

Industrieforschung im Wandel

100 Jahre zentrale Forschung bei Siemens

Ulrich Eberl

In den vergangenen hundert Jahren haben technische Innovationen die Welt verändert – weit mehr, als sich ein Mensch um 1900 hätte träumen lassen. An vielen dieser bahnbrechenden Neuerungen waren Siemens-Forscher beteiligt. Seit das erste zentrale Siemens-Labor 1905 in Berlin gegründet wurde, hat sich auch die Industrieforschung extrem gewandelt. Siemens-Forscher von heute – darunter viele Physiker – haben die Märkte und die Kunden ebenso im Blick wie die Technologietrends und die Effizienz der Entwicklungsprozesse, sie arbeiten in interdisziplinären Teams und globalen Netzwerken und sie müssen oft zehn, zwanzig oder mehr Jahre voraus denken.

Von den zehn weltgrößten Unternehmen der Elektrotechnik kommen derzeit vier aus den USA, vier aus Japan, eines aus Südkorea und nur noch ein einziges aus Europa: Siemens. Nach Umsatz gerechnet liegt Siemens mit etwa 75 Milliarden Euro hinter General Electric und IBM auf Platz drei – genau genommen sogar auf Platz zwei, da General Electric zwar knapp 120 Milliarden

Euro Umsatz macht, aber „nur“ 31 Milliarden Euro mit Produkten der Elektrotechnik und Elektronik erwirtschaftet. Bei den Ausgaben für Forschung und Entwicklung liegt Siemens mit 5,1 Milliarden Euro (2004) sogar an der Spitze aller Unternehmen der Branche (Abb. 1).

Gerade die Betonung von Innovationen ist für die Firma seit der Gründung vor 158 Jahren eine der tragenden Säulen des Erfolgs: „Eine wesentliche Ursache für das schnelle Aufblühen unserer Fabriken sehe ich darin, dass die Gegenstände unserer Fabrikation zum großen Teil auf eigenen Erfindungen basieren ... dies gab uns immer einen Vorsprung vor unseren Konkurrenten, der gewöhnlich so lange anhielt, bis wir durch neue Verbesserungen abermals einen Vorsprung gewannen“, schreibt Werner von Siemens in seinen Lebenserinnerungen. Dies gilt auch heute noch: In den Patentstatistiken ist Siemens in Deutschland auf Platz Eins, in Europa Nummer Zwei und in den USA ebenfalls unter den besten Zehn. Im Jahr 2004 machten Forscher und Entwickler bei Siemens mehr als 8 200 Erfindungen, das sind etwa 36 pro Arbeitstag; zwei Drittel davon werden zum Patent angemeldet. Derzeit

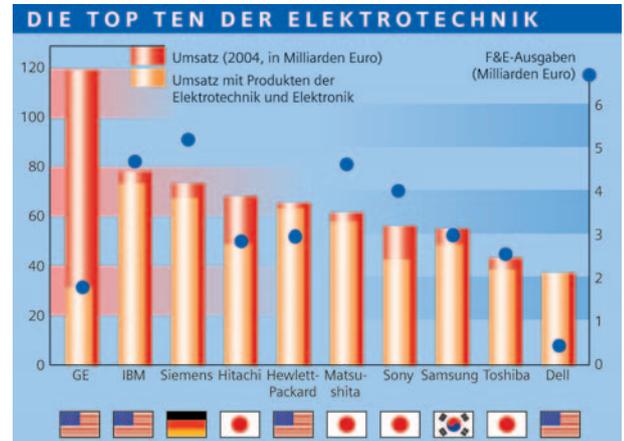


Abb. 1: Siemens liegt nach Gesamtumsatz auf Platz 3 der größten Elektrounternehmen, bei den F&E-Ausgaben weltweit sogar auf Platz 1.

beschäftigt Siemens über 103 000 Hochschulabsolventen mit einer Ausbildung in Naturwissenschaften, Informatik oder Ingenieurwesen – und jedes Jahr werden mehr als 10 000 neu eingestellt. Viele davon sind Physiker – in allen Bereichen des Unternehmens, insbesondere natürlich unter den insgesamt 45 000 Mitarbeitern, die in Forschung und Entwicklung tätig sind.

Viele Meilensteine der Elektrotechnik gehen auf Innovationen zurück, die in den Siemens-La-

Dr. Ulrich Eberl,
Leiter Innovations-
kommunikation der
Siemens AG, Wittels-
bacherplatz 2, 80333
München

Von der Tantallampe zur organischen Leuchtdiode

Bereits 1902 gelang es dem Siemens-Forscher Werner Bolton, Tantal zur Weißglut zu bringen und daraus haardünne, biegsame Drähte herzustellen, die wesentlich stromsparender waren als die Kohlefäden in den damals üblichen Glühlampen. Bis 1914 wurden weltweit 50 Millionen dieser Metallfaden-Glühlampen nach Boltons Verfahren hergestellt (Abb. links), und selbst in die Wolfram-Glühlampen-Fertigung flossen Boltons Patente ein. Heute findet ein Großteil der Innovationen auf dem Lichtsektor auf dem Gebiet der Leuchtdioden statt. Diese punktförmigen Lichtquellen dienen inzwischen dank ihrer hohen Effizienz, ihrer Lebensdauer von über 100 000 Stunden und der Entwicklung von Weißlicht-LEDs nicht nur als Anzeigelämpchen, sondern sie

sind auch als Rückleuchten und Ampeln in die Automobil- und Verkehrstechnik und in jüngster Zeit sogar in die Raumbeleuchtung vorgedrungen. Im Juni 2005 stellte die Siemens-Tochter Osram eine weiße LED vor, die mit einem Lichtstrom von 200 Lumen die weltweit hellste Leuchtdiode ihrer Art ist. Mit derartigen LEDs lassen sich auch riesige Fernseher verwirklichen: So baute Osram mit 1120 LEDs eine Hinterleuchtung für Flachbildschirme mit 82 Zoll Diagonale – so groß wie eine Tür. Und auch organische Leuchtdioden (OLED) sind auf dem Vormarsch: Sie bestehen aus elektrisch leitfähigen Kunststoffen, lassen sich in dünnen Schichten fertigen und bestechen durch ein selbst leuchtendes, kontrastreiches Bild, das aus allen Winkeln gleich



brillant ist. Osram stellt OLED-Displays für Handys, Haushaltsgeräte und Autoradios her (Abb. rechts). Auch elektronische Zeitungen sind denkbar – und sogar OLED-Leuchtfelder.

