

„Brauchen wir U-Boote?“

Über Ideen, Erfindungen und Innovationen

von Jörg Berkner

Wie entsteht eine Erfindung? Wie wird daraus eine Innovation? Und was haben U-Boote mit diesem Thema zu tun? Lassen Sie uns einige Beispiele aus der an Erfindungen reichen Geschichte unserer Firma betrachten, um der Antwort ein Stück näher zu kommen.

Tihanyi und der SIPMOS-Transistor

1979 machte Jenő Tihanyi den Vorschlag, tausende kleine MOS-Transistoren zu einem Leistungstransistor zusammen zu schalten. Das war die Idee – der erste Schritt zur Innovation. Das Management unterstützte seine Idee, stellte Mittel und Ressourcen bereit und veranlasste den Bau einer Scheibenfertigung im ehemaligen Gerätewerk München Freimann. Aber auch nach mehreren Jahren waren die Ausbeuten katastrophal, es wurde, wie man sagt, nur Geld verbrannt.



Bild 1: SIPMOS-Erfinder Jenő Tihanyi

Natürlich kam dann die Forderung auf, das Projekt zu beenden. Zu diesem Zeitpunkt kam der nach der Idee zweite wichtige Faktor einer Innovation ins Spiel: die ausdauernde Förderung durch das Management. Gerade in solch einer Situation braucht es jemanden, der an den Erfolg der Idee glaubt und der die notwendigen Mittel

bereitstellt. Beim SIPMOS-Projekt wurde nach zehn Jahren Entwicklung die einzig richtige Entscheidung zur Rettung des Projektes getroffen: Die Fertigung wurde nach Villach überführt. Mit der dortigen Fertigungserfahrung und den wesentlich besseren Reinraumbedingungen kam das Projekt endlich „zum Fliegen“. Auch die Nachfrage nach MOS-Leistungstransistoren stieg an. Ein SIPMOS-Verbesserungs-Programm wurde gestartet und 1994, also 15 Jahre nach der ersten Idee, änderten die Projektzahlen ihre Farbe endlich von rot nach schwarz.¹

Der MESA-Transistor aus der Balanstraße

Wenn wir auf der Zeitachse noch ein paar Jahre zurückgehen, finden wir ein zweites interessantes Beispiel: die Entwicklung des Siemens-MESA-Transistors. Dieser Transistor hat seinen Namen wegen der Ähnlichkeit seines Querschnitts mit den Tafelbergen in Arizona erhalten. Er war ursprünglich in den USA erfunden worden und erlaubte höhere Grenzfrequenzen als die bis dahin hergestellten Legierungstransistoren.

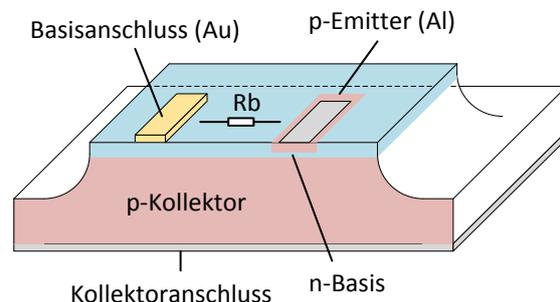


Bild 2: Querschnitt eines MESA-Transistors. Um den Transistor schneller zu machen, musste der Abstand zwischen Basis und Emitter und damit der Basiswiderstand R_b verringert werden.

¹ Interview Wallner [7]

Allerdings waren diese ersten MESA-Transistoren noch zu langsam, um z.B. in Radio- oder Fernseh-Empfangsstufen eingesetzt zu werden. Wie konnte man sie schneller machen, ihre Grenzfrequenz erhöhen? Diese Frage stellten sich die Entwickler der Siemens-Halbleiterfabrik um Winfried Meer und Hans Rebstock. Die Lösung fanden sie in einer grundlegenden Änderung des Herstellungsverfahrens. Statt der bis dahin angewandten Schrägbedampfung (siehe Bild 3) entwickelten sie ein neues Bedampfungsverfahren mit einer Verschiebemaske.

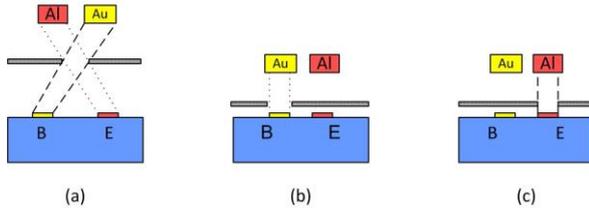


Bild 3: Herstellung eines MESA-Transistors. Bei der Schrägbedampfung (a) wurden Basiskontakt und Emitter in zwei Schritten unter Verwendung von zwei Verdampferquellen, aber mit der gleichen Metallmaske hergestellt. Daher war ein Mindestabstand zwischen den Quellen, Maske und Chip notwendig. Beim Siemens-Verfahren (b, c) hingegen lag die Maske auf der Scheibe auf und wurde nach dem ersten Bedampfen um wenige Mikrometer verschoben, dann erfolgte die zweite Bedampfung. So konnte der Abstand zwischen Basis und Emitter stark verringert werden.

