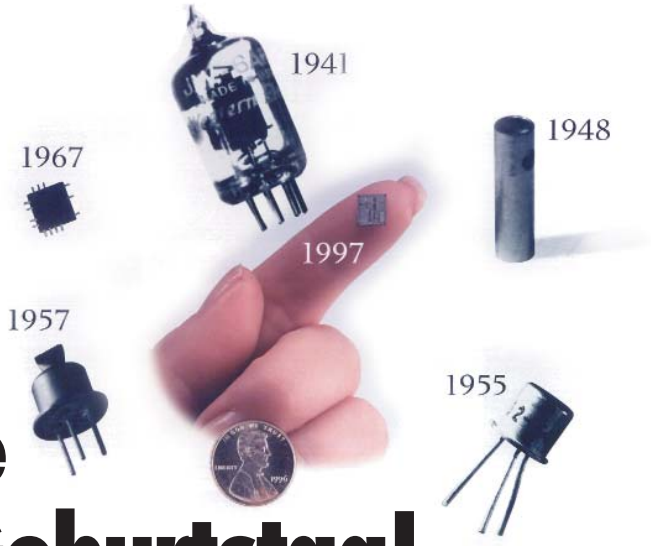


Alfred Vollmer

Alles Gute zum Geburtstag!

Der Transistor wird 50 Jahre alt

Als im Jahre 1947 – einen Tag vor Weihnachten – in den USA eine kleine Gruppe von Wissenschaftlern zum ersten Mal die neueste „Erfindung“ ihrer Kollegen John Bardeen und Walter Houser Brattain betrachteten, da dachten sie wohl kaum daran, daß dieser Tag ähnliche Auswirkungen auf die Menschheit haben würde wie der Tag des Jahres 1769, an dem James Watt zum ersten Mal eine Urform seiner Dampfmaschine präsentierte. So wie die Erfindung der Dampfmaschine von Historikern als Beginn des Industrie-Zeitalters gilt, markiert die Entwicklung des Transistors am 23.12.1947 den Beginn des Informations-Zeitalters, also den Beginn unseres Zeitalters – und zwar nicht nur in rein elektronischer Hinsicht.

Lange vor diesem denkwürdigen Tag des Jahres 1947 begann in den Bell Telephone Laboratories (kurz Bell Labs) in Murray Hill/New Jersey (USA) bereits die Entwicklung des Transistors. Schon 1923 entdeckte der russische Physiker O. Lossev, daß ein Zinkoxid-Kristall, über dem eine Spannung von einigen Volt angelegt und der mit einem Schwingkreis verbunden wird, als Oszillator oder Detektor mit Eigenschwingung fungieren kann. Seit 1923 beschäftigte sich auch der Hochschulprofessor und Siemens-Grundlagenforscher Walter Schottky mit der Halbleiterphysik. Zusammen mit Davjdor und Mott erkannte Schottky den Leitungsmechanismus der Halbleiter.

Die für den Transistor nötigen Grundlagen auf dem Gebiet der Festkörperphysik wurden etwa in den Jahren 1925 bis 1933 in Europa gelegt, indem einige der weltweit führenden Theoretiker die Quantenmechanik in theoretischer Form auf Festkörper und hier vor allem auf Metalle anwandten. Beispielsweise beschrieb Julius Lilienfeld bereits im Jahr 1928 die prinzipielle Funktionsweise des Feldeffekt-Transistors (FET) – also fast 30 Jahre vor seiner physikalischen Entdeckung.

Es gab damals noch viele grundlegende Dinge zu erklären. So konnte zu dieser Zeit zum Beispiel niemand darlegen, warum Kupfer aus Chile besser für Kupferoxidul-Gleichrichter geeignet war als Kupfer, das in den USA verhüttet wurde. Zur Reduktion des Kupfererzes warfen die Chilenen damals nämlich riesige Holzscheite, wenn nicht gar halbe Baumstämme in die Erzschmelze, während die Amerikaner auf Methoden zurückgriffen, die weniger Verunreinigungen hinterlassen. Zwischen 1925 und 1935 begannen die Festkörperphysiker zu verstehen, wie wichtig die Störstellen, Gitterfehlstellen (Löcher) und Zwischengitter-Verunreinigungen für bestimmte elektrische Leitvorgänge sind.