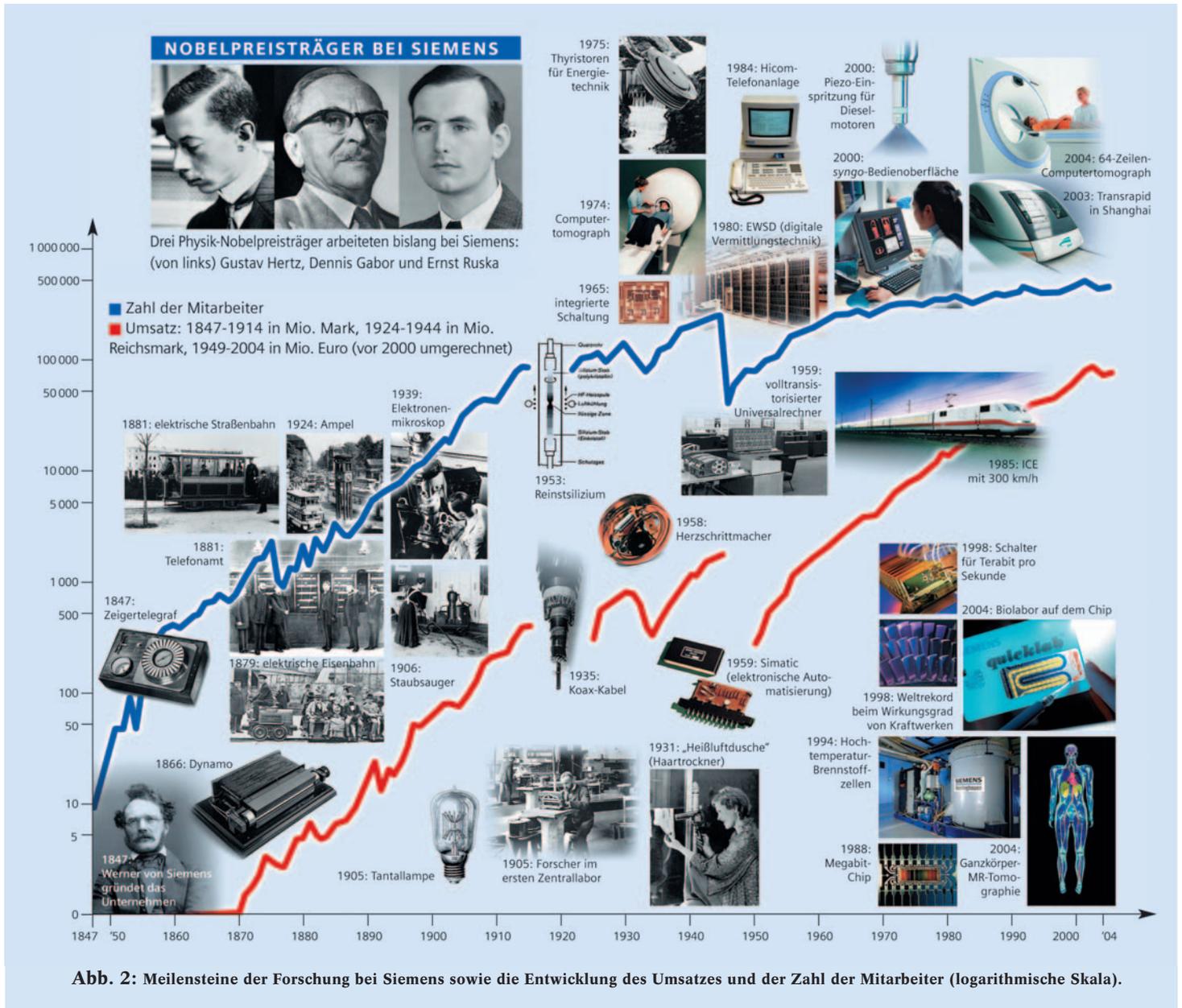


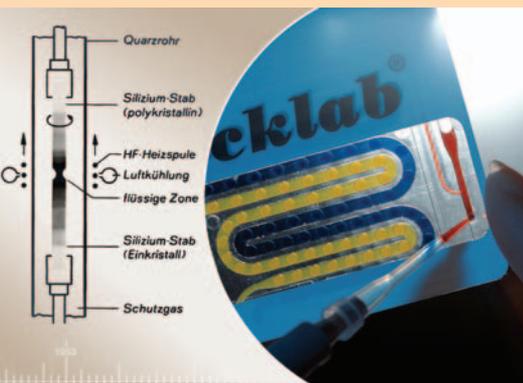
Abb. 2: Meilensteine der Forschung bei Siemens sowie die Entwicklung des Umsatzes und der Zahl der Mitarbeiter (logarithmische Skala).