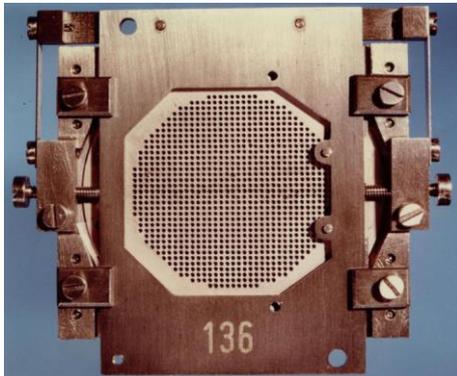


Bild 4: Mit Hilfe der Verschiebemaske konnte der Abstand zwischen Basisanschluss und Emitter des Transistors verringert und dadurch seine Transitfrequenz stark erhöht werden.

Damit konnte der Abstand zwischen Emitter und Basis verringert und die Kenngröße Transitfrequenz so weit erhöht werden, dass die Siemens-Transistoren nun sogar im UHF-Bereich verwendbar waren. Für die damaligen Hersteller von Fernsehgeräten wie Grundig war das ein entscheidendes Kaufargument, weil das Rauschen dieser Transistoren geringer war als das der bis dahin verwendeten Elektronenröhren.

Damit waren aber noch nicht alle Probleme gelöst, die manuelle Montage der neuen Transistoren war unwirtschaftlich und teuer. Wieder gab es Stimmen, die das Projekt beenden wollten. Aber der damalige Entwicklungsleiter Kniepkamp, unterstützt durch den Direktor der Halbleiterfabrik Karl Siebertz, sagte: „Und ich lasse ein Labor weitermachen“. Eine richtige Entscheidung, denn Entwicklungsingenieur Hans Rebstock fand mit der Entwicklung des Thermokompressions-Verfahrens eine wirtschaftliche Lösung für das Kontaktierungsproblem. Auch die Nachfrage war gesichert, denn Firmen wie Grundig wollten den neuen Transistor für die Tuner ihrer Fernsehgeräte haben, weil er eine bessere Bildqualität ermöglichte. In der Folge wurde die Siemens Halbleiterfabrik bei den MESA-Transistoren zum Marktführer in Europa und erreichte die Gewinnzone.

Wenn wir nun diese beiden Beispiele verallgemeinern stellen wir fest: Drei Zutaten sind notwendig, um aus einer Idee einen geschäftlichen Erfolg, also eine Innovation zu machen: die *Idee* des Ingenieurs, die *Förderung* durch den Manager und die *Nachfrage* durch den Kunden.

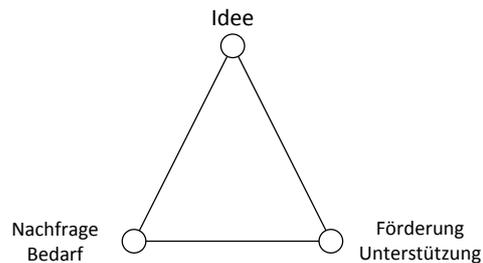


Bild 5: Das Erfolgsdreieck

Ernst Hofmeister² hat das Zusammenspiel dieser drei Faktoren treffend beschrieben:

„Eine Innovation, das Umformen einer Erfindung (Invention) zu einem erfolgreichen Produkt oder Verfahren, kommt nur durch viele einzelne Schritte zustande: Gedanken, Gespräche, Entscheidungen, Informationen, Analysen, Abwägungen, Versuche, Kalkulationen, Investitionen, Vermarktung. Während die Invention spontan sein kann, aus einem genialen Gedanken geboren, aber auch das Ergebnis mühseliger Versuchsreihen, kann eine Innovation nie zufällig entstehen. Zur Innovation in unserem

² Dr. Ernst Hofmeister trat 1955 in die Siemens Halbleiterfabrik ein und arbeitete dort zunächst an der Entwicklung von Dioden. Er war später Sprecher der leitenden Angestellten und leistete mit vielen Publikationen einen großen Beitrag, um der in den 70er Jahren als Jobkiller kritisierten Mikroelektronik wieder zu öffentlicher Akzeptanz in der Bundesrepublik zu verhelfen. 1989 ging er in den Ruhestand.

Sinn gehört der zielgerichtete Wille, eine Erfindung in ein Verfahren umzusetzen oder als Produkt einem Markt zuzuführen. Und selbst der Wille allein schafft noch keine Innovation – die letzte Entscheidung trifft der Benutzer durch Akzeptanz oder Ablehnung.“³

Die Vidikon-Röhre

Nicht nur Erfolge, auch Fehlschläge sind lehrreich. Betrachten wir daher als drittes Beispiel die Geschichte der Vidikon-Röhre. Die Idee bei diesem Entwicklungsvorhaben aus den 70er Jahren war die Kombination einer herkömmlichen Bildaufnahmeröhre mit einer kleinen Halbleiterscheibe, die ca. 1000 Dioden als Bildsensoren enthielt. Sie sollte zur Realisierung eines Telefons mit Bildübertragung dienen.

