronik damals neue Markt wurde durch niedrige Preise erschlossen. Phänomenal ist die enorm steile Lernkurve der Mikrochipindustrie: die Taschenrechner-Preise sind in den 10 Jahren nach Markteinführung auf ein Hundertstel gefallen.

Risikobereite, mobile Gesellschaft. Dem Taschenrechner folgten rasch andere Mikroelektronik-basierte Produkte: Konsumelektronik, Industrie-Elektronik und Automatisierungstechnik. Der rasche Durchbruch war nur möglich durch die Technik-interessierte, risikobereite, mobile

Unsichtbare Computer überall

Allein Computer bestimmen das Informationszeitalter. Man kann je nach Wahrnehmung im öffentlichen Bewußtsein zwei Arten von Anwendungen unterscheiden.

- sichtbare Computer (Mainframes, Workstations, PCs, Laptops, Note Books) meist im Heim oder am Arbeitstisch¹⁸
- versteckte Computer-Anwendungen (unsichtbar eingebaute Computer oder Mikrocomputer), die vom Anwender meist keine Computer-Kenntnisse verlangen²⁰

Täglich begegnet man im Schnitt etwa 60 Mikroprozessoren. Unsichtbare Anwendungen überwiegen, machen enorm viele Produkte intelligent und damit wertvoller und prägen unser Zeitalter als wichtigster Wirtschaftsfaktor überhaupt. Unsere breite Öffentlichkeit ist erschreckend gleichgültig gegenüber den Fakten und Entwicklungen in diesem Gebiet wie auch der gesamten Informatik. Aus Gewohnheit bemerkt man die überall eingebaute Intelligenz nicht mehr.

Man sieht, hört, und riecht nichts. Ein CD-Player sieht aus wie ein Mini-Plattenspieler: er ist ein Computer. Die meisten Computer sind unsichtbar: Mikrochips, verborgen hinter Bedienfeldern, in alltäglichen Geräten, Uhren, Telefonen, Faxgeräten, Hausgeräten, Fahrzeugen, Flugzeugen, Maschinen und Anlagen. Kaum jemand weiß²⁰, wo: im Videorecorder, Camcorder, im schnürlosen oder mobilen Telefon, Satelliten-Empfänger, Fahrzeug, Luft- und Raumfahrt, Fertigungstechnik, Biotechnik und Medizintechnik. Sie sind heute ohne Mikroelektronik undenkbar. Bei diesen Computern bewegt sich nichts, klappert, summt, oder stinkt nichts. Man sieht, hört, und riecht nichts.

Computer-Analphabeten. Politiker und unsere Gesellschaft haben zu diesem verborgenen Faktor meist keinerlei Bezug. Dieser die Durchsetzbarkeit unserer Wettbewerbsfähigkeit verhindernde gefährliche Zustand, ist nur durch Neuorientierung des Bildungswesens behebbar^{21,22}.

Gesellschaft Amerikas. Wo Experten als Bedenkenträger keinen Markt sahen, siegte rasch zupackende Experimentierfreude und Risikobereitschaft.

Paßt bequem in die Ecke. Während Computer alter Art ein eigenes Gehäuse, wenn nicht einen oder mehrere Schränke benötigen, paßt ein Mikrocomputer bequem in die Ecke unter der Haube einer Schreibmaschine, Registrierkasse, Mikrowelle, Verkaufswaage, Ampelsteuerung, Zapfsäule, Fernseher, Videorecorder, CD-Player, Fotoapparat, Telefon, Bankautomat, wissenschaftliche Instrumente, medizinische Geräte, und Myriaden anderer Geräte aller Bereiche in Wirtschaft, Wissenschaft, Gesundheitswesen, Staat und Privathaushalten—einfach überall (s. a. Bild 1).

Unsichtbare Killer.

Der wertmäßige Silizium-Anteil an Elektronik-Produkten

Alle 18 Monate verdoppelt sich die Rechengeschwindigkeit der Mikroprozessoren

nimmt immer rascher zu (vgl. Bild 1). Für das Jahr 2000 wird für Mikrochips ein Weltmarktvolumen von 350 Milliarden US-Dollar vorhergesagt. Der Elektronik-Anteil wiederum steigt unaufhörlich in fast allen Produkten unserer Zeit (s. Abs. „Der explodierende High-Tech-Boom“, S. 21). „People do not realize, how fast these things will come“, meint Thomas J. Theis, Manager der Halbleiterphysik bei IBM. Schon jetzt sind Mikroprozessoren meist unsichtbar—verborgen in den Gehäusen alltäglicher Geräte, in Fahrzeugen, Flugzeugen, Satelliten oder Anlagen, oder hinter der Telefonsteckdose in riesigen Computernetzen. Auch die Killer-Mikroprozessoren der Zukunft werden meist unsichtbar sein. Dies ist eine große Gefahr: die Öffentlichkeit und damit die Politik sieht nicht, wovon unsere Wettbewerbsfähigkeit abhängt.

Eine unerbittliche Regel bestimmt: was heute ein Vermögen kostet, ist morgen ein alltäglicher Gebrauchsgegenstand. Wir erleben gerade diese Entwicklung bei Multimedia, sowohl von der CD-ROM als auch über das Internet.

