

Kiesel machen Karriere

# Silizium verändert die Welt

Die Halbleiterindustrie verdankt ihre Stellung einer langen Reihe von genialen Köpfen. Der Engländer Frederic Guthrie hat im Jahre 1873 die «Thermionic Diode» (Vakuümrohre) erfunden. Ein Jahr später hat der Experimentalphysiker Karl Ferdinand Braun den gleichrichtenden Effekt einer Selen-schicht auf Metall festgestellt.

» Herbert Eisenring

Auch in Indien wurde intensiv geforscht, und so hat der Physikprofessor Jagadis Chandra Bose vom «Presidency College in Calcutta» 1901 ein Patent für einen Gleichrichter, um Radiosignale zu empfangen, angemeldet. Wirtschaftliche Bedeutung erlangten diese Erfindungen aber erst ab etwa 1930. Germanium- und Silizium-Dioden bzw. -Gleichrichter ersetzen sukzessive die Selen-elemente ab dem Jahr 1940. Infolge der allgemein substantiellen besseren Eigenschaften wurde der Einsatz von Silizium-basierten Dioden dominant und diese bildeten die Basis für eine exponentielle Entwicklung auf dem Halbleiter-sektor.

## Telefon war der Treiber

Als eigentliche Erfinder der Zwei-Junction-Elemente mit Verstärkungseffekt gelten William B. Shockley, John Bardeen und Walter Brattain von den Bell Laboratories in den USA, die 1947 erstmals ein solches Element auf der Basis von reinem Germanium herstellten. Zu einem späteren Zeitpunkt wurde dafür der Ausdruck «Transistor» gewählt.



Angestellte der Shockley Labs stossen zu Ehren von William Shockley anlässlich der Verleihung des Nobelpreises an



Erster Transistor – 1947 hergestellt in den Bell Laboratories

Etwa zur gleichen Zeit entwickelten die deutschen Physiker Herbert Mataré und Heinrich Welker unabhängig einen Transistor bei Westinghouse, und davon wurden Tausende von der französischen Telefonindustrie verwendet. Mataré gründete etwas später die Intermetall und Welker ging als Entwicklungsleiter zu Siemens.

## Nobelpreis für den Transistor

1956 erhielten Shockley, Bardeen und Brattain den Nobelpreis für ihre Erfindung. Im gleichen Jahr wurde die Firma Shockley Labs gegründet, um Mehrschichtdioden auf der Basis der von Shockley 1951 erfundenen «P-N-Junction-Technologie» zu fertigen. Ein-

gesetzt wurden sie für Cross-Point-Switches in der Telefonie. Dies war der Anfang einer damals unvorstellbaren Evolution des Silicon Valleys und der Halbleiterindustrie. 1957 verliessen acht der Angestellten die Shockley Labs (darunter auch Gordon Moore und Robert Noyce, später gründeten diese die Firma Intel) und stellten je ein Monatsgehalt von 500 Dollar zur Verfügung, um das Unternehmen Fairchild Semiconductor zu gründen.

## Der Traum aus dem Silicon Valley

Diese Firma wurde für nahezu ein Jahrzehnt zum Trendsetter in der noch jungen Halbleiterbranche. Die Wurzeln eines grossen Teils der danach gegründeten Elektronikfirmen gehen auf Fairchild zurück (wie nebst andern: National Semiconductor, Signetics, Computer Microtechnology, Intel, AMD, LSI). Viele Weiterentwicklungen und Impulse kamen von der Stanford Universität, und deren Absolventen gründeten Firmen in und um die Städte Palo Alto, Mountain View, Sunnyvale, Santa Clara und San Jose. →

## Autor

Herbert Eisenring, geb. 1941, Ing. HTL, eidg. dipl. Verkaufsleiter, trat 1966 bei Transistor AG, Zürich, ein und arbeitete dort als Produktmanager, Prokurist und stellvertretender

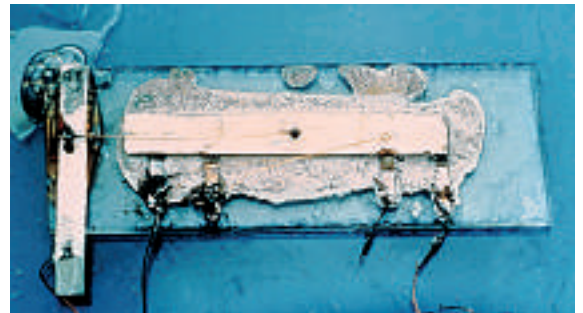
Marketingmanager. 1973 nahm er die Position als Verkaufsleiter bei Motorola an und wurde kurz danach Sales-Director für die Schweiz. Ab 1979 war er als Repräsentant für alle Belange der National Semiconductor für die Schweiz verantwortlich.