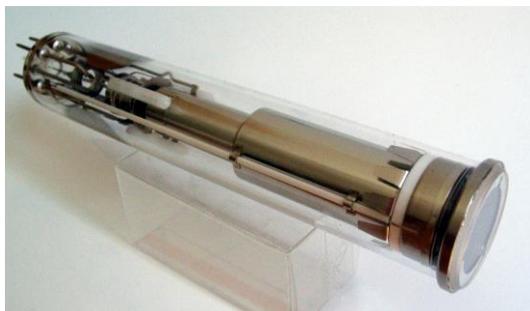


Bild 6: Vidikon-Bildaufnahmeröhre, rechts ist die Halbleiterscheibe mit den 1000 Dioden als Bildsensor zu sehen

Das Ganze funktionierte technisch, aber es wurde kein Erfolg. Zwar gab es durchaus Bedarf an kleinen Bildsensoren mit hoher Auflösung und auch die Förderung und Finanzierung des Projektes war gesichert. Die Schwachstelle lag hier in der Idee: Die Vorteile der damals neuen Halbleitertechnik gegenüber der Röhrentechnik – wie geringes Volumen und kleine Betriebsspannung – wurden nicht genutzt. Zur gleichen Zeit kamen schon die ersten CCD-Sensoren⁴ auf, zwar noch mit geringer Auflösung, aber rein halbleiter-basiert.

Wie durch fehlende *Förderung* verhindert werden kann, dass eine Erfindung zur Innovation wird, zeigt ein anders Beispiel, das diesmal allerdings nicht von Siemens handelt, die Funkuhr. Vor 50 Jahren ließ der deutsche Erfinder Wolfgang Hilberg die Idee einer Funkuhr als „Verfahren zur laufenden Übermittlung der Uhrzeit“ per Funkübertragung patentieren.⁵ Ab 1973 war auch die wichtigste Voraussetzung für den Betrieb von

³ Ernst Hofmeister, Innovationsbarrieren [15]

⁴ CCD – Charge Coupled Device, ein Halbleiter-Bildsensor, das CCD Prinzip wurde 1969 in den Bell-Labs von Willard Boyle und George Smith erfunden.

⁵ Patent DE 1673 793 vom 23. März 1967 „Verfahren und Anordnung zur laufenden Übermittlung der Uhrzeit“

Funkuhren gegeben, denn seit diesem Jahr strahlt in Deutschland der Sender DCF77 in Mainflingen ein Langwellensignal aus, das die Zeitinformation enthält.



Bild 7: Funkuhrempfänger nach Hilberg von 1973⁶

Die Uhrenindustrie aber war nicht begeistert von der neuen Idee. Hilberg, damals Professor an der TU Darmstadt, beschreibt das so:

„Was hielt die Uhrenindustrie von der Funkuhr-Idee? ... ich führte ihnen [den Vertretern aller deutschen Uhrenfirmen] eine Funkuhr vor. .. Sie schienen beeindruckt, meinten aber, dass diese obskure Technik für die Praxis noch nicht spruchreif war.“

Auch die damals bedeutende Firma Telefonbau und Normalzeit reagierte ablehnend:

„Von Ihrem Spielzeug werden wir vielleicht 10000 Stück verkaufen. Das ist weniger als ein Tausendstel unseres Umsatzes, und das ist wirklich kein Geschäft für uns.“⁷

Wenn wir an unser Erfolgsdreieck denken, so waren hier Idee und Bedarf gegeben, es fehlte aber an jeglicher Unterstützung durch die Industrie für den Erfinder. Die erste Funkuhr von Junghans kam erst 1985 auf den Markt, als sein Patent abgelaufen war.⁸

Brauchen wir U-Boote?

Jeder Entwicklungsingenieur kennt diese Situation: Ein anfangs vielversprechendes Projekt wird abgebrochen. Viel Arbeit und Engagement waren umsonst. So etwas kommt vor, weil z.B. die Idee sich nicht oder nicht in der vorgesehenen Zeit realisieren lässt, oder weil die Marktbedingungen sich verändert haben und ein lohnendes Geschäft nicht mehr erwartet wird. In solchen Situationen passiert es, dass der Entwickler (oder das ganze Team) die Idee aber *nicht* aufgeben sondern doch noch zum Erfolg bringen will. Die Arbeiten werden inoffiziell weitergeführt, die Kosten unter anderen

⁶ Bild: Deutsches Uhrenmuseum, Furtwangen, Inv. 2000-102, mit freundlicher Genehmigung

⁷ Hilberg, Vortrag 2012 [1]

⁸ Rübke, Wer hat's erfunden [2]

Projekten verbucht. Unter Entwicklern redet man dann von einem „U-Boot“.



Bild 8: Gerade in großen Firmen entstehen immer wieder mal U-Boot-Projekte, wenn Vorhaben als wenig aussichtsreich abgebrochen werden, der Entwickler aber an den Erfolg seiner Idee glaubt.

So war es auch Mitte der 90er Jahre bei der Entwicklung des CoolMOS-Transistors, heute eines der wichtigsten Infineon-Bauelemente. Wie Entwickler Gerald Deboy schildert, wurde das Vorhaben vom Management als zu risikoreich eingeschätzt. Das Entwicklerteam um Projektleiter Stengl setzte die Arbeit aber trotzdem als U-Boot-Projekt fort, um die von Tihanyi stammende Idee von einem neuen, verbesserten SIPMOS-Transistor umzusetzen. Natürlich funktioniert so etwas nicht unbegrenzt, irgendwann muss jedes U-Boot auftauchen. Anfang 1997 kam ihnen ein Wechsel im Management zur Hilfe, Dr. Ploss wurde Entwicklungsleiter für Leistungshalbleiter. Er unterstützte die Idee und setzte das Ziel, den Einschaltwiderstand des SIPMOS bis Ostern 1997 zu halbieren. Und dieses Ziel wurde erreicht. Gerald Deboy:

„Wenn man von einer Idee wirklich überzeugt ist, finden sich immer Wege sie auch umzusetzen.“⁹

Jetzt waren also alle drei Voraussetzungen für den Erfolg gegeben: Idee, Förderung und Nachfrage. Schon im Mai 1998 konnten die ersten CoolMOS-Bauelemente der Reihe S5 ausgeliefert werden. Allerdings kam es nach dem ersten Erfolg zu großen Ausbeuteproblemen in der Fertigung. Das Prozessfenster, in dem gleichzeitig die Ziele niedriger Einschaltwiderstand und hohe Durchbruchfestigkeit erreicht werden konnten, war für die vorhandenen Fertigungsanlagen zu klein. Jetzt brauchte es eine neue Idee.