3.1 Vom Kleinteil zum System auf dem Mikrochip

Die Fabrikation von Mikrochips ist inzwischen eine Milliardenindustrie geworden, die Fabrikation dieser hochkarätigen Wissensträger aber auch immer teurer geworden. Aber das Preis-Leistungs-Verhältnis ist bisher immer besser geworden. Können wir etwas tun, um hier wieder wettbewerbsfähig zu werden? Versuchen wir uns doch einmal ein Bild von Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft zu machen und Konsequenzen daraus zu ziehen.

Immer schneller. Von 1982 bis 1995 fiel der Preis pro MIPS (Millionen Befehle pro Sekunde) von fast 7000 auf 30 US-Dollars. Alle 18 Monate verdoppelt sich die Rechen-

Mikroelektronik als Wissens-Industrie

Die Mikroelektronik und deren viele Anwendungsgebiete stellen eine nie dagewesene Ballung von Wissen, von Know-how, dar, wie in: Entwurfsverfahren als Qualifikationen, Entwurfshilfsmittel (ECAD-Software^{2,24}), in Silizium gegossenes Wissen (ASICs²⁴) für intelligente Produkte, Verfahrens-Wissen der Mikrochip-Fabriken, Wissen der Chipfabrik-Ausrüstungsindustrie, Anwender-Wissen bei der System-Integration in praktisch alle Industriezweige und Dienstleistungen, die es überhaupt gibt, sowie praktisch alle Privathaushalte.

Doch eine Multi-Milliarden-Branche ist allein schon der kleinste dieser Bereiche (vgl. Kasten „Chip-Design: die Milliarden-Wissens-Industrie“, S. 41). Es handelt sich nicht um eine Zukunfts-Technik, sondern Gegenwart. Beängstigend ist in Deutschland die Unsichtbarkeit aller dieser Motoren der Wirtschaft. Die Öffentlichkeit hat keine Ahnung: High-Tech-Analphabeten als Wählervolk und Mandatsträger sind die Ursache fehlender Randbedingungen für unsere Wettbewerbsfähigkeit gegenüber USA und Fernost, für eine Blüte der Wirtschaft und die Schaffung von Arbeitsplätzen.

geschwindigkeit der Mikroprozessoren. Um 1980 stieg diese nur um 35% pro Jahr. Nach den damaligen Prognosen haben wir den Mikroprozessor des Jahres 2000 schon heute. 1995 wurden weltweit mehr als 70 Millionen PCs abgesetzt. Vielleicht schon 1997, aber jedenfalls noch in diesem Jahrhundert, werden es 100 Millionen sein. Schon 1995 gingen in Deutschland 30% aller neu verkauften PCs in Privathaushalte, in den USA und Korea sogar 45%. Vom Umsatz her hat der PC schon vor Jahren den Fernseher überrundet. 1995 wurden in den USA sogar von der Stückzahl her mehr PCs verkauft. Das Zauberwort Multimedia ist das Geheimnis seiner Attraktivität über Spiele, Interaktives auf CD-ROM oder multimediale Software für Bildung, Erziehung, Schulung und Information. Doch mehr und mehr wird die Anwendung des PC als Kommunikator für Privatkunden der Motor des Marktwachstums.

Peanuts. Zu einem gewissen Grade kann schon jetzt der Mikrochip alle 5 Sinne und das Gehirn ersetzen. Peanuts sind

**Peanuts sind die heute
möglichen Anwendungen
der Mikrochips gegen
das, was noch kommt.**

bis heute mögliche Anwendungen der Mikroelektronik gegen das, was noch kommt. Unmengen von Forschungsgeldern in aller Welt treiben solche Fähigkeiten des Mikrochip immer weiter voran—außer in Deutschland.

Alle 3 Jahre eine neue Generation. Intel-Vorstand Gordon Moore rechnete schon vor 25 Jahren aus, daß man bei einem Schrumpfen der Transistorbreite (feature size) um ca. 15% pro Jahr alle drei Jahre eine neue Generation von Chips herausbringen könnte mit jeweils 4 mal so vielen Transistoren. So vervierfacht sich die Kapazität der Speicher-Mikrochips alle 3 Jahre. Die Prognose stimmt verblüffend genau. Von 1970 bis 1990 beobachteten wir sieben solche großen Sprünge: vom 1-kiloBit-Speicherchip in 1970 bis zum 4-MegaBit-Chip in 1990. Die Tran-

istorbreite reduzierte sich dabei von einem Hundertstel Millimeter auf ein Tausendstel Millimeter. Heute ist es weniger als ein halbes Tausendstel. Schon das 16-KiloBit-Chip von 1977 konnte den Text einer ganzen Schreibmaschinenseite speichern. Der 4-MegaBit-Chip von 1990 kann schon 256 Schreibmaschinenseiten speichern.

LKW auf dem Daumennagel. Schon auf das 16-MegaBit-Speicherchip (ca. 1993) paßte der Text von 4 Exemplaren dieses hier vorliegenden Büchleins. Ab 1990 bis zum Jahre 2011 sind weitere sieben solche großen Sprünge zu erwarten: 65536 mal paßt dieses hier vorliegende Buch auf einen winzigen Chip. Bei 150 Gramm je Buch ergibt das 10 Tonnen Gewicht: eine LKW-Ladung: kein Kleinlaster, sondern ein richtiger ausgewachsener Brummli!