Nicht nur in Kalifornien wurde fieberhaft an der neuen Technologie entwickelt, sondern an vielen andern Orten. Im Jahre 1953 stellte Intermetall das erste Radio vor, das mit Transistoren bestückt war. Bei der 1941 in Dallas gegründeten Texas Instruments wurde das erste US-Transistorradio 1954 vorgestellt. Jack S. Kilby, Absolvent der Universität von Illinois und Wisconsin und Nobel-Preisträger (2000), entwickelte bei TI 1958 die erste integrierte Schaltung. Es handelte sich um einen Hybridschaltkreis, bei dem zwei bipolare Transistoren auf einem Germaniumsubstrat mit Golddrähten verbunden wurden. Den Wissenschaftlern von Fairchild gelang es 1959, den ersten Transistor in Planar-Technologie herzustellen, und damit begann eine explosionsartige Entwicklung im Bereiche von Transistoren und integrierten Schaltungen mit tiefen und stabilen Leckströmen. Erste Verwendungen waren in Radios, Computern, der Telefonindustrie und in militärischen Geräten.



Jack S. Kilby entwickelte bei Texas Instruments 1958 die erste integrierte Schaltung



### Integrierte Schaltungen machten den PC möglich

Den Anwendungen waren keine Grenzen mehr gesetzt, sodass sich der Bedarf an Halbleitern rasant zu entwickeln begann. Der unermüdliche Robert Noyce begann 1959 bei Fairchild die Entwicklung eines monolithischen «Flip Flops», das 1961 erstmals vorgestellt wurde. Im gleichen Jahr wurde in den Bell Laboratorien der erste «Metal Oxide Insulated Semiconductor Field Effect Transistor – MOSFET», hergestellt und bildete einen weiteren bedeutenden Meilenstein auf dem Elektroniksektor. 1963 stellte diese Firma erstmals komplementär n- und p-Channel-MOSFETS (CMOS) vor, die im Ruhezustand nahezu keinen Strom benötigten.

1964 wurde der erste Operationsverstärker uA702 von Fairchild eingeführt und sein Nachfolgeelement, der uA709, wurde dann von vielen Halbleiterherstellern übernommen. 1968 folgte von Fairchild der Typ uA741, der noch heute von vielen Herstellern angeboten wird. Sowohl auf dem linearen Sektor

wie auch auf der digitalen Seite überboten sich nun die Hersteller mit Neueinführungen.

### Moorsches Gesetz zeigt die Rasanz in der Entwicklung

Gordon Moore wagte 1965 die Voraussage, dass sich der Integrationsgrad bei IC zirka alle zwei Jahre verdoppeln würde. Bis heute sollte er recht behalten (von Intel und AMD gibt es derzeit Prozessoren mit mehr als 2 Milliarden Transistorfunktionen und Altera und Xilinx haben FPGA mit ähnlichen Dichten). Der Pionier auf dem bipolaren Sektor war TI mit der ab 1966 erhältlichen TTL-Familie 7400, gefolgt von RCA mit der noch heute in älteren Geräten eingesetzten CMOS-Familie CD4000. Die Strom sparende, neue CMOS-Technologie ermöglichte die Fertigung von batteriebetriebenen Geräten wie Taschenrechnern, Uhren und vielen anderen Anwendungen.

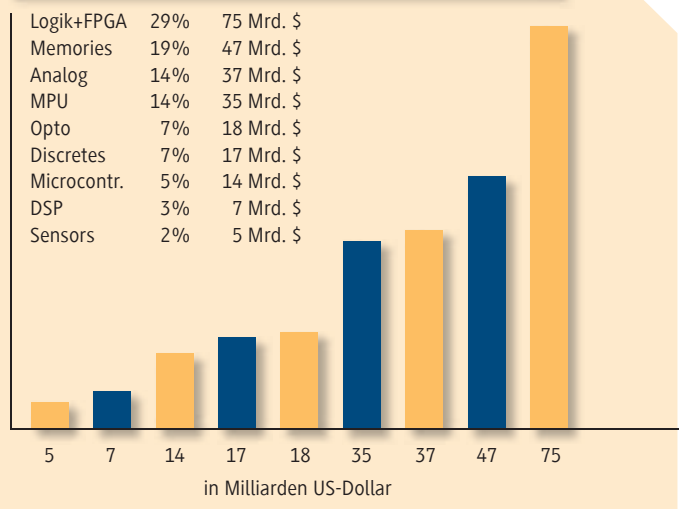
Die bipolare Technologie wurde aber wegen der wesentlich schnelleren Reaktionszeiten vor allem für Computer vorangetrieben und so wurden Memories, Cell- und