Die Solid-State Division, also die Abteilung Halbleiter, der berühmten Bell Labs, die später an AT&T und kürzlich an Lucent Technologies gingen, wurde Ende des Jahres 1945 mit dem Zweck gegründet, „neues Wissen zu erlangen, das zur Entwicklung von durchgehend neuen und verbesserten Bauelementen und Kommunikations-Systemen verwendet werden kann“. Diese Solid-State Division sollte sich eines lange gehegten Traums von Mervin Kelly, des damaligen Entwicklungsleiters der Bell Labs, annehmen. Schon 1936 äußerte sich Kelly gegenüber William Bradford Shockley, er wolle einen elektronischen Ersatz für die Relais in Telefon-Vermittlungsstellen finden. Da Vakuumröhren zuviel Leistung verbrauchten, zuviel Hitze pro-

duzierten und zu unzuverlässig waren, schieden sie für diesen Zweck aus.

Grundlagen in Europa gelegt

Bereits während des Krieges hatten die Amerikaner das Know-how für die Herstellung von (für damalige Verhältnisse) relativ reinem Silizium und Germanium entwickelt, denn diese Materialien wurden zur Herstellung von Radar-Detektoren benötigt. Schon 1945 schlug William Bradford Shockley vor, einen Halbleiterverstärker auf Basis des Feldeffekt-Prinzips zu bauen, das Julius Lilienfeld 1928 theoretisch beschrieben hatte, aber diverse Versuche, die Theorie in die Praxis umzusetzen, schlugen fehl, weil das Grundverständnis über Minoritätsträger noch fehlte.

Von Ende Juni bis Ende August 1947 flogen Bardeen und Shockley gemeinsam auf Geschäftsreise nach England und Zentraleuropa, was damals nur mit Tankstops in Neufundland und Irland möglich war. Europa litt in dieser Zeit noch sehr unter den Folgen des Krieges und es war für die zwei Wissenschaftler oft schwer, Nahrung und Unterkunft zu finden. In England mußten die beiden sogar für eine Nacht gemeinsam in einem Bett nächtigen. Trotz der widrigen Umstände konnten die beiden viele wertvolle Anregungen für ihre Arbeit aus England, Frankreich, den Niederlanden und der Schweiz mitbringen. Aufgrund der besonders schlechten Nachkriegs-Zustände in Deutschland (und vielleicht war es aus politischen Gründen auch nicht gestattet...) trafen sich die beiden Amerikaner sehr zu ihrem Bedauern weder mit Walter Schottky noch mit anderen deutschen Kollegen.

Im November 1947 begannen dann die ersten Experimente mit einem kleinen Stück p-dotierten Silizium, auf dem eine n-dotierte Inversionsschicht aufgebracht war. Ursprünglich wollten die beiden damit ein Bauelement entwickeln, das auf Basis des Feldeffekts funktioniert. Am 17. November 1947 machte ein Kollege namens Gibney den Vorschlag, zwischen der Metallplatte und dem Halbleiter eine Vorspannung anzulegen, während beide Teile in einen Elektrolyt eingetaucht sind. Diese Idee der Vorspannung markierte einen weiteren Schritt hin zum ersten Transistor. Bei einem relativ zur Basis positiven Vorstrom zeigte sich, daß der Strom kleiner wird, wenn an dem Elektrolyt (eine Wachsschicht, die um die Metallspitze herum aufgebracht wurde und von einem Wassertropfen umgeben war) eine negative Spannung angelegt wird, was gemäß des Feldeffekts auch erwartet wurde. Das war die erste Verstärkung mit Hilfe eines Halbleiters, aber sie funktionierte aufgrund des sehr trägen Elektrolyts nur bei niedrigen Frequenzen bis zu 8 Hz. Darauf folgte ein ähnliches Experiment mit p-dotierter Inversionsschicht auf n-dotiertem Germanium, was zu noch besseren Ergebnissen führte. Da Brattain and Bardeen, die sich mit diesen Experimenten beschäftigten, beobachteten, wie sich auf der Oberfläche des Germaniums langsam eine Oxidschicht bildete, beschlossen sie, den Elektrolyt wegzulassen und über den dünnen Oxidfilm hinweg eine Spannung anzulegen. Auf diese Art und Weise entdeckten Brattain und Bardeen den bipolaren Punktkontakt-Transistor.