Am Anfang steht immer die Idee

Auf diese Idee kam Entwickler Gerald Deboy nicht während der Arbeit, sondern in seiner Freizeit:

„Ich war im Karwendel und habe die Berge gestaffelt vor mir gesehen und habe gedacht, so muss die Feldverteilung im CoolMOS aussehen. Mehrere hintereinander liegende Peaks unterschiedlicher Höhe... Die Idee dabei ist, dass die p-Säulen von oben nach unten nicht gleichmäßig, sondern mit einer nach unten abnehmenden Konzentration, dotiert werden. Dieser Gradient muss stärker sein als die statistischen Prozessschwankungen. Das führt dazu, dass die Bauelemente in der Mitte des Prozessfensters sowohl hohe Durchbruchspannung als auch hohe Avalanche-Festigkeit erreichen.“ Durch diese Idee konnte die Ausbeute nachhaltig auf über 90% erhöht werden.

Auch Funkuhr-Erfinder Hilberg hat beschrieben, wie er auf die richtige Idee kam:

„Eines Sonntags in Ulm liege ich auf dem Sofa und schaue auf die große Uhr auf dem Schrank. Sie ist ein Erbstück und ärgert mich seit langem, weil sie in der Woche um bis zu 2 Minuten falsch geht und ich sie dauernd korrigieren muss. Es kommt mir plötzlich in den Sinn, dass es in Deutschland Millionen von Menschen genauso gehen muss ... Es würde doch genügen, an einer zentralen Stelle in Deutschland eine hochgenaue Normalzeit zu erzeugen und diese im ganzen Land zu verteilen. Damit war der Grundgedanke der Funkuhr gefunden, und mir war als Fachmann für Elektronik, Hochfrequenztechnik und Computer auch sofort klar, wie man das machen kann.“¹⁰

Die beiden Beispiele scheinen perfekt zu illustrieren, dass Ideen durch spontane Eingebung entstehen. Aber vermutlich ist das nur die halbe Wahrheit. Voraussetzung für solch eine Eingebung ist die langwierige gedankliche Beschäftigung mit dem Problem. Erst dann kann die zufällige Verknüpfung mit einem Gedanken, einer Anregung aus einem völlig anderen Gebiet zum Erfolg führen.

Der Autor Steven Johnson verwendet in seinem Buch „Wo gute Ideen herkommen“ den Begriff „langsame Ahnung“ für diesen unbewussten Prozess, der in unserem Gehirn abläuft, aus dem dann in einem günstigen, entspannten Augenblick die richtige Idee entspringt. Und er empfiehlt: Spazieren gehen!

“Spazieren gehen schafft Abstand zum Alltag. Es entlastet uns von den täglichen Aufgaben ... und versetzt den Geist in einen eher assoziativen Zustand. Mit genügend Zeit stolpert er dann nicht selten über etwas, das wir lange übersehen haben und wir fragen uns: Warum ist mir das nicht schon früher eingefallen?“¹¹

⁹ Interview mit G. Deboy [8]

¹⁰ Hilberg, Vortrag 2012 [1]

¹¹ Johnson, S.91, 131 ff.[4]

Manchmal hilft der Zufall

Ein Beispiel für die manchmal hilfreiche Rolle des Zufalls bei der Ideenfindung wird uns von Dr. Ernst Hofmeister berichtet, der in den 50er Jahren als junger Ingenieur in der Dioden-Entwicklung der neugegründeten Siemens-Halbleiterfabrik arbeitete. Er berichtet von einem erstaunlichen Ereignis bei der Herstellung der sogenannten Spitzendioden. Bei diesen Dioden wurde ein Germanium-Einkristall mit einem elektrolytisch angespitzten Molybdän-Draht kontaktiert. Diese Anordnung hatte gleichrichtende Wirkung, war aber mechanisch sehr instabil. Um dies zu verbessern, führte man eine sogenannte Formierung durch, wobei die Diode mit einem Gleichstrom von einigen wenigen Milliampere belastet wurde. Erfahrungsgemäß verbesserte sich damit die Stabilität ihrer Eigenschaften, wenngleich man nicht wusste warum. Nun trat eines Tages zufällig ein Defekt in der Formierungsanlage auf und die Dioden wurden mit einem etwa 1000-fachen Strom belastet, den man ihnen sonst nie zugemutet hätte. Erstaunlicherweise wurden die Dioden aber nicht zerstört; ihre Kennlinien und die Stabilität ihrer Eigenschaften verbesserten sich sogar enorm.