Leihbücherei auf einem Mikrochip. Man kann im Jahr 2011 auf einem winzigen Silizium-Chip das Wissen einer ganzen Leihbücherei speichern. Würde man von diesen 65536 Büchern den Text mit einem Scanner aufnehmen (etwa, um diesen auf dem 64 GigaByte-Chip zu speichern): wie lange würde das dauern? Mit 1 Seite pro Minute rund um die Uhr würde ein Scanner²³ dafür ca. 8 Jahre benötigen.

**Wissens-Wirtschaft:
allein Intel beschäftigt
2000 Leute in der
Mikroprozessor-
entwicklung.**

60% jährliches Wachstum. Die Zahl der Transistoren, die auf einen einzigen Mikrochip passen, steigt um den *Faktor 100 pro Jahrzehnt*, was jährlich einem Faktor 1,6 entspricht.

Mit dem 64-Megabyte-Speicherchip wurden ca. 250Millionen Transistoren erreicht: auf einem Daumennagel-großen Plättchen. Ein Transistor ist dabei kleiner als das halbe Hundertstel des Durchmessers eines menschlichen Haares.

Große Sprünge. Die eigentliche Prozessor-Leistung wird gern in sogenannten *MIPS* angegeben: *Million Instructions per Second* (Millionen Befehle je Sekunde). MIPS sind fast so etwas wie PS des Mikroprozessors. Seit

Silizium: allgegenwärtiger Veredelungs-Faktor

Typisch für die Wissens-Wirtschaft des Innovations-Zeitalters ist die zunehmende *silicon pervasiveness*^{25,26} (Durchdringung mit Silizium als Beherrschungsfaktor). Bild 1 zeigt die Zunahme der Durchdringung. Wie Ideen eine Gesellschaft durchdringen, so durchdringt Silizium immer mehr Produkte aller Märkte weltweit²⁷. Silizium ist das Elixier (arabisch: „Substanz mit magischen Eigenschaften“), das Produkte intelligent macht (s. Kasten „Mikroelektronik als Wissens-Industrie“ auf S. 34).

Veredelung statt Entwertung der klassischen Techniken erleben wir heute. Alle bekannten Techniken und Produkte werden High-Tech (Textil-Industrie, Stahl-Industrie, Print-Medien, Fahrzeuge, Schifffahrt, Bahnen, Luft- und Raumfahrt, Produktionstechnik, Chemie, Biologie, Management u. a.). Alles wird veredelt: vom einfachsten Hausgerät bis zur kompliziertesten Industrie-Anlage. Durch Einbau von Computer-Mikrochips praktisch überall wird Wissen in Produkte integriert. Der Experte wird als elektronisches Gehirn im Inneren der Produkte fertig mitgeliefert.

Die Super-Herausforderung. Wir müssen beides beherrschen: klassische Techniken und deren Veredelung durch Silizium und Informatik — Mikrochips als Elektronenhirne. Selbst klassische Märkte werden High-Tech-Märkte. Die Herausforderung ist so massiv, daß der Einsatz von Experten längst nicht mehr ausreicht (s. Kasten „Innovation als Gesellschaftsordnung“ auf S. 88). Wir müssen alle Randbedingungen voll darauf einstellen: das gesamte Bildungswesen, ja die gesamte Gesellschaft (s. Absatz „Enormer Qualifikations-Bedarf“ auf S. 96). Um unseren Abstieg zur Bananenrepublik aufzuhalten, müssen wir alle mit anpacken — jeder an seinem Platz.

1979 haben sich die Mikroprozessor-MIPS alle 3 Jahre um den Faktor 4 erhöht. Nach 6 solchen Sprüngen wäre dies etwa der Faktor 4000.

Mikrochip und Gesellschaft. Die 70er Jahre waren die Dekade der Automation. Die 80er die Dekade der Mikroprozessor-Revolution. Alle Arten von Information und Daten wurden digitalisiert: Worte, Zahlen, Graphiken, Ton, Video. In den 90er Jahren verlagerte sich der Schwerpunkt auf den Informationszugang über Glasfaserleitungen und andere schnelle Netzwerke: auf die Kommunikation. Aber immer war der (Mikro)Computer die Basis. Die nächste Dekade wird laut Paul Saffo im Zeichen billiger Sensor-Technologien stehen: Mikro-Sensoren, zusammen mit dem Mikroprozessor auf dem gleichen Chip, in allen Varianten für Schall, Flüssigkeiten, Druck, Temperatur, Licht, Wärme, das Aufspüren bestimmter Gase in Luft oder von Schadstoffen in Flüssigkeiten, oder, wie beispielsweise in spottbilligen winzigen Videokameras in der Stoßstange, an Verkehrsampeln, in medizinischen Mikrosonden, in Werkzeugmaschinen, im PC, rund ums Haus und bei vielen anderen Anwendungen. Die damit gegebenen neuen Möglichkeiten werden die Produktionstechnik erneut von Grund auf umkrepeln.