Vom Reinstsilizium zum Biolabor auf dem Chip

Vor über 50 Jahren entwickelten Siemens-Forscher die Technologie, nach der heute noch der größte Teil der Weltproduktion von hochreinem Silizium hergestellt wird: durch zonenweises Erwärmen eines senkrecht stehenden Siliziumstabes in einem

Hochfrequenzfeld (Abb. links). So wächst rund um einen „Impfkristall“ ein ebenso perfekter Einkristall. Heute ist Silizium bei Siemens vor allem für hochintegrierte Mikrosysteme, so genannte MEMS (mikroelektro-mechanische Systeme), interessant. MEMS können Sensor, Logikprozessor und Aktor in einem sein. Die Verbindung nach außen übernehmen Funkwellen, etwa beim Siemens-Drucksensor für Autoreifen. Für Aufsehen sorgte 2004 auch quicklab, das Biolabor auf dem Chip (Abb. rechts). Es ist ein komplettes DNS-Analyselabor im Scheckkartenformat. Das Zusammenspiel von Elektronik und Biochemie auf kleinstem Raum ermöglicht schnelle Analysen direkt beim Arzt um die Ecke: Kapillarkräfte saugen dazu einen Blutstropfen durch die Kanäle des Chips. In kleinen

Kammern wird die Erbinformation aus den Zellen extrahiert, vervielfältigt und der eigentlichen Analyseeinheit zugeführt. 2004 erhielt der Siemens-Entwickler gemeinsam mit Kollegen vom Fraunhofer-Institut in Itzehoe und von Infineon den deutschen Zukunftspreis. Das Prinzip lässt sich auch erweitern, etwa für eine „Fabrik auf dem Chip“, an der bei Corporate Technology gearbeitet wird. Dazu gehören Sensoren und ein ausgeklügeltes System von Rohrleitungen, so fein wie ein menschliches Haar, in denen Chemikalien effizient zur Reaktion gebracht werden. Der Einsatz dieser Mikroreaktionstechnik ist überall dort sinnvoll, wo es um Fabrikation kleinster Mengen, hohe Effizienz und hohe Reinheit geht, also ideal für Biotechnologie, Pharmazie oder Feinchemie.



bors entwickelt wurden (Abb. 2). Drei Siemens-Mitarbeiter haben sogar den Physik-Nobelpreis erhalten: Gustav Hertz, der Neffe von Heinrich Hertz, hatte die höchste Auszeichnung für seine Arbeiten über die Wechselwirkung beim Zusammenstoß von Elektronen und Gasmolekülen (Franck-Hertz-Versuch) bereits in der Tasche, als er 1935 zum Leiter des eigens für ihn gegründeten Siemens-Forschungslaboratoriums II berufen wurde. Der Ungar Dennis Gabor, der in der Siemens-Stadt in Berlin über Gasentladungen und Plasmaphysik geforscht hatte, erhielt den Preis 1971 für die Erfindung der Holografie, und Ernst Ruska durfte ihn 1986 für sein Elektronenmikroskop entgegennehmen, das er bei Siemens Ende der 1930er Jahre zur Serienreife entwickelt hatte. Doch es sind auch etliche Siemens-Physiker ohne Nobelpreis berühmt geworden: Walter Schottky etwa, der fast 30 Jahre lang bei Siemens arbeitete und hier seine für die Halbleitertechnik so wichtige Randschichttheorie entwickelte, oder Heinrich Welker, der 1951 als Leiter der Festkörperphysik der Siemens-Forschung in Erlangen die III-V-Verbindungen entdeckte und analysierte – zu denen auch Galliumarsenid gehört, das bis heute aus Hochfrequenzbauteilen oder Halbleiterlasern nicht wegzudenken ist. Von 1969 bis 1977 leitete Welker die gesamten Forschungslabors von Siemens.^{*)}

Der Beginn der Elektrotechnik

Doch letztlich geht der hohe Wert, den Siemens auf Innovationen legt, auf Werner von Siemens selbst zurück, der diese Unternehmenskultur begründete. Sein erstes Patent erhielt er bereits 1842 für ein galvanisches Verfahren zur Vergoldung und Versilberung. Fünf Jahre später konstruierte er mit einfachsten Mitteln – Zigarrenkisten, Weißblech, Eisenstücken und Kupferdraht – einen Zeigertelegraphen, den selbst Laien mühelos bedienen konnten. Als „lächerlich einfach“ bezeichnete er seine Erfindung in einem Brief an seinen Bruder Wilhelm. Nur die britische Patentschrift lässt erahnen, wie systematisch er bereits die Eignung verschiedener Materialien für die elektrischen Kontakte untersucht hatte.

Was Werner von Siemens von vielen Forschern seiner Zeit unterschied, war sein visionärer Unternehmensegeist und sein Ziel, „ein Weltgeschäft à la Fugger“ zu errichten. Zusammen mit dem Mechanikermeister Johann Georg Halske gründete er am 1. Oktober 1847 die „Telegraphen-Bauanstalt von Siemens & Halske“ in Berlin. Ein Jahr später erhielt die junge Firma den Auftrag für die ersten Telegraphenlinien in Preußen. Das war der Durchbruch. Schon bald wurde Siemens international tätig, etwa beim risikoreichen Bau der indo-europäischen Telegrafienlinie, die 1870 in Betrieb ging und über 11 000 km von London nach Kalkutta reichte.

Eine Depesche nach Teheran benötigte damit nur noch eine Minute, nach Kalkutta 28 Minuten.

1866 entdeckte Werner von Siemens das dynamoelektrische Prinzip und begründete damit den Siegeszug der Elektrotechnik (übrigens ein Begriff, der auch auf Siemens zurückgeht). Damit wurde es möglich, elektrische Energie in großen Mengen wirtschaftlich zu erzeugen und zu verteilen. Siemens schuf so ein weiteres Standbein seines Unternehmens: von der Energieversorgung für die wachsende Beleuchtungstechnik bis zu Elektromotoren, etwa für die erste elektrische Eisenbahn (1879), den elektrischen Aufzug (1880) oder die Straßenbahn (1881). Unermüdlich für den Fortschritt eintretend, plädierte der Firmengründer für eine staatlich geförderte Grundlagenforschung, und 1887 wurde er in diesem Sinne Mitbegründer der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin – der Vorgängerin der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt. Außerdem hatte Siemens als Vorsitzender des „Deutschen Patentschutzvereins“ wesentlichen Anteil an der Entwicklung des Patentwesens.