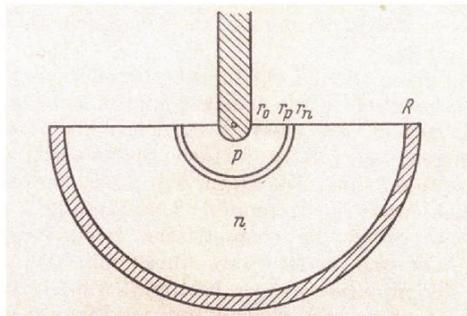


Bild 9: Halbkugelförmiger pn-Übergang einer Spitzenkontakt-Diode [6]

Was nun folgte, war Detailarbeit. Ernst Hofmeister stellte dabei zusammen mit seinem Kollegen E. Groschwitz fest, dass durch den hohen Strom das Germanium kurzzeitig aufgeschmolzen und dabei umdotiert wurde. So entstand im Germanium ein halbkugelförmiger pn-Übergang, der wesentlich bessere Eigenschaften als der ursprüngliche Metall-Halbleiter-Kontakt hatte. Fortan wurde diese Methode zur Formierung verwendet.

Es gibt noch andere bekannte Beispiele für zufällige Entdeckungen: die Vulkanisierung von Gummi durch Charles Goodyear (1839), das Penizillin (Alexander Fleming, 1928) oder der Mikrowellenherd (Percy Spencer, 1946). Selbst bei der Entdeckung des Transistoreffektes durch Bardeen und Brattain 1947 war der Zufall mit im Spiel. Bardeen untersuchte an einer Spitzenkontaktdiode mit einer zweiten Kontaktnadel das Oberflächenpotential des Germanium-Kristalls. Bei sehr geringem Abstand

zwischen den beiden Nadeln bemerkte er eine Beeinflussung des Stromes im ersten Stromkreis durch die Spannung an der zweiten Spitze – das war die lange gesuchte Verstärkungswirkung in einem Halbleiterkristall.¹²

Der Zufall, das zeigen diese Beispiele, weist *manchmal* den Weg zur richtigen Lösung eines technischen Problems. Diese Lösung findet aber nur, wer in der Lage ist zu erkennen, welche potentielle Idee im zufälligen Ereignis steckt. Der Forscher und Ingenieur braucht dazu neben dem Fachwissen auch Neugier und die Bereitschaft, das Besondere im Alltäglichen zu erkennen. Als weitere notwendige Eigenschaft kommt die Ausdauer hinzu, denn meist ist eine intensive und systematische Arbeit notwendig, um die zufällige Entdeckung auch produktiv nutzbar zu machen. Und natürlich muss er die Zeit haben, das zufällige Ereignis zu untersuchen.

Doppelt erfunden?

Doppelte Erfindungen sind in der Geschichte der Technik gar nicht so selten. 1922 führten die Soziologen Ogburn und Thomas dazu eine Untersuchung durch.¹³ Sie fanden 148 Fälle von unabhängig gemachten Mehrfacherfindungen. Einige Beispiele aus der Elektrotechnik sind im folgenden Kasten aufgeführt.

Mehrfacherfindungen

Kondensator (Leidener Flasche) Ewald Georg von Kleist (1745) und Pieter van Musschenbroek (1746)

Telefon Philip Reis (1860), Alexander Graham Bell (1876) und Elisha Gray (1876)

Mikrofon David Edward Hughes (1877) und Emil Berliner (1877)

Verstärker-Elektronenröhre Robert von Lieben (1906) und Lee de Forest (1907)

Oszillator Alexander Meissner (1913) und Edwin Armstrong (1913)

Transistor John Bardeen und Walter Brattain (1947/48), Herbert Mataré und Heinrich Welker (1948)

Silizium-Herstellung Henry C. Theuerer (1952), Karl Siebertz und Heinz Henker (1953)

Zwar zeigt sich bei näherer Betrachtung, dass diese Erfindungen meist nicht genau zeitgleich zu Stande kamen. Das berühmte Beispiel von Alexander Graham Bell und Elisha Gray, die das Telefon an ein und demselben Tag, am 14. Februar 1876, zum Patent anmeldeten, bleibt

¹² vgl. Bosch, Werdegang [9], S.11 sowie <http://www.computerhistory.org/siliconengine/invention-of-the-point-contact-transistor/>

¹³ Ogburn, Are Innovations Inevitable [3]

also eine Ausnahme.¹⁴ Trotzdem kann man sich fragen, warum so oft verschiedene Erfinder etwa zur gleichen Zeit an den gleichen Problemen arbeiteten.

Wie es scheint, ist die Wahrscheinlichkeit einer Mehrfacherfindung hoch, wenn ihre Zeit gekommen ist. Wann aber ist die richtige Zeit gekommen? Wenn ein dringender Bedarf zur Lösung eines Problems besteht und wenn gleichzeitig auch die wissenschaftlichen und technischen Voraussetzungen zur Realisierung dieser Idee vorhanden sind. Bei der Verstärker-Elektronenröhre z.B. bestand der dringende Bedarf in der Notwendigkeit, Sprachsignale zu verstärken, um Telefongespräche auch über große Entfernungen führen zu können. Bei den Halbleitern war es der Bedarf nach Hochfrequenzgleichrichtern für Radargeräte, der die Halbleiterforschung so weit voranbrachte, dass die schon in den 20er Jahren formulierte Idee eines Kristallverstärkers 1947/48 schließlich Realität werden konnte.