Wie der Transistor zu seinem Namen kam

Dieses Kind, das anfänglich als „Semi-Conductor Triode" (Halb-Leiter-Triode) bezeichnet wurde, mußte natürlich auch einen Namen haben. Da die neue Entdeckung ebenso wie die Elektronenröhre verstärken konnte, suchte das Team um Brattain und Bardeen zunächst im Röhrenbereich nach einem neuen Namen. Eine wesentliche Eigenschaft der Elektronenröhre ist ihre „Transconductance" (Transkonduktanz, Gegenleitwert, Steilheit), die als Ausgangsbegriff zur Debatte stand. J. R. Pierce, der zu Bardeens Team gehörte, warf nach Angaben von Brattain daraufhin das duale Äquivalent der „Transconductance", nämlich „Transresistance" in den Raum, was Pierce einige Sekunden später in „Transistor" verkürzte, womit Brattain sofort einverstanden war. Bei der offiziellen öffentlichen Erstvorstellung des Transistors am 30.6.1948 in New York erklärte der Vizepräsident der Bell Labs, R. Brown, das Kunstwort „Transistor" allerdings als eine Kombination aus „Transfer" (Übertragung) und „Resistor" (Widerstand).

Geburt des bipolaren Punkttransistors

Der erste Transistor überhaupt war ein Punktkontakt-Transistor (*Bild 1*), in dem zwei Kontaktpunkte auf der Oberfläche eines kleinen n-dotierten Germanium-Blocks dicht beeinander befestigt waren. Einer dieser Kontakte, heute würde man ihn Emitter nennen, besaß eine positive Vorspannung, der zweite Kontakt, heute Kollektor genannt, eine negative Vorspannung. Der Emitter injizierte aufgrund seiner Vorspannung Löcher, die zum Kollektor flossen. Und genau das wurde am 23. Dezember 1947, dem offiziellen Geburtstag des Transistors der Leitung der Bell Labs vorgeführt (*Bild 2*). Die ersten erfolgreichen Experimente dieser Art erfolgten übrigens bereits gut eine Woche vorher, so daß der Transistor eigentlich schon am 16.12.1947 „geboren" wurde, denn an diesem Tag erzielten die Forscher erstmals eine Spannungs- und Leistungsverstärkung mit Hilfe eines Halbleiters.

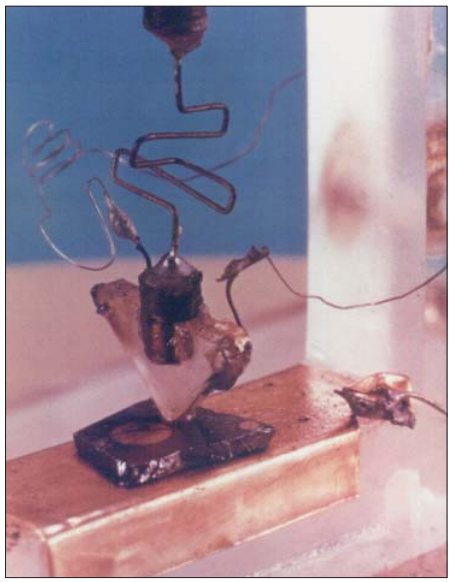


Bild 1. Der erste Punktkontakt-Transistor bestand aus einer Platte, die aus n-dotiertem Germanium hergestellt wurde, sowie aus zwei goldenen Leitungskontakten, die von einem Plastikkeil gehalten wurden. Aus diesem Bild wird auch klar, woher die Basis eines Transistors ihren Namen hat: von der massiven Germanium-Basisplatte. Auch das Schaltsymbol des Transistors hat hier seinen Ursprung.

Auf Basis des bei Kriegsende existierenden Wissens gab es viele Hinweise darauf, daß die Halbleiter bei einem tieferen Verständnis der Grund-

lagen zu den gewünschten Ergebnissen führen konnten, einen elektronischen Ersatz für die Relais in Telefon-Vermittlungsstellen zu finden. Walter Brattain bemerkte damals, daß sämtliche Anstrengungen fehlschlugen, einen Halbleiter-Verstärker nach der klassischen Erfindermethode „Try and Error“ zu bauen – und zwar auch die Anstrengungen, die Brattain und Shockley vor dem Zweiten Weltkrieg unternommen hatten.

Die Bell Labs starteten eine regelrechte Transistor-Offensive und begannen eine Art des projektbezogenen Arbeitens, wie es sie in dieser Konsequenz bisher noch nie gegeben hatte. Das Halbleiter-Forschungsteam hatte erkannt, daß das Problem von allen Seiten systematisch angegangen werden mußte. Aus diesem Grunde arbeiteten nicht nur theoretische Physiker und Experimentalphysiker an dem Projekt, sondern auch Chemiker und Metallurgen. Im Rahmen der Transistorforschung gaben sich die Wissenschaftler nicht mehr mit zufälligen Entdeckungen zufrieden. Vielmehr ging es darum, die Experimente in ihrer gesamten Komplexität zu verstehen und zu erklären sowie um die Formulierung von grundlegenden wissenschaftlichen Theorien. Die „Erfindung“ des Transistors war somit keine „Erfindung“ mehr, sondern eine konsequente Entwicklung, die in der physikalischen Entdeckung des Transistor-Effekts gipfelte, was wiederum den Anfang einer neuen Entwicklungs-Ära markierte. Da man auch das Funktionsprinzip des Transistors in seinen Einzelheiten verstand, konnte man nicht nur voller Stolz ein funktionierendes Bauteil vorstellen, das man „erfunden“ hatte. Vielmehr stand die Tür offen für eine konsequente Weiterentwicklung, die derzeit in den hochintegrierten ICs unserer Tage gipfelt.