^{*)} vgl. O. Madelung: Schottky – Spenke – Welker, Phys. Blätter, Juni 1999, S. 54

Die ersten Jahrzehnte der zentralen Forschung

Konsequenterweise gründete das Unternehmen dann – vor genau 100 Jahren, im Jahr 1905 – eine zentrale Forschungsstätte, das Physikalisch-Chemische Laboratorium in Berlin (Abb. 3). Es ist der direkte Vorläufer der heutigen zentralen Siemens-Forschung (Corporate

Vom Universalrechner zur „embedded intelligence“

Bei Siemens begann 1954 ein kleines Team von 16 Technikern mit der Entwicklung des weltweit ersten volltransistorisierten Universalrechners, des „Siemens Digitalrechners 2002“, der erstmals keine störanfälligen, platzfressenden Röhren mehr enthielt und 1959 in Serie ging (Abb. links). Wenig später begann die Entwicklung der Baureihe 3003 bereits mit integrierten Schaltkreisen. Diese Rechner waren auch als Prozessrechner für die Industrie geeignet. Nach und nach drangen die elektronische Datenverarbeitung und Software damit auch in die Fabrikautomation, Medizin-, Verkehrstechnik und Telekommunikation vor. Heute verrichtet so genannte „eingebettete“ Software weitgehend unsichtbar ihren Dienst, in Kühlschränken ebenso

wie in Autos oder Industrieanlagen (Abb. rechts). Wichtige Forschungsgebiete sind die Bildverarbeitung oder Data-Mining-Verfahren zur Filterung großer Datenmengen oder auch neuronale Netze, Fuzzy-Logik-Techniken und maschinelle Lernverfahren, die Siemens erfolgreich zur Optimierung von Prozessen in der Stahl- oder Papiererzeugung oder bei der Abwasserreinigung einsetzt. Ein weiterer Trend ist die zunehmende Komplexität der Software: Wie sie künftig möglichst bedienerfreundlich, fehlerfrei und kostengünstig gestaltet werden kann, ist eine der entscheidenden Herausforderungen für Software-Ingenieure. 1960 erzielte Siemens mit EDV-Anlagen Erlöse von 10 Millionen Mark. Zwanzig Jahre später war der Umsatz im Unternehmensbereich



Datentechnik schon auf 3,2 Milliarden Mark geklettert. Heute sind etwa 60 Prozent des gesamten Siemens-Umsatzes von 75 Milliarden Euro von Software in der einen oder anderen Form abhängig, und Siemens beschäftigt 30 000 Software-Spezialisten – mehr als die meisten großen Software-Unternehmen.

Technology). Wilhelm von Siemens, Werners Sohn, übertrug die Leitung von „Charlotte“, so der Spitzname des Laboratoriums, an den Chemiker Werner Bolton, der an neuen Materialien für Glühfäden forschte. Der Pionier der Lichttechnik ist der Erfinder der Tantallampe. Sie wurde millionenfach verkauft und gilt als



Abb. 3: Vor 100 Jahren gründete Siemens mit dem Physikalisch-Chemischen Laboratorium in Berlin die erste zentrale Forschungsstätte, in der beispielsweise an neuen Materialien geforscht wurde.

Vorläuferin der heutigen Glühbirne mit Wolframdraht.

Weitere Labore kümmerten sich um Fragen der Röntgenphysik, der Elektromedizin oder der Atomphysik. Die Grundlagen der Halbleiterphysik erkundete Walter Schottky, ein Schüler Max-Plancks, bereits in den 30er-Jahren. Eine kommerzielle Auswertung stand jedoch noch völlig in den Sternen. Nach dem Zweiten Weltkrieg trugen dann der Umzug des Halbleiterlabors ins Schloss Pretzfeld in der Nähe von Nürnberg und die Zusammenarbeit mit der in Erlangen angesiedelten Materialforschung erste Früchte:

Einem kleinen Team um Eberhard Spenke gelang die Herstellung ein-kristallinen Reinstsiliziums. Noch heute werden weltweit 80 Prozent des für Mikrochips so unentbehrlichen Stoffes nach diesem Zonenziehverfahren produziert. 1956 stellte Siemens die ersten Silizium-Leistungsgleichrichter der damals



unglaublichen Leistungsklasse 1000 Volt / 200 Ampere vor – gebräuchliche Selen-Gleichrichter widerstanden lediglich 30 Volt und 80 Ampere. Geforscht wurde auch auf den Gebieten Organische Chemie, Elektrochemie und Plasmaphysik. Die Arbeiten etwa zur Plasmaphysik ermöglichten es, die Technik für Hoch- und Mittelspannungsschalter sicher zu beherrschen, und die Erforschung supraleitender Materialien und von Magnetfeldern findet heute ihren Niederschlag in der Magnetresonanztomographie oder in besonders effizienten Schiffsantrieben.