3.2 Milliarden-Industrien der Wissens-Wirtschaft

Die mikrofeinen Transistornetze sind in Silizium gegossenes Wissen: Ergebnis des *Mikrochip-Design*, für den man *höchstqualifizierte Mikrochip-Designer* benötigt (Informatiker oder Ingenieure) und sehr viel Computerleistung. Allein nur der Design des neuen Mikroprozessors *Pentium* von Intel hat fast eine Milliarde US-Dollar gekostet - wahrlich teures Silizium. Mit diesem Wissens-Kapital verbuchte der amerikanische Mikrochip-Hersteller Intel Rekordgewinne: 2/3 Milliarden US-Dollar im 2. Quartal 1994 bei 11 Milliarden Dollar Jahresumsatz.

Design-Wissenschaften (Entwurfs-Wissenschaften) sind

ein heißes Forschungsthema. Der Entwurf konnte mit der Fabrikationstechnik nicht schritthalten, außer bei Speichern: die *Entwurfslücke (design gap)* öffnet sich immer weiter. Ohne intensivsten Computer-Einsatz ist Design heute unmöglich. Durch viele Tausende von Wissenschaftlern in aller Welt in Jahrzehnten entwickelte Entwurfsverfahren für Mikrochips —Wissensschätze unvorstellbaren Ausmaßes— stecken in einem Arsenal spezieller ECAD-Software—ein Wettbewerbsfaktor ersten Ranges (s. Kasten auf S. 41).

In Deutschland vernachlässigt.

Die reichhaltige Verfügbarkeit des vollen Spektrums auf neuestem Stand gehaltenen hochqualifizierten Personals der Entwurfswissenschaften und damit der Technischen Informatik sind von entscheidend strategischer Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit einer modernen High-Tech-Volkswirtschaft. Doch unsere traditionell schwache

Jahr	Silizium-Anteil (Geldwert) bei Elektronik-Produkten
1980	3%
1990	8%
1995	15%
2000	25%

Förderung der Hochschulforschung in diesem wichtigen Gebiet durch den BMFT wurde 1994 ganz eingestellt (s. Kasten "Wissen in Silizium gießen — oder: „unten ohne“, S. 54).

Mikroprozessoren: eine Goldgrube. Intel bestückt rund 80% aller PC der Welt mit Mikroprozessoren. Weltweit gibt es etwa 200 Millionen PC mit Intel-Prozessor. 1995 wurden fast 55 Millionen PCs mit „intel inside“ verkauft, 30% mehr als 1994. 8 Jahre lang stieg Intels Jahresumsatz im Schnitt um 36%: Intel ist der reichste Mikrochip-Hersteller der Welt.

Intel schockt die Konkurrenz einmal mehr mit einem neuen Rekordergebnis für das Geschäftsjahr 1995. Gegenüber dem Vorjahr stieg der Umsatz um 41% von 11,2 auf 16,2 Milliarden US-Dollars²⁸. Der Gewinn kletterte um 56% von 2,3 auf 3,6 Mrd. US-Dollars. In Europa stieg der Um-

Bild 1: Die Silizium-Gesellschaft: steigender Durchdringungsfaktor.

satz um 43% von 3,2 auf 4,6 Mrd. Dollars und steuerte 28% zum Gesamtumsatz bei. Für das Jahr 2000 werden über 20 Mrd. Dollar Jahresumsatz erwartet. Mit Bruttogewinnmargen von 50 bis 80% ist das Prozessorgeschäft eine wahre Goldgrube. Aber diese Gewinne werden dringend benötigt. Fast ein Viertel seines Umsatzes investiert Intel in neue Fertigungsanlagen, und etwa ebensoviel in die Forschung.

**Der Motor
der Wirtschaft
hat keine PS
sondern MIPS⁸⁹**

Management von Komplexität. Vor 25 Jahren entwickelte bei Intel ein Team von drei Ingenieuren den ersten Mikroprozessor. Heute arbeiten in diesem Sektor 300 bis 400 Experten an einem einzigen Mikrochip-Entwurf. Insgesamt beschäftigt Intel 2000 Leute in der Mikroprozessorentwicklung; ein Paradebeispiel der Wissenswirtschaft unserer Zeit. Die größte Herausforderung ist dabei das „Management“ der Komplexität.

Monopol durch Forschungs-Milliarden. Der Mikrochip-Riese Intel allein hat 1994 insgesamt 3,5 Milliarden Dollar für Forschung und Entwicklung ausgegeben — wahrlich eine Milliarden-Wissens-Industrie! (s. auch Kasten „Entwurfs-Wissenschaften (Technische Informatik)“ auf S. 43) Ohne diese Mega-Investitionen in Forschung und Entwurfs-Infrastrukturen wäre die einem Weltmonopol nahekommende Stellung der Fa. Intel undenkbar.