Beginn des Systems Engineering

Aus diesem Grunde müßte der erste Transistor sogar in zweierlei Hinsicht in den Geschichtsbüchern vermerkt sein, aber der Aspekt des Lösens von der klassischen Erfindung hin zur aufwendigen zielgerichteten Entwicklung im Team, das eingebettet ist in ein finanzkräftiges Gerüst, wird oft unter den Tisch gekehrt. Der Transistor war somit auch der erste Praxiseinsatz der industrialisierten Wissenschaft oder des „Systems Engineering“. Walter Brattain kommentierte die Auswirkungen dieser neuen Forschungsstrategie anläßlich der Verleihung des Nobelpreises 1956 sehr deutlich (*Bild 3*):

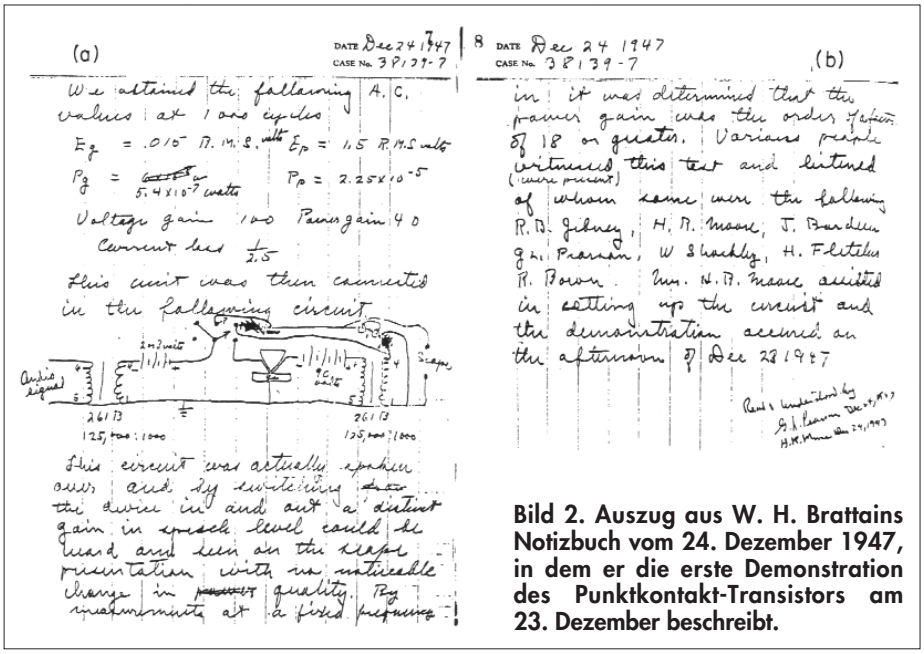


Bild 2. Auszug aus W. H. Brattains Notizbuch vom 24. Dezember 1947, in dem er die erste Demonstration des Punktkontakt-Transistors am 23. Dezember beschreibt.

„Man muß schon bescheiden sein, einen solchen Preis anzunehmen, wenn man daran denkt, wie viel Glück man hatte, zur rechten Zeit an der richtigen Stelle zu sein.“

Als sich vor einigen Wochen – Anfang November ’97 – die Präsidenten der Halbleiterindustrie zum 21. SIA-Forecast-Dinner trafen, brachte Brian Halla, President und CEO von National Semiconductor, die Auswirkungen dieses neuen Forschungsansatzes folgendermaßen auf den Punkt: „Die Tage, in denen Leute im Elfenbeinturm sitzen und neue Technologien auf den Markt verstreuen, um zu sehen, was wächst, sind vorbei.“

Vor allem haben sich die Wissenschaftler der Bell Labs bereits sehr früh Gedanken darüber gemacht, ob und wie man den zu entwickelnden Halbleiter fertigen kann. Diese Fokussierung auf den für klassische Forscher eher neuen Aspekt der Fertigung sorgte allerdings dafür, daß eine wichtige Voraussetzung für den bevorstehenden Erfolg erfüllt war: hochreines Halbleiter-Rohmaterial, das gezielt n- oder p-dotiert werden konnte. Auch die für die damalige Zeit bei Festkörperphysikern sicherlich nicht gerade alltägliche, mühevolle Dienstreise nach Europa paßt in dieses neue Procedere der projektorientierten Forschung.