Die vier Phasen der Industrieforschung

In den ersten Jahrzehnten war die Siemens-Forschung – wie auch die meisten zentralen Forschungseinheiten anderer Firmen der Branche – stark technologiegetrieben und weniger auf die schnelle Umsetzung in Produkte orientiert. Der Grund: Die Geburtsstunde mancher Technologien war gerade angebrochen, und es mussten erst grundlegende Lösungen entwickelt werden, etwa in der Nachrichtentechnik: Hier war einer der Pioniere Hans Ferdinand Mayer, der seit 1924 das „Siemens Laboratorium Fernsprechen im Weitverkehr“ und ab 1936 das Zentral-Laboratorium leitete. Er entwickelte unter anderem den „Echosperrerr mit Elektronenrelais“, um störende Echos bei Fernverbindungen zu beseitigen. Bahnbrechend war Mayers Erfindung der Trägerfrequenztechnik für Seekabel. Durch eine Mehrfachausnutzung von Land- und Seekabeln konnte die Zahl der gleichzeitig übermittelten Gespräche verdoppelt werden. Auch war Mayer an der Entwicklung der ersten Fernsehbreitbandkabel beteiligt. Bis 1962 entstanden unter seiner Ägide wesentliche Arbeiten zur Informationstheorie und der Miniaturisierung von Bauelementen. „Die Resultate ihrer Arbeit wurden damals den Forschern aus der Hand gerissen, weil die Umsetzung in Produkte noch relativ einfach war“, erinnert sich Karl-Ulrich Stein, ehemaliger Leiter des Zentrallabors Öffentliche Netze. Bis

Vom Zeigertelegraphen zum Multimedia-Mobilfunk

Vom Zeigertelegraphen, mit dem Werner von Siemens die Kommunikationstechnik revolutionierte (Abb. links), bis zu Internet und Mobilfunk war ein weiter Weg – auf dem aber viele Meilensteine

stehen, die in den Siemens-Labors entwickelt wurden: sei es die Verlegung von Seekabeln, die störungsfreie Informationsübertragung bei Fernverbindungen oder in jüngerer Zeit das Elektronische Wählsystem Digital (EWSD), das 1980 als erstes digitales Vermittlungssystem das analoge Vermittlungsverfahren ablöste. 1984 präsentierte Siemens zudem das private Kommunikationssystem Hicom, das den ISDN-Standard erfüllte und als erstes System alle Kommunikationsformen in einem Netz, auf einer Leitung und unter einer Rufnummer integrierte. 2001 demonstrierte Siemens einen Weltrekord bei der Datenübertragung: über 7 Terabit pro Sekunde über eine einzelne 50 Kilometer lange Glasfaser – das entspricht 100 Millionen simultan geführter

Telefongespräche. Und 2004 gelang im Siemens-Labor in München erstmals die Übertragung von einem Gigabit pro Sekunde über eine Mobilfunkstrecke – das sind rund 2500-mal mehr Daten, als man heute normalerweise per UMTS übermitteln kann. Dank leistungsfähiger Software werden Nutzer künftig unabhängig von Zeit, Ort, Netz und Apparat erreichbar sein, wenn sie dies wollen (Abb. rechts), egal ob per Internet, Mobilfunk oder Festnetz und unabhängig davon, ob im Hintergrund Standards wie WLAN, Ethernet, DSL, UMTS oder WIMAX stehen. Anwendungen auf Notebook und Handy suchen sich dann automatisch die schnellste oder kostengünstigste Verbindung. Fällt eine weg, wechseln sie nahtlos in die nächste.



in die 1960er-Jahre hatten die Forscher daher relativ viele Freiheiten und wenig Budgetzwänge.

Ab Mitte der 70er-Jahre wurde aber immer deutlicher, dass es nicht nur den „Technology Push“ gibt, sondern dass auch der Markt im Sinne eines „Market Pull“ neue Themen setzt. Ab diesem Zeitpunkt begann Siemens, die zentrale Forschung enger mit den Entwicklungsabteilungen der Geschäftsbereiche zu verzahnen – ein wichtiger Schritt in Richtung einer durchgängigen Innovationskette. In den 80ern bis Mitte der 90er-Jahre begann die dritte Phase im Wandel der Industrieforschung: Nicht zuletzt auch unter dem Druck des zunehmend globalen Wettbewerbs richtete sich die Aufmerksamkeit auf die F&E-Prozesse: Es ging darum, Forschungsergebnisse schneller und effektiver in Produkte umzusetzen. Und Mitte der 90er-Jahre kam zudem der Kundenfokus hinzu (Abb. 4): Bei jedem neuen Projekt wird nun bereits frühzeitig hinterfragt, welchen Kundennutzen es bringt – und zwar nicht nur im Hinblick auf heutige Kunden, sondern auch für die Kunden von morgen und übermorgen. Großes Augenmerk legt Siemens dabei auf die Nutzerfreundlichkeit. In Usability-Laboren in München, Princeton und Peking werden Produkte gemeinsam mit den Kunden auf ihre Bedienerfreundlichkeit getestet und weiterentwickelt.

Während der beiden letzten Phasen wurde auch die Entscheidung getroffen, dass die zentrale

Siemens-Forschung – also Corporate Technology (CT) mit seinen 1 800 F&E-Mitarbeitern – zu einem wesentlichen Teil als Know-how-Partner und Dienstleister für die Siemens-Bereiche agieren soll. Knapp zwei Drittel des F&E-Budgets der CT werden heute durch deren Aufträge akquiriert. Über die

Interdisziplinär und Global

Eine der wichtigsten Herausforderungen für Siemens-Forscher liegt heute darin, dass es keine dominierenden Einzeltechnologien mehr gibt. Meist geht es im Kern darum, verschiedene Technologien zu komplexen Systemen zu integrieren. Ein Beispiel hierfür ist das

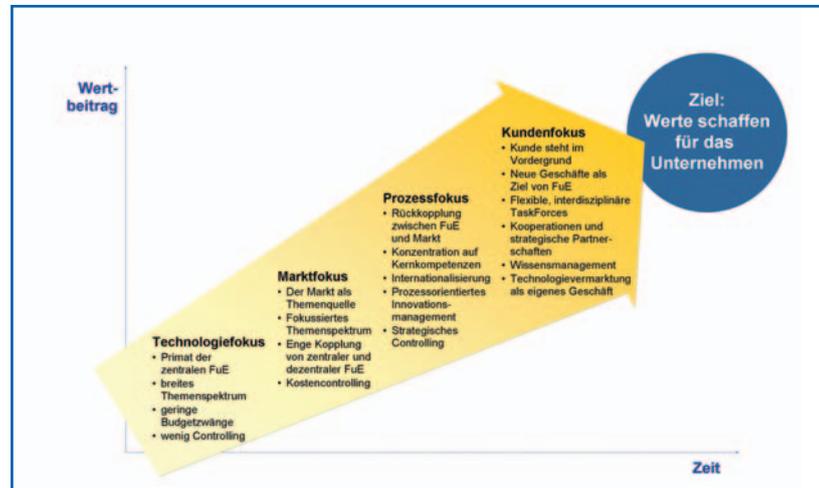


Abb. 4: Während die Forschung zunächst stark technologiegetrieben war, steht heute bereits sehr früh der Kundennutzen im Mittelpunkt der F&E-Prozesse.