Rang	Firma	Land	Umsatz 2008 in Mrd. \$
1	Intel	USA	34,5
2	Samsung	Südkorea	20,3
3	Texas Instruments	USA	11,6
4	TSMC	Taiwan	10,6
5	Toshiba	Japan	10,4
6	STM	Europa	10,3
7	Renesas	Japan	7,9
8	Qualcomm	USA	6,5
9	Sony	Japan	6,4
10	Hynix	Südkorea	6,2
11	Infineon	Europa	5,9
12	AMD	USA	5,8
13	NEC	Japan	5,7
14	Broadcom	USA	5,7
15	Freescale Semi	USA	5,3
16	Panasonic	Japan	4,5
17	Micron	USA	4,4
18	NXP	Europa	4,4
19	Elpida	Japan	3,9
20	Sharp	Japan	3,8

Heute gibt es weltweit über sechshundert Halbleiterhersteller

Aufteilung des globalen Halbleiterumsatzes 2008 auf die Produktbereiche

### Weltweiter Halbleiterumsatz 2008: ca. 255 Mrd. \$

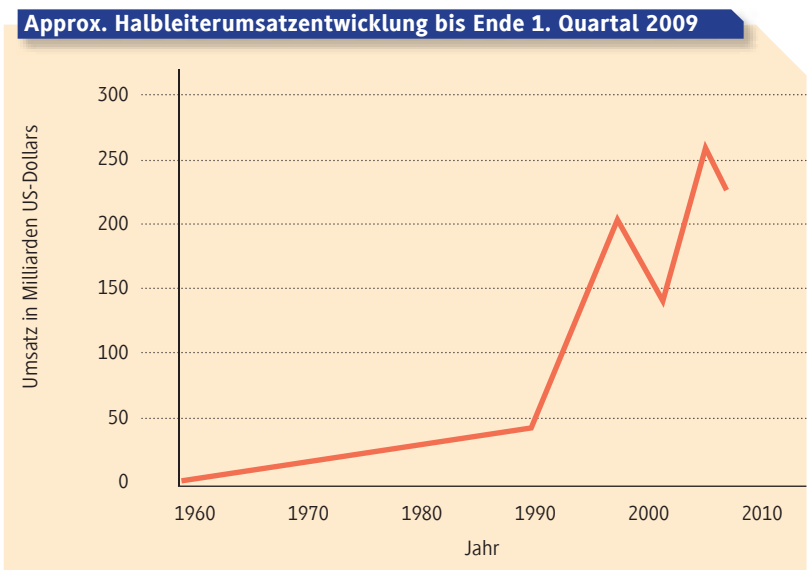


Gate-Arrays und Prozessoren entwickelt, die in Sachen Geschwindigkeit den CMOS-Bausteinen weit überlegen waren. 1968 leiteten Gordon Moore und Bob Noyce mit der Gründung der Intel eine neue Episode in der noch jungen Industrie ein, nämlich diejenige der Mikroprozessoren und Mikro-Controller. Obwohl auch andere Firmen Aktivitäten auf diesem Sektor in jener Zeit entfalteten, machten anfänglich vor allem die von Intel entwickelten 4-bit-Typen der Familie 4000 und die 8-bit 8008/8060 von sich reden. Motorola war auf dem Industriesektor mit der Serie MC 6800 sehr erfolgreich. TI entwickelte einen Single-Chip-Rechner, den TMS 1802.

**Die Japaner kommen mit Qualität**

In den 70er-Jahren war die Qualität und Zuverlässigkeit ein grosses Problem und Ausfälle im Prozentbereich waren keine Seltenheit. Die Japaner waren diesbezüglich erfolgreicher als die amerikanischen Firmen, letztere unternahmen aber gewaltige Anstrengungen, sodass der Rückstand innert kürzester Zeit wettgemacht werden konnte. Heute liegen die Ausfallraten bei den meisten aktiven Komponenten im ppm-Bereich und dies bezogen sowohl auf die Anlieferqualität wie auch auf die Zuverlässigkeit (MTBF). Nachdem die Pionierarbeit in der Halbleitertechnik bis in die 80er-Jahre geleistet wurde, konnten danach immer komplexere Komponenten hergestellt und ganze Systeme integriert werden.