Ursprünglich bestand die Aufgabe des Halbleiter-Teams darin, einen Ersatz für die Elektronenröhre zu finden, da diese zu viele Nachteile hat. Dennoch waren Elektronenröhren in den ersten Jahren *die* Konkurrenz für Transistoren schlechthin. Erst als es gelang, die großen Vorteile des Transistors, nämlich seine geringe Größe sowie sein geringes Gewicht und seine geringe Verlustleistungsaufnahme, richtig zu nutzen, begann der wahre Siegeszug des Transistors und später auch der ICs.

Mervin Kelly erkannte bereits sehr früh die kommerziellen Möglichkeiten, die aus der Entwicklung des Transistors resultierten. Er wußte, daß nur durch eine breitgefächerte Fertigung durch viele verschiedene Firmen und die daraus erwachsende Konkurrenz untereinander die Verbreitung des Transistors beschleunigt werden konnte. Aus diesem Grunde boten die Bell Labs Anfang 1952 ihre Patentrechte frei an. Für eine Anzahlung von 25 000 Dollar, die später mit den Lizenzzahlungen verrechnet wurden, konnten geeignete Interessenten eine Lizenz zur Fertigung von Transistoren erwerben. Um es „qualifizierten Ingenieuren zu ermöglichen, das Equipment, die Prozeduren und Methoden zur Fertigung dieser Produkte“ herzustellen, veranstalteten die Bell Labs da-

mals ein achttägiges Seminar, wobei an zwei Tagen davon die Transistor-Fabrik von Western Electric in Allentown/Pennsylvania besichtigt wurde.

Shockley beschreibt erstmals den Flächentransistor

Den ersten Schritt der Weiterentwicklung von Bardeens und Brattains Entwicklung „Transistor“ unternahm Shockley bereits einen Monat nach der Entwicklung des Punktkontakt-Transistors, indem er sich die entsprechenden Notizen machte, die zum Sperrschicht-Transistor (Flächentransistor) führten. Beim Flächentransistor findet der Transistor-Effekt nicht mehr an der Oberfläche, sondern im Innern des Halbleiters statt. Shockley war damals sehr frustriert, daß er keine größere Rolle bei der unmittelbaren Entwicklung des Transistors spielte. 1976 reflektierte er seine Gefühle folgendermaßen: „Meine Begeisterung über den Erfolg der Gruppe wurde dadurch getrübt, daß ich nicht einer der Erfinder war. Ich war schon etwas frustriert, daß meine persönlichen Anstrengungen, die mehr als acht Jahre zuvor begonnen hatten, nicht in einem signifikanten Beitrag von mir zu der Erfindung beitrugen.“

Während Brattain und Bardeen fest daran glaubten, daß der Transistor aufgrund eines Oberflächen- oder Feldeffekts funktionierte, glaubte Shockley, daß die Verstärkung im „Bulk“, also im gesamten Material und somit nicht nur an der Oberfläche stattfindet. Binnen zwei Jahren entwickelte Shockley eine Theorie über die Vorgänge am pn-Übergang sowie über das Verhalten von Elektronen und Löchern in Halbleitern. Damit war Shockley in der Lage, den Sperrschicht-Transistor formal zu beschreiben – und zwar noch gut zwei Jahre bevor dieser 1951 physikalisch realisiert wurde. Mit diesem Flächentransistor begann der eigentliche Siegeszug des Transistors, denn jetzt bestand die Möglichkeit, Transistoren mit reproduzierbaren Daten in größeren Stückzahlen zu fertigen. Aufgrund dieser Verdienste um die theoretische Beschreibung erhielt auch Shockley als Dritter im Bunde zusammen mit den eigentlichen Entwicklern des Transistors (Bardeen und Brattain) am 10. 12. 1956 den Nobelpreis für Physik des Jahres 1956. Shockleys größter Verdienst war wohl die physikalische Beschreibung des Transistors in seinem schon klassischen Text „Electrons and Holes in Semiconductors“, den er 1950 in New York veröffentlichte.

Bild 3. Die Erfinder des Transistors (v. l. n. r.): John Bardeen, William Bradford Shockley und Walter Houser Brattain.