restlichen 35 Prozent – immerhin etwa 80 Millionen Euro pro Jahr – bestimmt CT in eigener unternehmerischer Verantwortung weitgehend selbst und investiert in Gebiete, die als wichtig für die Zukunft von Siemens erachtet werden. Dieses Modell zwingt zur Fokussierung auf strategisch wichtige Technologien – und damit zur Effektivität – sowie zu einer engen Zusammenarbeit mit den geschäftsführenden Bereichen, was letztlich die Effizienz der Forschungsarbeit steigert.

Zusammenwachsen von Internet, Festnetz, TV und Mobilfunk, ein anderes die Mikrosystemtechnik, wo Sensoren, Aktoren und Software als „eingebettete Intelligenz“ zu einem Gesamtsystem verschmelzen, das dann womöglich auch noch über Kommunikationstechniken mit ähnlichen Systemen vernetzt wird – so entstehen ganze Biolabore auf einem Mikrochip oder selbstorganisierende Sensornetze für die Gebäudetechnik.

Vom Elektronenmikroskop zum 3D-Computertomographen

1939 gelang Ernst Ruska mit Bodo von Borries im Siemens-Labor in Berlin die Herstellung des ersten serienreifen Elektronenmikroskops – ein Meilenstein für Materialwissenschaftler, Biologen und Mediziner. Für Siemens begann damit der Einstieg in die Welt des Allerkleinsten und die Fertigung medizintechnischer Geräte. 1962 konstruierte Richard Soldner bei Siemens das erste Echtzeit-Ultraschallgerät für die medizinische Diagnostik, und zu Beginn der 70er Jahre führte die Kombination der Röntgen- und Computertechnik zur Computertomographie, bei der eine Röntgenquelle mit hoher Geschwindigkeit um den Patienten kreist. Computertomogramme zeigen viel feinere Kontraste als die konventionelle Röntgentechnik. 1974 brachte Siemens den ersten

von einer Röntgenfirma hergestellten Computertomographen auf den Markt (Abb. links, mit einem Schnitt durchs Gehirn, für den das Gerät fünf Minuten brauchte). Moderne Mehrschichtgeräte messen mehrere Schichten gleichzeitig – 64 sind es beim Somatom Sensation 64, dem schnellsten der Welt mit einer Auflösung von unter 0,4 Millimetern (Abb. rechts, mit einer 3D-Aufnahme, die in wenigen Sekunden erstellt wurde). Wesentlich für diesen Erfolg waren F&E-Ergebnisse wie spezielle Keramik-Detektoren, Fortschritte bei der 3D-Bildverarbeitung oder auch die Höchstleistungs-Röntgenröhre Straton, deren Entwickler für den deutschen Zukunftspreis 2005 nominiert wurden. Auch die Magnetresonanztomographie brachten Siemens-Entwicklungen



wesentlich voran, etwa mit Geräten, die dank einer neuen Spulentechnologie Ganzkörperaufnahmen von herausragender Schärfe liefern. Im Januar 2005 erhielten die Entwickler dafür den Innovationspreis der Deutschen Wirtschaft.

Für die F&E-Mitarbeiter bedeuten diese Trends: Sie müssen nicht nur leistungsbereit, erfolgsorientiert und teamfähig sein, sondern auch über den eigenen Tellerrand hinaus schauen, da immer mehr Innovationen in interdisziplinären, multi-kulturellen Teams entstehen. Eine

netzung mit der Scientific Community ist entscheidend für den Erfolg: So bestehen derzeit rund 450 Kooperationen zwischen CT und Hochschulen in aller Welt. Zugleich gibt es im Rahmen von nationalen und EU-Forschungsprogrammen über 100 Kooperationsprojekte mit mehr

München, Erlangen und Berlin gibt es als große Einrichtung seit über 25 Jahren das Forschungszentrum in Princeton, USA, mit 220 Wissenschaftlern, und in Großbritannien gehört das 1956 gegründete Forschungszentrum Roke Manor Research Ltd. mit 310 Wissenschaftlern seit 1990 ebenfalls zu Siemens. Derzeit werden weitere Forschungsstandorte in Bangalore, Indien, St. Petersburg und Moskau in Russland sowie Peking und Shanghai in China verstärkt. Zum einen geht es darum, dort präsent zu sein, wo die Märkte am stärksten wachsen und wo das Innovationsgeschehen sich am dynamischsten entwickelt. Zum anderen ist auch die Nähe der Forschung zu Produktionsstätten und Kunden notwendig, und die globale Präsenz erleichtert den Zugang zu gut ausgebildeten Fachleuten mit unterschiedlichen kulturellen Hintergründen – wichtig für den Aufbau interkultureller Teams.