Hochkarätiges Wissen. Für die Entwicklung des Mikroprozessorchip PowerPC unterhalten IBM und Motorola gemeinsam ein Designzentrum *Somerset* in Austin, Texas, mit 300 (!) teuren hochqualifizierten Mikroprozessor-Designern — ein hochkarätiges Juwel des Wissens für nur einen Typ winziger Mikrochips. Die Gebäude des Zentrums sind angefüllt mit Hunderten von Hochleistungs-Workstation-Computern. Man entwickelt dort neben Design-Software auch Software zur Erhöhung der Designer-Produktivität und Verkürzung der Entwicklungszyklen. Die in Personal und Software angereicherte höchste Konzentration von

Chip-Design: die Milliarden-Wissens-Industrie

Allein der Mikrochip-Entwurf, der nur wenige Promille des Umsatz der High-Tech-Industrie ausmacht, ist schon eine Milliarden-Branche. Die Entwicklung des Mikroprozessor Pentium kostete Intel fast eine Milliarde US-Dollar. Allein Intel gab 1994 insgesamt 3.5 Milliarden Dollars für Forschung und Entwicklung aus.

Hochkarätiges Wissen. Allein für PowerPC-Mikroprozessorchips unterhalten IBM und Motorola ein Designzentrum mit 300 teuren hochqualifizierten Mikroprozessor-Designern — hochkarätige Juwelen des Wissens, ausgerüstet mit Hunderten von Hochleistungs-Workstations. Solche massiven Investitionen in das Wissen sind entscheidende Voraussetzungen für den Markterfolg.

Weg vom Fenster. Was die Mikroprozessoren betrifft sehen wir hier eine Welt, von der wir Europäer uns schon vor fast zwei Jahrzehnten verabschiedet haben (s. Kap. 5.1). Wie treffend ist hier doch das Schlagwort „Wissen in Silizium gießen“ — höchstkonzentriert: das Wissen von 300 Spitzen-Experten auf einem einzigen winzigen Chip.

Wissen ist entscheidend für den Markterfolg. Was die Mikroprozessoren betrifft ist dies eine Welt, von der wir Europäer uns schon vor fast zwei Jahrzehnten verabschiedet haben. Wie treffend ist hier doch das Schlagwort „Wissen in Silizium gießen“ - höchstkonzentriert: das Wissen von 300 Leuten auf einem winzigen Chip.

Bisher nur Kinderspielzeug. Wir stehen erst ganz am Anfang. Aber die Revolution hat noch längst nicht richtig angefangen. Was wir jetzt sehen, ist simples Kinderspielzeug gegen das, was in den nächsten 15 bis 20 Jahren auf uns zukommt. Es ist nicht zu erwarten, daß die Entwicklung in den folgenden 20 Jahre weniger rasant sein wird. Dies sieht nicht nur Richard J. Hollingsworth so²⁹ (Halbleiter-Entwicklungsmanager der Fa. Digital Equip-

ment). Es werden Dinge möglich sein, die wir uns bis jetzt nicht einmal vorstellen konnten.

Die Elektronik-Industrie hat die Automobilindustrie überrundet und ist einer der bedeutendsten Industriezweige der Welt. Dennoch hat die deutsche Öffentlichkeit nur wenig Ahnung von der treibenden Kraft: der Mikroelektronik.

Killer-Mikroprozessoren.

Ein künftiger Gigachip könnte Ihren PC zu Ihrer persönlichen Cray machen. So ein „Killer-Mikroprozessor“²⁹ könnte alle wichtigen Computer mimen, die je gebaut wurden: ein Supermikroprozessor, auf dem jede Software läuft, egal, für welchen PC oder sonstigen Rechner-Typ sie geschrieben wurde. Insbesondere für ganz neue Mikroprozessoren, für die es noch kaum Anwendersoftware gibt, ist dies ein Schlüssel zum Markt².

Industrie der Überraschungen. Die Elektronik-Industrie hat die Automobilindustrie überrundet und ist einer der bedeutendste Industriezweig der Welt. Dennoch versteht unsere Gesellschaft deren treibende Kraft überhaupt nicht: die Mikroelektronik. Während die Innovationen anderer Industriezweige und auch deren gesellschaftliche Auswirkungen langsam und voraussehbar waren, erfolgte die Revolutionierung durch Elektronik und Mikroelektronik fast immer als Überraschung gegen die Prognosen der „Experten“. In keiner anderen Branche gingen so viele neugegründete Firmen wieder ein, weil sie sowohl das Tempo als auch die Art der Entwicklungen existierender und neu entstehender Märkte falsch eingeschätzt haben.

Hochkonjunktur in Mikrochips. Der Multimedia-Boom erzeugt eine robuste Mikrochip-Nachfrage³⁰. Leistungsfähigere Mikroprozessoren, Multimedia-Graphikprogramme und Speicher-fressende neue Software-Releases treiben die Nachfrage nach Speicher-Mikrochips in die Höhe. Andere Chip-Hersteller profitieren vom Trend zu Hochleistungs-Mikroprozessoren. Cypress Semiconductor (Kalifornien)

Entwurfs-Wissenschaften (Technische Informatik)

In der Technischen Informatik ist die Kompliziertheit der meist Computer-gestützten Entwurfs-Verfahren so groß, daß man von *Entwurfs-Wissenschaften* spricht. Die Forschungs-Szene beschäftigt Zehntausende von Wissenschaftlern. Die reichhaltige Verfügbarkeit des gesamten Spektrums auf neuestem Stand gehaltenen hochqualifizierten Personals ist hier für einen Standort von strategischer Bedeutung für die High-Tech-Wettbewerbsfähigkeit.