Es gab somit zwei funktionsfähige Transistor-Strukturen: den Punktkontakt- und den Sperrschicht-Transistor. Allerdings eignete sich damals keiner von beiden so recht für die Massenfertigung. So war der Punktkontakt-Transistor beispielsweise ziemlich instabil und hatte alles andere als ideale elektrische Parameter. Nichtsdestotrotz fertigte Western Electric (der Halbleiterbereich von AT&T) zehn Jahre lang Punktkontakt-Transistoren, die dann in Oszillatoren für Telefone, in Hörgeräten und in dem ersten digitalen Computer, der an Bord eines Flugzeugs in der Luft arbeitete, zum Einsatz kamen.

Nachdem der Sperrschicht-Transistor 1951 produktionsreif geworden war, überschlugen sich die Ereignisse: 1952 nahm Bell System mit Hilfe von Transistoren in Englewood/New Jersey die erste Vermittlungsstelle im Selbstwählverfahren (also ohne Operator) in Betrieb. 1954 gelang es Siemens kurz vor den Amerikanern, Reinstsilizium in industriell relevanten Mengen herzustellen, und schon im selben Jahr stellte Texas Instruments den ersten Silizium-Transistor vor. 1957 brachte Siemens mit dem 2002 den ersten in Serie gefertigten Computer auf den Markt, der vollständig auf der Transistortechnik basierte. Auch IBM stellte in diesem Jahr seine Computer-Designs von Elektronen-Röhren auf Transistoren um. Ebenfalls im Jahr 1957 meldete der RCA-Mitarbeiter John T. Wallmark das Patent eines Feldeffekt-Transistors an.

Röhrenhersteller steigen in die Halbleiterei ein

Mitte der 50er Jahre dominierten die bereits als Röhrenhersteller bekannten Unternehmen General Electric, Philco, Raytheon, RCA, Sylvania und Westinghouse die Halbleiterszene, aber Motorola und Texas Instruments waren ebenfalls bereits sehr aktiv. 1955 verließ Shockley die Bell Labs, um in Kalifornien das Unternehmen Shockley Semiconductors zu gründen. Shockley war fest entschlossen, eine vierlagige Siliziumdiode zu entwickeln, was sich als uferloses Projekt herausstellte.

Frustriert verließen daher acht von Shockleys besten Mitarbeitern im Jahr 1957 die damals noch junge kaliforni-

sche Firma, um Fairchild Semiconductors, die „Mutter der Halbleiterindustrie“, zu gründen. Zu diesen acht Fairchild-Gründern zählten auch Robert Noyce und Gordon Moore, die im Jahr 1969 Intel gründeten. Fairchild konzentrierte sich zunächst auf die Fertigung von Hochleistungs-Mesa-Transistoren und nutzte dazu die in den Bell Labs entwickelten Diffusionstechnologien. Bald darauf erhielt die noch kleine Firma von IBM einen Auftrag zur Fertigung von Mesa-Transistoren für einen Computer.

1959 entwickelte Fairchild den Planarprozeß, der die erste industrielle Serienfertigung von Transistoren ermöglichte und noch heute als Basis-Prozeß für die Herstellung von Silizium-ICs dient. IBM baute 1960 in Poughkeepsie bei New York die erste vollautomatische Fertigungslinie für Transistoren, in der die damals phantastisch hohe Menge von 1800 Einzeltransistoren pro Stunde gefertigt und getestet werden konnte.

Der nächste Schritt – die Entwicklung integrierter Schaltkreise

Nachdem die Russen erfolgreich den Satelliten Sputnik ins All geschossen hatten, erlitten die Amerikaner den sogenannten „Sputnik-Schock“. Als Reaktion darauf startete die amerikanische Regierung ein Programm zur Miniaturisierung der Elektronik. Getrieben von diesem Druck zur Miniaturisierung, hatte Jack Kilby von Texas Instruments im Juli 1958 die Idee, „Widerstände, Kondensatoren, Transistoren und Dioden auf einem einzigen Stück Silizium“ zu integrieren, was er im August 1958 auch in die Tat umsetzte. Allerdings dienten bei Kilby noch echte Drähte zur Verbindung zwischen den einzelnen monolithisch integrierten Schaltungselementen.

Bei Fairchild hatte Robert Noyce eine ähnliche Idee. Auf Basis des kurz zuvor von seinem Fairchild-Kollegen Jean Hoerni (dem späteren Gründer von Teledyne und Intersil) entwickelten Planar-Prozesses konzentrierte sich Noyce auf die Interconnects, also auf die metallischen Zwischenverbindungen in dem, was wir heute integrierte Schaltung nennen. Von Noyce stammt ein Verfahren, das auch heute noch zum Handwerkszeug bei der IC-Fertigung gehört: Metallisieren und anschließendes Wegätzen, wobei die gewünschten Interconnects vorher mit Fotomasken definiert wurden.