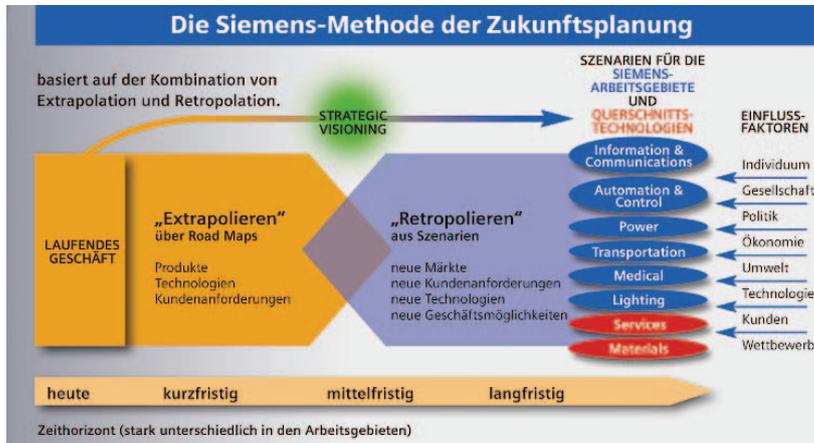


Abb. 5: Die „Pictures of the Future“ kombinieren den heutigen Blick nach vorne mit dem Blick zurück aus der Zukunft.

solide fachliche Grundlage ist natürlich Voraussetzung – technisches Wissen ergänzt durch Disziplinen wie Grundlagen der Betriebswirtschaft, der Kommunikation und dem vernetzten Denken in Prozessen. Industrieforscher sind heute einem hohen Kosten-, Zeit- und Qualitätsdruck ausgesetzt. Sie müssen sich immer fragen: Was hat der Kunde von meiner Entwicklung und wie lässt sie sich kostengünstig und schnell produzieren? Auch die Ver-

als 300 europäischen Firmen und Instituten, vor allem auf den Gebieten Informations- und Kommunikationstechnologien, Materialien und Werkstoffe, sowie Fertigungs-, Energie- und Verkehrstechnologien. Rund 250 Diplom- und Doktorarbeiten werden pro Jahr bei CT durchgeführt.

In jüngster Vergangenheit baut CT auch die Globalisierung der zentralen Forschung deutlich aus. Neben den deutschen Standorten

Innovationsstrategie Trendsetter

Letztlich hat die Innovationsstrategie von Siemens zum Ziel, in möglichst allen Geschäftsbereichen Trendsetter zu sein, denn nur als Trendsetter kann man die Spielregeln am Markt mitbestimmen. Das bedeutet nicht unbedingt, der Erste mit einem Produkt zu sein, sondern die technologische Führerschaft zu besitzen – also internationale Standards zu prägen, kostengünstige und flexible Plattformstrategien zu entwickeln, Synergien im Unterneh-

Vom Dynamo zum supraleitenden Motor

Am Beginn der Elektrotechnik steht die Erfindung des Dynamos durch Werner von Siemens im Jahr 1866/67 (Abb. links). In Verbindung mit einer Dampfmaschine erzeugte er Gleichstrom, der ideal war,

um die damals üblichen Bogenlampen mit Energie zu versorgen – so entstanden die ersten Energieversorgungsunternehmen. Speiste man umgekehrt Strom in den Dynamo, verwandelte er sich in einen zugkräftigen Motor – der Auftakt für die Elektromotoren, die später Eisenbahnen, Aufzüge oder Autos antrieben. In den 1920er-Jahren begann Siemens neben Generatoren und Transformatoren auch die dazugehörigen Dampfturbinen zu bauen. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden zudem Gasturbinen zur Serienreife entwickelt, bei denen brennende Gase direkt schnell rotierende Turbinenschaufeln antreiben. Dank moderner Werkstoffe und 3D-Simulationsverfahren liegen die Wirkungsgrade heutiger kombinierter Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerke schon

nahe 60 Prozent. Diese Entwicklung dauerte allerdings Jahrzehnte – ähnlich lange wie die Verbesserung von Brennstoffzellen oder supraleitenden Motoren (Abb. rechts). So haben Siemens-Forscher im August 2005 den weltweit ersten Generator mit Hochtemperatur-Supraleitern in Betrieb genommen, der mit seiner Leistung von vier MegaVoltAmpere eine luxuriöse Motoryacht von 50 Metern Länge mit Strom versorgen und antreiben könnte. Sein Gewicht und sein Volumen sind gegenüber konventionellen Generatoren um die Hälfte geringer. Unter dem Schiffsrumpf könnten supraleitende Motoren zudem als sparsame und kompakte Kraftquellen in drehbaren Gondeln die Wendigkeit von Schiffen deutlich verbessern.



men zu nutzen, global präsent zu sein und sein Know-how durch eine kluge Patentstrategie abzusichern. Und es bedeutet auch, langfristig die Richtung vorzugeben – also die Zukunft strategisch zu planen. Dafür setzt Corporate Technology zusammen mit den Geschäftsbe-
reichen das Verfahren der so genannten „Pictures of the Future“ ein (Abb. 5). Das ist im Kern eine Kombination von zwei komplementären Betrachtungsweisen: Beim Blick nach vorne, der Extrapolation, werden die derzeit bekannten Technologien und Produktfamilien in die Zukunft fortgeschrieben. Die Retropolation verfolgt den umgekehrten Ansatz. Man versetzt sich in Gedanken weit voraus in die Zukunft – je nach Branche um zehn, 20 oder 30 Jahre. In diese „inszenierte Zukunft“ fließen gesellschaftliche, politische, ökologische und ökonomische Trends ein, etwa die demographische Entwicklung einzelner Regionen oder die Veränderung von Ressourcen. Hier gehen auch die gesellschaftspolitischen Trendstudien ein, die Siemens europaweit unter dem Begriff „Horizons2020“ durchgeführt hat. Aus der Zukunft wirft man dann wieder den Blick zurück, um zu sehen, welche Produkte, Lösungen und Dienstleistungen zu welchem Zeitpunkt verfügbar sein sollten. Aus der Zusammenführung von Extra- und Retropolation entstehen letztlich in sich konsistente Bilder der Zukunft – die Pictures of the Future –, die Siemens nutzt, um Trends mit

hohem Wachstumspotenzial und großer Breitenwirkung zu identifizieren und neue Geschäftsmöglichkeiten zu analysieren.