Milliarden Entwicklungskosten. Beispielsweise die Entwicklung des Mikroprozessor Pentium kostete Intel fast eine Milliarde US-Dollar. Allein der Mikrochip-Riese Intel gab 1994 insgesamt 3.5 Milliarden Dollar für Forschung und Entwicklung aus, wovon der Löwenanteil auf Entwicklung entfällt - also auf Entwurfswissenschaften.

Hochkarätiges Wissen. Zur Entwicklung von PowerPC Mikrochips unterhalten IBM und Motorola ein Entwurfszentrum in Somerset in Austin, Texas, mit 300 hochqualifizierten Mikroprozessor-Designern—ein hochkarätiges Juwel des Wissens für nur einen Typ winziger Mikrochips. Diese in Personal und spezieller Software angereicherte höchste Konzentration von Wissen ist eine entscheidende Voraussetzung für den Markterfolg.

verkauft für jeden Pentium (von Intel) im Schnitt 12 besonders schnelle (und teure) Speicherchips³⁰. Ein vermutlich noch ein Jahrzehnt anhaltender Multimedia-Boom stimuliert über Speicherchips hinaus eine heftige Nachfrage auch nach anderen integrierten Schaltungen.

Mit Silizium gepflastert. Die vom Multimedia-Boom getriebene Nachfrage nach Signalprozessoren und Datenkompressions-Chips ist sensationell. Die Nachfrage nach Multimedia-Mikrochips wird weiter angeheizt werden durch Kabelfernseh-Gesellschaften, die mit Video-Servern und „Set-Top-Boxen“³¹ beginnen, die bestellte Filme und Spiele

über das Kabel „liefern“. LSI Logic (USA) liefert einen hochkomplexen Kombinations-Chip für Hewlett-Packard's Set-Top-Box. Texas-Instruments-Vizepräsident „Pat“ Weber sagt³⁰: „Der Information Highway wird mit Silizium gepflastert sein.“ Dieser Boom galoppiert in den USA, während wir nur sehen, was wir verpaßt haben. Wir müssen unseren Politikern in Sachen Wachstumsfaktor Infobahn Dampf machen.

Das Herunterfahren der Hardware-Kompetenz ist eine der folgenschwersten politischen Fehlentscheidungen seit Bestehen der Bundesrepublik.

Mehr Computer als Kraftfahrzeuge. Dadurch, daß sich fast jeder von uns einen Computer leisten kann, werden sowohl neue Anwendungen möglich, als auch bereits existierende Anwendungen er-

schwinglich. Gemessen in Stückzahlen werden pro Jahr mehr Computer verkauft als Kraftfahrzeuge. Doch diese annähernd 100 Millionen PCs sind Peanuts im Vergleich mit fast 6 Milliarden Menschen, die unsere Welt bevölkern.

Die Wachstumsraten des Mikroelektronik-Marktes sind enorm (Bild 1). Sie bewegen sich langfristig mit dem fünffachen des Wachstums des gesamten Elektronikmarktes zwischen 15 und 40% pro Jahr. Von 110 Mrd. US-Dollars in 1994 stieg der Weltumsatz an Mikrochips auf 155 Mrd. Dollars in 1995. Dies zeigt ein zunehmendes Eindringen von Silizium in Industrieerzeugnisse aller Art an (s. Kasten „Silizium: allgegenwärtiger Veredelungs-Faktor“ auf S. 37):

- *Die Elektronik-Industrie wächst etwa doppelt so schnell wie die traditionellen Industrien*
- *Die Mikrochip-Industrie wächst etwa fünfmal so schnell wie die Elektronik-Industrie*

High-Tech obenauf. Das Silicon Valley bei San Francisco erwirtschaftete 1965 mit weniger als 10% der Bevölke-

rung 34% der Exporte Kaliforniens. Die Bay Area ist also immer noch obenauf, trotz anhaltender Umstrukturierungen und Abwanderung der Fertigungsbetriebe in Niedriglohngelände benachbarter Staaten. Die „Globalisierungsförderer“ konnten der Region nichts anhaben. Neue Arbeitsplätze entstanden vor allem im Software-Sektor. Damit hat das Silicon Valley wieder einmal seine permanente Strukturkrise gemeistert, die eine typische Begleiterscheinung aller High-Tech-Industrien ist.

Mikrochips aus Indien. Indiens Mangel an Mikrochip-Fabriken sei kein Grund zur Resignation, meint Raghavendra Rao aus

Mikrochipentwurf ist letztlich eine Art Softwaretätigkeit.