Steven Johnson sieht in seinem schon erwähnten Buch im häufigen Auftreten von Mehrfacherfindungen eine Bestätigung des „Nächstmöglichen“.¹⁵ Was, so fragen wir uns, ist damit gemeint?

Das Nächstmögliche

Oft wird bei Innovationen zwischen einer kontinuierlichen, schrittweisen Weiterentwicklung und einer disruptiven, sprunghaften Veränderung auf ein höheres Niveau unterschieden.

„Wir stellen uns bahnbrechende Ideen gern als eine Art Zeitsprung vor ... In Wahrheit jedoch gehen technologischer und wissenschaftlicher Fortschritt so gut wie nie über das Nächstmögliche hinaus“ meint Johnson.¹⁶

Tatsächlich findet *beides* statt, sowohl die kontinuierliche als auch die sprunghafte Veränderung. Das folgende Beispiel der Entwicklung von Leistungsgleichrichtern bei Siemens illustriert diese Tatsache.

1946 wurde in dem kleinen fränkischen Ort Pretzfeld von Eberhard Spenke ein Halbleiter-Labor gegründet. Die erste Aufgabe, die Spenke dort in Angriff nahm, war die Entwicklung eines zuverlässigen Verfahrens, um Selen-Gleichrichter herzustellen. Bis zu diesem Zeitpunkt beruhte die Herstellung dieser Gleichrichter auf einem weitgehend empirischen Verfahren. Es gelang, ein stabiles Herstellungsverfahren zu entwickeln und gleichzeitig die Kennwerte der Selen-Gleichrichter zu verbessern. Ab 1949 konnte das neue Verfahren in die Fertigungsstätten in Hof

und Berlin überführt werden. Dort wollte man aber auch gern die weitere Entwicklung der Selen-Gleichrichter übernehmen. Spenke überraschte dann die Vertreter vom Schaltwerk Berlin bei einem Treffen in Pretzfeld mit den Worten: „Wenn Sie wollen, werden wir unsere Arbeit an Selen morgen früh einstellen. Wir werden an Germanium und Silizium arbeiten“.¹⁷

Nach mehreren Jahren der Innovation in kleinen Schritten, der Suche nach dem Nächstmöglichen, folgte nun der Entschluss, ein völlig anderes Material zu verwenden, also der Sprung zu einem neuen Prinzip. In der folgenden Abbildung ist diese Entwicklung skizziert.

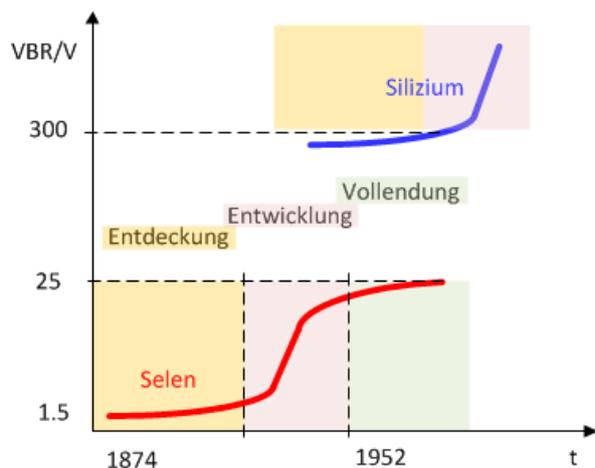


Bild 10: Schrittweise und sprunghafte Entwicklung am Beispiel des Gleichrichters. Entdeckung des Gleichrichtereffektes 1874 durch Ferdinand Braun, erste Anwendung als Radio-Detektor ab etwa 1900, Mitte der 20er Jahre Beginn der industriellen Fertigung von Selen-Gleichrichtern, in den 50er Jahren Sprung zum Silizium-Gleichrichter, danach folgte wieder eine Weiterentwicklung in kleinen Schritten.

Eberhard Spenke hatte mit seinem Team erkannt, dass die Zukunft nicht dem Selen, sondern eher dem Germanium und Silizium gehören würde. Schnell wurde auch klar, dass Germanium wegen der geringen zulässigen Betriebstemperatur nur sehr schlecht für Leistungsgleichrichter geeignet sein würde. Spenke entschied daher, die Arbeiten mit Germanium völlig einzustellen und alle Kräfte auf das Silizium zu konzentrieren. Diese Entscheidung war mutig und vorausschauend zugleich. Denn es gab zu dieser Zeit kein Verfahren, um Silizium mit der für Gleichrichter notwendigen extrem hohen Reinheit herzustellen. Also musste dafür in Pretzfeld zunächst ein industrielles Verfahren entwickelt werden. Es bestand aus mehreren Schritten und wurde von Eberhard Spenke 1956 auf einer

¹⁴ vgl. dazu ausführlich: Sanaa, Scriptum Nr.28 [10]

¹⁵ Johnson, S.53-55 ff. [4]

¹⁶ Johnson, S.55 [4]

¹⁷ vgl. [12], S354, Übersetzung des Autors

Halbleitertagung in Garmisch der internationalen Fachwelt vorgestellt.¹⁸

Erst nach der Entwicklung dieses neuen Verfahrens konnte das eigentliche Ziel in Angriff genommen werden – die Entwicklung eines Gleichrichters auf der Basis von Silizium. Die hervorragenden Kennwerte der ersten Muster zeigten dann, dass der Sprung auf ein höheres Niveau gelungen war. Lag die maximale Sperrspannung eines Selen-Gleichrichters bei nur etwa 20 V, so erreichten schon die ersten Silizium-Gleichrichter Werte von 200 V. Nun begann wieder ein Innovationsprozess der kleinen Schritte, die Suche nach dem Nächstmöglichen. 1956 konnte Eberhard Spenke auf der Halbleitertagung in Garmisch schon Silizium-Gleichrichter mit 1000 V Sperrspannung und 200 A Durchlassstrom vorstellen.