Bis Mitte der 60er Jahre stritten Texas Instruments und Fairchild um das Patent für die integrierte Schaltung. Schließlich einigten sie sich, daß sowohl Noyce als auch Kilby als Erfinder gelten, die zu gleichen Teilen die Rechte halten, weil jeder der beiden unter einem anderen Aspekt zu der Erfindung beitrug.

ICs waren zu Beginn der 60er Jahre immens teuer und nur für Höchstleistungs-Anwendungen oder Geräte mit ganz besonderen Platzanforderungen im allerobersten Preisbereich einsetzbar, denn die Ausbeute war sehr schlecht. Nachdem Hoerni 1960 die Passivierung mit Hilfe von Oxiden entwickelt hatte, stieg die Ausbeute der ICs an, so daß die Preise beachtlich sanken. 1961 stellte Fairchild das erste industriell gefertigte IC her: ein monolithisch integriertes Set/Reset-Flipflop. Der Preis für dieses Flipflop ist aus heutiger Sicht gigantisch, denn er lag bei 120 Dollar – und das zu einer Zeit, in der eine Flasche Cola am Automaten einen Dime (10 Cents) kostete, während sie heute (in der Dose) für einen Dollar verkauft wird. Mitte der 60er Jahre konnte die Ausbeute bei ICs derart gesteigert werden, daß zu diesem Zeitpunkt erstmals damit begonnen wurde, über eine Verwendung von ICs in normalen Elektronik-Anwendungen nachzudenken. Ebenfalls im Jahr 1961, also nicht mal ganz 14 Jahre nach der Entwicklung des Transistors, erreichte die Halbleiter-Industrie erstmals die Umsatzmarke von 1 Milliarde Dollar.

Weitere Informationen im Internet

Zur Geschichte des Transistors

- http://www.mygale.org/03/megadec/trans1.html
- http://lummi.stanford.edu/Media2/SiliconValley2/Hammer/pages/Trans.html
- http://www.lucent.com/ideas2/heritage/transistor/index.html
- http://www.att.com/attlabs/chrono/transistor.html
- http://www.computer.org/50/history/1947.htm

Zur „etwas anderen“ Geschichte des Transistors

- http://www.awpi.com/Combs/Shaggy/162.html

Zu den drei Nobelpreisträgern

- http://www.mygale.org/03/megadec/trans2.html
- http://www.lucent.com/ideas2/heritage/transistor/index.html

Was tat sich in Europa?

Bereits 1950 begann Philips mit der Fertigung von Kristalldioden aus Germanium, und ein Jahr später verließen die ersten, „Kristall-Verstärker auf Germanium-Basis“ genannten Transistoren die Forschungslaboratorien der Niederländer, die dann ab 1952 in Massen gefertigt wurden. 1954 fertigte Philips das erste Transistorradio Europas. Auch Telefunken begann 1952 nach der allgemeinen Lizenzvergabe durch die Bell Labs, sich mit Transistoren und deren Fertigung zu beschäftigen.

1955 wurde in Frankreich das Unternehmen R.P.C. gegründet, das in der Nähe der Seine-Metropole die Transistorenfertigung aufnahm. Als 1960 der Staatskonzern Thomson das Unternehmen R.P.C. übernahm, wurde der Name in COSEM geändert, aber erst 1985 in Thomson Semiconducteurs umbenannt.

1957 gründeten Telettra und Olivetti das Unternehmen SGS, um mit einer Lizenz von Fairchild Transistoren in Italien zu fertigen. 1960 übernahm Fairchild ein Drittel der Anteile von SGS, und das ebenfalls italienische Unternehmen ATES begann mit der Produktion von Leistungstransistoren auf Basis einer Lizenz von RCA. 1972 fusionierten SGS und ATES.

In den 60er Jahren begann auch bei Siemens in Deutschland die Transistorfertigung. So wurden nicht nur von den Amerikanern sondern auch von Siemens bereits 1961 Germanium-Mesa-Transistoren für einen Frequenzbereich von einigen hundert MHz bis 1 GHz gefertigt, was ab 1962 in Großserie geschah. Eine Europapremiere war die Herstellung der ersten ICs durch Siemens im Jahr 1965. Dabei handelte es sich durchgehend um bipolare ICs, die meist für analoge Verstärker-Anwendungen konzipiert waren.