Bangalore im indischen „Silicon Plateau“: Mit seiner Armee von Software-Talenten könne Indien durchaus die Mikrochips der Welt entwickeln, denn Mikrochip-Entwurf sei letztlich eine Art Software-Tätigkeit. Das Ergebnis der Entwurfsbemühungen kann dann über das Internet an eine Chipfabrik auf der anderen Seite des Globus übermittelt werden. Ohnehin sei Ostasien mit mindestens 50 kommenden neuen Mikrochip-Fabriken das größte Wachstumsgebiet für Mikrochips, so Entwicklungs-Manager Dr. Biswadipta Mitra bei Texas Instruments in Indien: deshalb müssen wir uns in Indien verstärkt mit Mikrochip-Entwurf beschäftigen, ebenso wie Singapur sich anschickt, ein Mikrochip-Design-Zentrum für die Welt zu werden. Dr. Shiva Gowri, Manager des Design-Zentrum in Bangalore (Indien) von Cypress Semiconductor (U.S.A.) meint: „Zweifelloos ist der Mikrochip-Design eine großartige Gelegenheit für Indien. Sogar in den USA besteht im Schnitt 15 bis 20 Prozent der Belegschaft der Mikrochip-Hersteller aus Indern.“

3.3 Motorschaden

Wir haben den größten Markt der Welt verpaßt, der auch Schlüssel der Wettbewerbsfähigkeit auf anderen Märkten ist

(s. Kasten „Deutschland nur noch auf Rang 18“ auf S. 57). Doch jetzt haben wir einen verfeinerten erweiteren Bremsfaktor: nicht nur gegen Mikroelektronik, sondern gegen Innovation insgesamt. „Bei uns steht die Technologiefolgenabschätzungskommission schon bereit, bevor es eine Technologie gibt.“ schrieb Prof. Engels: [Computer sowie] „Kernenergie und Gentechnik sind schon vertrieben.“

**Die unbewältigte
Wissensexplosion
ist die Wurzel aller
unserer Krisen.**

Blamabel. Schon vor ca. 10 Jahren hatte unsere Computerindustrie nur noch 25% Marktanteil im eigenen Land—unter Industrienationen der geringste. Größte Wachstumschancen wurden verpaßt: schon 1980 waren allein in der Bundesrepublik 350 000 Computer installiert³². Der Weltmarktanteil (ohne Heimatmarkt) deutscher Hersteller betrug zu dieser Zeit sogar nur lächerliche 0,9%, wobei die eigene Wertschöpfung weniger als 0,5% betrug: null Bock auf High Tech. Immerhin betrugen die Heimmarktanteile um 1983 in den USA 94%, in Japan 86%, in Italien 80%, und Frankreich 60%. Die Bundesrepublik mit nur 25% war Schlußlicht unter den Absteigern. Dies ist blamabel wegen Deutschlands einstiger Führung², das immerhin als drittes Land nach den USA und Großbritannien kommerzielle Produkte zuwege gebracht hatte³². Der Niedergang unserer Computerindustrie verursacht eine starke Abhängigkeit vom Import strategisch wichtiger Schlüssel-Komponenten.

Vorsprung verspielt. Ohne starke Informatikindustrie gibt es auf Dauer keine bedeutende Industrie für Mikroelektronik, PCs, Kommunikationstechnik, Büroautomatisierung, Unterhaltungselektronik sowie modernen Maschinen- und Anlagenbau. Der gegenwärtige Rückstand in der Computertechnik ist eine Hauptursache unseres Rückstands im High-Tech-Bereich. In Ländern, die in diesen Basistechnologien personell keine ausreichend breite Qualifikations-Grundlage besaßen, ist so auch keine Computerindustrie entstanden.

Grundig ist die Folge. Alle weltweit operierenden großen Hersteller von Unterhaltungselektronik verfügen über eigene Mikrochip-Fabriken und Entwurfsabteilungen, mit Ausnahme von Grundig. Durch die fehlende Silizium-Kompetenz hat Grundig seine frühere Spitzenstellung verspielt. Die Ursache für die Massenerlassungen in diesem Jahr liegen in Versäumnissen, die viele Jahre zurückliegen.

Wir sind längst weg vom Fenster. Was bei uns für Personal Computing im Handel oder per Direkt-Vertrieb verkauft wird, sind importierte Systeme, oder in montiert mit importierten Komponenten. Von Wissens-Industrie kann bei uns in diesem Sektor also keine Rede mehr sein, da wir das in Silizium gegossene Wissen fertig importieren. Der Zusammenbau dieser „Wissens-Komponenten“ ist eine primitive Tätigkeit. Blamabel wird es bei Qualitätskontrolle und Service.

Kartoffeln statt Computer.

Wir importieren High-Tech-Komponenten und montieren sie: werden wir ein Volk von

**Computer verändern
die Art wie wir arbeiten:
der Mensch denkt,
der Mikrochip lenkt.**

Händlern? Doch selbst dafür ist die Null-Bock-Generation nur schwer zu motivieren. Beim Besuch eines Computer-Shops wird deutlich, wie „überzeugend“ diese Verkaufskanonen ihr fehlendes Wissen verbalisieren. Das Bild paßt zur These unserer Ökonomen, wonach sich der Handel mit Mikrochips prinzipiell nicht vom Handel mit Kartoffelchips unterscheidet³³. Nicht nur unsere Wirtschaft hat das Computer-Zeitalter verpaßt, sondern auch unser Bildungswesen.