Bild 11: Senkrechtes Zonenziehen eines Siliziumstabes. Das Siemens-Verfahren zur Herstellung von hochreinem Halbleiter-Silizium wurde im Labor Pretzfeld entwickelt

Das patentierte Verfahren zur Siliziumherstellung aber fand großes Interesse und wurde in den folgenden Jahren weltweit lizenziert.

Innovationsbarrieren

Bisher haben wir uns mit den Bedingungen befasst, die Innovation ermöglichen. Mindestens genauso wichtig sind aber die Bedingungen, die Innovationen be- oder sogar verhindern. Ernst Hofmeister hat mögliche Innovationsbarrieren innerhalb eines Unternehmens untersucht und ist auf eine beachtliche Liste gekommen¹⁹:

¹⁸ Die wesentlichen Verfahrensschritte sind: die Silizium-Abscheidung aus der Gasphase, das senkrechte, tiegelfreie Zonenziehen und das Dünnsziehen, mit dem dünne Silizium-Stäbe erzeugt werden, die wiederum als Ausgangsmaterial für den Abscheideprozess dienen. Der Teilschritt „tiegelfreies Zonenziehen“ ist wieder ein Beispiel für eine Mehrfacherfindung, denn er wurde unabhängig und nahezu gleichzeitig an drei Orten erfunden: In Pretzfeld durch Emeis, in München durch Siebertz und in den USA durch Theuerer. Theuerer meldete allerdings sein Patent (US3060123) um einige Wochen früher an (Anmeldung am 17.12.1952) als Siebertz (DBP 1062431, Anmeldung 14.2.1953) bzw. Siebertz und Henker (DBP 1794287, Anmeldung 14.2.1953) [12], vgl. dazu auch [13]

¹⁹ zitiert nach Hofmeister, Innovationsbarrieren [15]

- „Fehlende Motivation, häufig als Folge eines falschen Führungsstils oder fehlender Anreize
- innovationshemmende Organisationsstrukturen, wie z.B. zu große räumliche und hierarchische Distanz zwischen Innovations-einheiten und Entscheidungszentrum
- unzureichende Kommunikation und damit fehlender Informationsfluss
- Trägheit, hervorgerufen durch Unkenntnis der Innovationsnotwendigkeit
- ungenügend fundierter Innovations-Entscheidungsprozeß
- fehlende Strategie und Zielsetzung
- mangelnde Durchsetzungskraft
- fehlender Arbeitskräfte-Spielraum, vor allem in der Ideengenerierungsphase
- fehlende Flexibilität der Systemstrukturen und fehlende Personalbewegung
- Zieldivergenzen zwischen Subsystemen
- fehlendes Fachpersonal
- fehlende Finanzmittel“

Zu den Fragen, die im Unternehmen immer wieder geprüft werden müssen, gehört auch: Wie sieht die innovationsfreundlichste Organisation aus? Kann man hier etwas verbessern? Zentrale Forschungseinheiten kosten viel Geld, aber sie haben den Vorteil, dass sie ausdauernd an grundlegenden Innovationsthemen arbeiten können und nicht durch das Tagesgeschäft in Anspruch genommen werden. Wir erinnern uns an die eingangs erwähnte Geschichte des SIPMOS-Transistors: 15 Jahre von der ersten Idee bis zum Erreichen der schwarzen Zahlen sind eine lange Zeit (und nicht unbedingt nachahmenswert) – aber was wäre unsere Firma heute ohne den SIPMOS und seine Kinder und Enkel Tempfet, Hitfet, CoolMOS und wie sie alle heißen?

Ein letztes Beispiel sei noch genannt: Die Produktion des Drucksensors KP100 wurde 1998 aufgenommen, die Entwicklungsarbeiten dazu begannen aber schon zehn Jahre zuvor in der damaligen zentralen Forschung und Entwicklung.

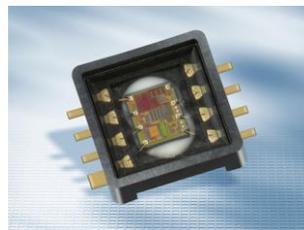


Bild 12: Drucksensor KP100 mit integrierter Auswerteschaltung von Infineon

Die Innovation dabei war: dieser Sensor konnte in einer normalen BiCMOS-Technologie ohne Zusatzschritte hergestellt werden. Sensor und Auswerteschaltung wurden nun auf einem Chip

realisiert. Infineon wurde dank dieser Innovation für einige Jahre Marktführer auf dem Gebiet der Seitenairbag-Sensoren.