Woran werden Siemens-Forscher in 20 Jahren tüfteln? Vor allem wird es darum gehen, Lösungen für die globalen Herausforderungen und Megatrends zu entwickeln: Die Bevölkerung wächst, der Verkehr wird dichter, die Menschen in den Industrienationen werden immer älter, die Ressourcen knapper und die Zahl der Megacities nimmt zu. Zwei wesentliche Forschungsgebiete werden dabei auch in den nächsten Jahren eine große Rolle spielen: Auf der einen Seite innovative Materialien und Materialsysteme, die von der Nanotechnik über Biochips bis zu intelligenten Sensoren und Aktoren reichen. Auf der anderen Seite moderne Informations- und Kommunikationstechnologien, die sämtliche Industriebranchen und Lebensbereiche durchdringen werden. All diesen Herausforderungen kann nur mit innovativen, interdisziplinären Lösungen begegnet werden. In jedem Fall wird dabei die Elektrotechnik eine wichtige Rolle spielen und Siemens ist dank seiner breiten Aufstellung hier so gut positioniert wie kaum ein anderes Unternehmen – auf allen für die Bedürfnisse des Einzelnen so wichtigen Feldern wie Energie und Kommunikation, Verkehr und Gesundheit, Gebäude und Licht, Haushalt und Industrie.

Links und

Literaturhinweise:

- ▶ www.siemens.de/innovation (F&E-Internetportal von Siemens)
- ▶ www.siemens.de/pof (F&E-Zeitschrift „Pictures of the Future“)
- ▶ www.ct.siemens.de (Internetseiten von Corporate Technology)
- ▶ www.siemens.de/siemensarchiv (historische Informationen über wichtige Persönlichkeiten, Innovationen, Meilensteine bei Siemens)
- ▶ Ernst Feldtkeller, Herbert Goetzler: Pioniere der Wissenschaft bei Siemens, Publicis MCD Verlag, Erlangen (1994) – 187 Seiten
- ▶ Wilfried Feldenkirchen: Siemens – von der Werkstatt zum Weltunternehmen, Piper Verlag, München (2003) – 455 Seiten

Der Autor

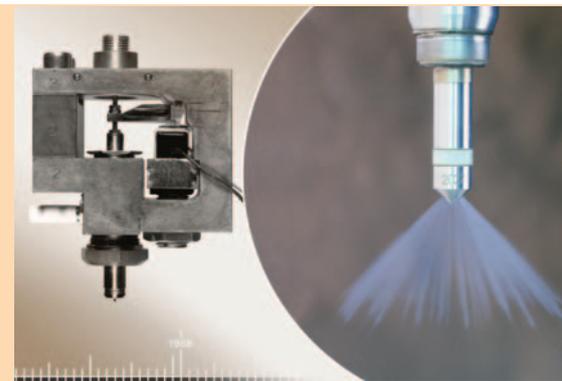
Ulrich Eberl, Jahrgang 1962, studierte an der TU München Physik und promovierte 1992 mit einer Arbeit zu den „Primärprozessen der Photosynthese“. Von 1992 bis 1995 arbeitete er für die Technologiepublikationen von DaimlerBenz, seit 1996 ist er in der Unternehmenskommunikation von Siemens tätig – derzeit als Leiter der weltweiten Innovationskommunikation. Seit 1988 schreibt er darüber hinaus für die verschiedensten Zeitungen und Zeitschriften als Wissenschafts- und Technikautor – mit Themen von der Nanotechnik über die Weltraumfahrt bis zu den Hightech-Ausgrabungen in Troja.



Piezotechnik – ein Prinzip, tausend Anwendungen

Bereits in den 1960er-Jahren beschäftigten sich Siemens-Forscher intensiv mit Piezomaterialien. Um möglichst viele Telefongespräche pro Kabel übertragen zu können, entwickelten sie damit extrem stabile und trennscharfe Frequenzfilter. Ab 1972 wurden piezokeramische Folien in Telefon-Mikrofonen verwendet, später als Lautsprecher und heute auch als Buzzer für Klingeltöne. Weitere Entwicklungen: Piezo-Wandler für die Ultraschall-diagnostik, Oberflächenwellenfilter für Fernseher und Handys, Klopfensensoren für Autos sowie Miniaturmotoren. Auch die ersten Tintenstrahldrucker, bei denen die Tinte aus Piezo-Röhrchen ausgestoßen wurde, entstanden bei Siemens. Anfang der 80er-Jahre entwickelten Siemens-Forscher erste Ideen für Piezo-Einspritzven-

tile (Abb. links; ein Prototyp von 1988) – doch es sollte bis Herbst 2000 dauern, bis sie in Dieselmotoren zum Einsatz kamen. Siemens VDO Automotive wurde damit aus dem Stand Technologieführer. Piezo-Einspritzdüsen lassen sich viel präziser steuern als Magnetventile, sodass der Treibstoff während eines Motorzyklus in mehreren, genau dosierten Portionen eingespritzt werden kann (Abb. rechts). Das kann den Verbrauch deutlich reduzieren; auch die Emissionen sinken. Allerdings müssen dazu Hunderte von 0,08 Millimeter dünnen Schichten aus Blei-Zirkonat-Titanat aufeinandergestapelt und durch Lagen aus Metall getrennt werden. Legt man an jede Lage eine Spannung von 160 Volt an, dehnt sich der Stapel innerhalb von Bruchteilen einer tausendstel Se-



kunde um 0,04 Millimeter. Die Kraft, die der kleine Klotz dabei ausübt, reicht, um 220 Kilogramm zu stemmen. Inzwischen setzen alle Autohersteller und Zulieferer auf diese Technologie – künftig auch für Benzinmotoren –, und die Entwickler bei Siemens und Bosch wurden für den Deutschen Zukunftspreis 2005 nominiert.