Ohne Visionen. Der Goldgräberstimmung in den USA hat Deutschland nichts entgegenzusetzen. Ex-BMFT Paul Krüger meinte, Deutschland laufe Gefahr, beim Ausbau der Datenautobahnen „in einer passiven Betrachterrolle“ zu verharren³⁴. Als in einer RTL-Sendung Helmut Kohl gefragt wurde, wie er den Ausbau der Datenautobahn fördern wolle, antwortete er über den schlechten Zustand von Deutschlands Straßennetz³⁴. Wir waren zwar Spitze

mit 5 Jahren Vorsprung durch das vermittelnde Breitbandnetz der Telekom, doch dies wurde einfach abgewickelt—ohne irgendwelche Migrations-Konzepte³⁵. Die Akzeptanz-feindliche Telekom-Werbung verbreitet Begriffe wie Bits, Bytes, ISDN, und Datex-J, mit denen das Heer der Kunden nichts anfangen kann³⁴. Für die Markterschließung nötige Visionen werden damit nicht projiziert.

Der Mikroelektronik-Verbrauch einer Nation pro Kopf der Bevölkerung ist ein Maß für deren Wettbewerbsfähigkeit. Deutschland ist auch hier zurückgeblieben—eine Hauptursache unserer Wirtschaftskrise:

Mikrochip-Verbrauch der Geräte- Hersteller (DM pro Kopf der Bevölkerung)	Japan:	366
	Deutschland:	113

Der selbe Film noch einmal. „Deutschland verdient sein Geld mit Produkten, die zwar ausgereift sind/oder auslaufen“, mahnt Industrieverbands-Präsident Olaf Henkel. In den 70er Jahren haben wir schon die Mikroelektronik verpaßt. Die Folge war das Wegbrechen ganzer Industriezweige, von der Unterhaltungselektronik über Computer bis zur Bürotechnik. Nun verpassen wir auch die zweite Innovationswelle, die aus der Mikroelektronik geboren wurde. „Jetzt habe ich den Eindruck“, sagt Unternehmensberater Sommerlatte, „daß ich den selben Film noch einmal sehe.“ Wieder fehlt unseren Firmen der Mut, konsequent auf das Neue zu setzen. Innovation erfordert nicht nur technisches Wissen, sondern auch, daß mit alt-hergebrachtem gebrochen wird.

Beschämende Patent-Bilanz. Wegen der vernachlässigten Wichtigkeit des Rohstoffes Wissen ist die Patentbilanz für uns symptomatisch³⁶. Im Vergleich zu Deutschland beträgt die Zahl japanischer Patentanmeldungen in der Kraftfahrttechnik und Medizintechnik etwa das fünffache, in Biotechnik das zehnfache, in Lasertechnik das 20-fache, in

Unterhaltungselektronik das 30-fache, in Bürotechnik das 50-fache, und in den beiden Schlüssel-Kulturen unseres Zeitalters, Computer und Mikroelektronik: das 60-fache.

Mikroelektronik: Fehlanzeige. In der Schlüsseltechnologie der Mikroelektronik (Kap. 3.3) herrsche laut Häußer seit Jahren schlicht Fehlanzeige³⁷, obwohl dies der wichtigste „Rohstoff“ aller Wirtschaftszweige überhaupt geworden ist. Die Zukunftskommission Wirtschaft 2000 hat in ihrem Positionspapier³⁸ Wissenschaftler, Forscher, und Erfinder, oder gar Mikrochip-Designer, an keiner Stelle erwähnt³⁷.

Provinzielles Denken. Nach Meinung von M. Benhamou, 3Com-Präsident, hat Deutschland längst den Anschluß verloren: es fehle völlig die Vision

Die Ursache von Grundigs Niedergang ist die mangelnde Silizium-Kompetenz

darüber, was man in der neuen Welt der Computertechnik alles machen kann³⁹ — mangels Hardware-Kompetenz. Der jahrzehntelang fortgesetzte Abbau der Hardware-Forschungsförderung in Deutschland erweist sich als eine der folgenschwersten politischen Fehlentscheidungen seit Bestehen der Bundesrepublik — gegen unsere wirtschaftliche Zukunft, und somit gegen die Eckpfeiler des sozialen Netzes. Die „Unten-ohne“-Doktrin des BMFT² ist der Schildbürgerstreich des Jahrzehnts — krönender Abschluß einer fast drei Jahrzehnte währenden fatalen Fehlentwicklung.

Nur der Import neuer Technologien ist weitgehend unser einziger Zugang zu deren Anwendung. Die Arbeitsplätze entstanden also jenseits unserer Grenzen. Die Beherrschung neuer Technologien haben wir durch halbherzigen und verzögerten Zugang zu neuesten Schlüssel-Komponenten verpaßt, weshalb wir hier ganze Industriezweige praktisch aufgeben mußten (Bild 2). Dies ist ein wesentlicher Verursacher unserer hohen Arbeitslosigkeit. Die ganze Welt mit ihren Märkten befindet sich in einem tiefgehenden Strukturwandel. Das Wissen der Menschheit explodiert im

Übergang vom Industriezeitalter zur globalen Wissens-Wirtschaft des Informationszeitalters. Wir folgen dem Strukturwandel zu spät oder garnicht, weshalb wir die Eroberung neuer Märkte und damit die Schaffung neuer Arbeitsplätze weitgehend unseren Konkurrenten überlassen.