So übertrumpften sich die stets zahlreicher werdenden Halbleiterfirmen mit der Einführung von immer noch besseren Elementen im Bereiche von Logikfamilien, programmierbaren Elementen, Speichern mit grössten Kapazitäten, DSP, Höchstleistungs-Mikro-Controllern und Mikroprozessoren, FPGA, ADC und DAC, aller Arten von OP-Amps und Komparatoren, Transistoren mit Durchlasswiderständen im Milliohmbereich und mit hohen Spannungen und vielen andern Halbleiterprodukten.



Der Umsatz in der Halbleiterbranche dürfte insgesamt im Jahre 2009 über 20 Prozent gegenüber dem Vorjahr abnehmen

**Die Krise trifft alle**

Der weltweite Halbleiterumsatz wuchs von 1960 bis 1992 auf knapp 50 Milliarden und stieg dann bis Ende 2000 rasant auf etwa 220 Mrd. an. Im Krisenjahr 2001 erfolgte ein Absturz von über 30 Prozent auf 151 Mrd. Dollar, um danach innerhalb von 7 Jahren den vorangegangenen Höchstwert wieder zu übertreffen. Im Jahre 2008 wurden für über 255 Mrd. Dollar Halbleiter umgesetzt. Die Finanzkrise und der Einbruch in der Automobilindustrie haben mittlerweile die ganze Industrie in Mitleidenschaft gezogen. Der Umsatz in der Halbleiterbranche dürfte insgesamt im Jahre 2009 über 20 Prozent gegenüber dem Vorjahr abnehmen. Experten sagen aber ab 2010 wieder ein starkes Wachstum voraus. Ein wichtiger Faktor spielt dabei auch, dass diese Branche mittlerweile den «mature»-Status erreicht hat und somit erheblich vom altersbedingten Ersatz bestehender Geräte abhängt.

Heute gibt es weltweit über 600 Halbleiterhersteller. Eine Riesenerfolgsstory hat Intel hinter sich. Das Unternehmen konzentriert

sich hauptsächlich auf Speicher und Mikroprozessoren, 1980 wählte IBM den Intel-MPU für die PC-Familie. Der Umsatz stieg 1983 bereits auf 1 Milliarde Dollar, 1996 waren es über 20 Milliarden und 2008 gar mehr als 34 Milliarden. Selbst im 1. Quartal 2009 blieb die Firma profitabel und die Umsatzabnahme von 13 Prozent lag weit unter jener der meisten übrigen Halbleiterfirmen. Gemäss Jahresbericht 2008 steht eine ganze Palette von neuen Produkten in der Entwicklung, sodass diese Firma den ersten Platz noch lange nicht abgeben wird.

Die übrigen Hersteller sind weit mehr volatil, hängen doch die meisten davon wesentlich stärker von den Marktfluktuationen des Consumer- und des Industriemarktes ab als die vor allem im Computerbereich tätige Intel. Da die Investitionen für eigene Waferfabs in bei Milliarden von Dollars liegen, werden sich in Zukunft viele kleinere Halbleiterfirmen eigene Fertigungen nicht mehr leisten können und werden sich in die wachsende Gruppe der «Fabless Companies» einreihen müssen. «



Michael Schroff, Dipl.-Ing. TU, Leiter Elektronik und Systemtechnik, maxon motor ag, 6072 Sachseln

**40 JAHRE ELEKTRONIKINDUSTRIE SCHWEIZ**

Vor 40 Jahren hatte maxon fast nur Gleichstrom-Motoren im Programm, die in aller Regel von einer festen Spannung, also einem Netzteil mit Trafo und Gleichrichter oder aus einer Batterie betrieben wurden. Selten gab es auch schon drehzahlveränderbare Antriebe. Elektronik für Antriebstechnik war zunächst für Motoren im Bereich mehrerer Kilowatt und für Netzspannungsbetrieb interessant. Seit dieser Zeit prägen die Miniaturisierung bei Halbleitern und Prozessoren die Technik. Grosse Fortschritte gab es bei der Verbindungstechnik durch immer komplexere Algorithmen, Software, integrierte und intelligente Sensorfunktionen sowie durch die geschickte Verbindung von Elektronik, Mechanik und Software zu optimierten mechatronischen Systemen.