Fazit

Der Leser wird bis hierher die Antwort auf die im Titel dieses Artikels gestellte Frage „Brauchen wir U-Boote?“ vermisst haben. Sie lautet: „Eigentlich nicht.“ Wann immer aber eines gesichtet wird, sollte das Anlass zum Nachdenken über die Gründe des Abtauchens sein. Diese Frage hat viel mit Vertrauen zu tun: Traut die Führungskraft dem Team die Lösung des Problems zu? Haben die Entwickler den Mut und das Vertrauen, auch das Selbstvertrauen, ihre Idee bei der Führungskraft vorzubringen und durchzusetzen? Daneben entscheiden allerdings auch oft einfach wirtschaftliche Gründe, ob ein Projekt fortgesetzt werden kann oder abgebrochen wird.

Die Geschichte unserer Firma ist reich an Innovationen, das zeigen allein die wenigen in diesem Artikel aufgeführten Beispiele. Für unsere sich immer wieder erneuernde Belegschaft ist die Vermittlung und Kenntnis dieser Geschichte besonders wertvoll, stärkt sie doch die Identifikation mit der Firma und die Motivation, sich für sie zu engagieren. Und Engagement brauchen wir, denn was Altbundespräsident Roman Herzog in seiner Berliner Rede 1997 mit Bezug auf die ganze Gesellschaft sagte, gilt ohne Einschränkung auch für unser Unternehmen²⁰:

„Die Fähigkeit zur Innovation entscheidet über unser Schicksal“.

Quellen

- [1] Hilberg, Wolfgang: „Die Funkuhr – war sie mal was Besonderes?“, Vortrag an der TU Darmstadt am 8.2.2012
- [2] Röbbke, Thomas, „Wer hat's erfunden?“, Zeit Online, 25.2.2012
- [3] Ogburn, William F.; Thomas, Dorothy: „Are Innovations Inevitable? A Note on Social Evolution“, Political Science Quarterly 37, No.1 (1922), p.83-98
- [4] Johnson, Steven: „Wo gute Ideen herkommen“, Soventa Verlagsgesellschaft mbH, 2016
- [5] Hofmeister, Ernst: „Oberflächeneffekte und tieferliegende Aspekte der Halbleitertechnik. Technisches, Organisatorisches, Menschliches und Öffentliches aus einem Drittel Siemens-Jahrhundert“, Abschiedskolloquium, 28.9.1989

²⁰ Herzog, Berliner Rede [16]

- [6] Hofmeister, E.; Groschwitz, E.: „Der Einfluss der geometrischen und physikalischen Verhältnisse an der Spitze von Germanium-Dioden auf die Kennlinie“, Zeitschrift für angewandte Physik, 10. Band, 3. Heft, 1958, S. 109-114
- [7] Berkner, Jörg: Interview mit Erich Wallner vom 7.11.2008
- [8] Berkner, Jörg: Interview mit Dr. Gerald Deboy vom 29.4.2013
- [9] Bosch, Berthold: Der Werdegang des Transistors.1929-1994. Bekanntes und weniger Bekanntes. Festkolloquium zum 65.Geburtstag von Magnifizenz Prof. Dr. Eberhart Köhler, TU Ilmenau, 17.11.1994
- [10] Sanaa, Rania: „Die Sonne ist von Zucker. Zum 180. Geburtstag von Philipp Reis“, Scriptum Nr.28, März 2014
- [11] Spenke, Eberhard: „Zur Entstehung des Labors Pretzfeld“, handschriftlichen Notiz aus dem Jahre 1984
- [12] Searchinger, R.W.: „Wirtschaftswunder in Pretzfeld, Upper Franconia: Interactions between Science, Technology and Corporate Strategies in Siemens Semiconductor Rectifier Research & Development 1945-1956“, History and Technology, 2000, Vol.16, pp. 335-381
- [13] Berkner, Jörg: "Eberhard Spenke und der Geist von Pretzfeld", Scriptum 12/2008
- [14] Siemens, Werner von: „Lebenserinnerungen“, Prestel Verlag München, 16. Auflage, 1956
- [15] Ernst Hofmeister: „Innovationsbarrieren“, in: Hofmeister, Ernst; Ulbricht, Mechthild (Hrsg.) „Von der Bereitschaft zum technischen Wandel“, Siemens AG, 1981.
- [16] Herzog, Roman: „Aufbruch ins 21. Jahrhundert“, Hotel Adlon, Berlin, 26. April 1997

Impressum

Scriptum ist eine Veröffentlichung des Historischen Archivs der Infineon AG am Standort München Campeon

Redaktion: Jörg Berkner

Bilder: Jörg Berkner (5) Historisches Archiv Infineon (5), Infineon (1), Deutsches Uhrenmuseum (1)

Ausgabe: Nr.42, April 2017, Version: d 2017-04-07

Copyright: Alle Rechte bei der Infineon Technologies AG. Die Rechte des Autors auf weitere Verwertung bleiben unberührt. Der Leser ist berechtigt, persönliche Kopien für wissenschaftliche und nicht-kommerzielle Zwecke anzufertigen. Jede darüber hinausgehende Nutzung bedarf der ausdrücklichen schriftlichen Zustimmung der Infineon Technologies AG.

Infineon Technologies AG

Vorsitzender des Aufsichtsrats: Wolfgang Mayrhuber

Vorstand: Dr. Reinhard Ploss (Vorsitzender), Dominik Asam, Dr. Helmut Gassel, Jochen Hanebeck, Sitz der Gesellschaft: Neubiberg

Registergericht: München HRB 126492

Bei Anmerkungen und Ergänzungen schreiben Sie bitte an j.berkner@infineon.com.