Das Moore'sche Gesetz und der erste Mikroprozessor

In der Zeitschrift „Electronics Magazine" veröffentlichte Gordon Moore 1965 eine Grafik, in der die Anzahl der Transistoren eines Chips auf einer halblogarithmischen Skala gegenüber der Zeit aufgetragen war. Dem heute als „Moore's Law" bekannten Gesetz zufolge verdoppelt sich jedes Jahr die Anzahl der Transistoren auf einem Chip. Mit zunehmender Integration verringerte sich diese Wachstumsrate jedoch auf die bis heute zutreffenden 18 Monate pro Verdopplung.

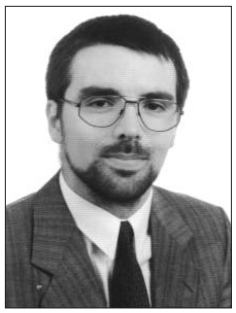
1969 betritt Neil Armstrong als erster Mensch den Mond – mit Hilfe des Transistors, aber noch ganz ohne Mikroprozessor, denn erst 1971 brachte Intel mit dem 4004 den ersten Mikroprozessor auf den Markt. Schon der 4004 hatte etwa die Leistungsfähigkeit des ENIAC, des 1946 gebauten ersten elektronischen Computers der Welt. Allerdings beanspruchten die 18 850 Elektronen-Röhren des ENIAC eine Standfläche von 150 Quadratmetern sowie 150 kW Heizleistung. ENIAC und 4004 boten etwa die Rechenleistung eines heute für 5 DM erhältlichen Taschenrechners, wobei der Taschenrechner bereits zusätzlich eine im Vergleich zum ENIAC komfortable Ein- und Ausgabe einschließt.

Halbleitertechnik als Initiator der Globalisierung

Ebenso rasant wie die technische Entwicklung war die Veränderung der Märkte, in denen Transistoren zum Einsatz kamen. Die ersten in Massen (was man damals so unter „Massen" verstand: 1000er-Stückzahlen) gefertigten Transistoren waren erheblich teurer als heute ein hochspezialisiertes IC mit ca. 200 000 Transistoren. Die Halbleiterindustrie hat nunmehr ein Volumen von etwa 150 Milliarden Dollar pro Jahr bei weiterhin steigender Tendenz erreicht, und der heutige Eigentümer der Bell Labs, Lucent Technologies, hat ausgerechnet, daß statistisch gesehen jeden Tag pro Kopf der Bevölkerung gut 10 000 Transistoren auf unserem Planeten gefertigt werden.

Die Halbleiter haben zu einer Globalisierung des Geschäftslebens geführt. Ohne die Halbleiter-Elektronik wären weder der internationale Telefon-, Fax- und Datenverkehr noch der weltumspannende Flugverkehr oder das Internet in seiner heutigen Dimension möglich. Diese Globalisierung hatte auch Auswirkungen auf die Halbleiterbranche selbst: Anfang der 80er Jahre brachte Siemens das letzte Datenbuch eines IC, des Mikroprozessors SAB 8085, in deutscher Sprache heraus. Ohne Englischkenntnisse sind auf diesem Sektor heute keine höher qualifizierten Jobs mehr zu bekommen.

Auch das Privatleben und das Arbeitsumfeld haben sich verändert: Wer möchte zuhause noch auf die Fernbedienung am Fernseher, Videorecorder, die Belichtungsautomatik der Kamera oder den CD-Player verzichten und wer kommt im Berufsleben heute noch ohne PC, Fax, Datenübertragung oder Handy aus? Ganze Berufe, wie z.B. der des Schriftsetzers, verschwanden, und viele neue Berufe wurden beispielsweise in der Informationselektronik geschaffen. Aber auch die Halbleiterindustrie hat einen riesigen Bedarf an hochqualifizierten Fachkräften. Brian Halla am SIA-Dinner Ende 1997: „Wir haben einen unersättlichen Bedarf an Mitarbeitern." Der Transistor hat die Welt entscheidend verändert, denn mit ihm wurde die Grundlage des neuen Innovationsmotors Mikroelektronik geschaffen, der wiederum unser tägliches Leben ständig neu prägt. Happy Birthday! *gs*



Dipl.-Ing. Alfred Vollmer begann seine journalistische Laufbahn Anfang 1986 als Fachredakteur bei der Wochenzeitschrift Markt & Technik. Von Mitte 1988 bis 1992 war er als Marketing Manager für Kommunikations-ICs beim Geschäftsbereich Halbleiter der Siemens AG tätig. Seit April 92 arbeitet er als freier Journalist für europäische Zeitschriften sowie als Europa-Korrespondent für Zeitschriften in Asien und den USA.

Für schnelle Anfragen: Elektronik-Faxkontakt Seite 91 verwenden