

IHF – Fast 50 Jahre*

H. J. Schmitt, B. Rembold

Ein Rückblick auf die Geschichte des Institutes ist natürlich eng verwoben mit dem Jubilar, nur nicht ganz so rund, denn das Institut ist genau genommen erst 49, eben nur fast 50. Zum 25. gab es schon einmal ein Jubiläum, damals, in Anbetracht der schwierigen Verhältnisse an den Hochschulen, mit einem skeptischen Ausblick: Ob in weiteren 25 Jahren überhaupt noch mal so ein Fest zu feiern wäre! Dies ist nun doch so gekommen, nicht ein Verdienst der Klugheit der Ministerien, sondern eher ein Erfolg der Macht des Faktischen. Technik und vor allem auch die Hochfrequenztechnik bilden nun mal das Fundament spektakulärer Entwicklungen in der Kommunikations- und Informationstechnik, der modernen Sensorik, Radar und biomedizinischen Methoden. Hochfrequenzgeräte sind in Haushalt und Auto eingedrungen.

Unser Institut hat an diesen dramatischen Entwicklungen intensiv teilgenommen

- unzählige große Vorlesungen über Hochfrequenztechnik und Bauelemente, haben über die Jahre mehr als 20.000 Studenten erreicht.
- Spezialvorlesungen zur Vakuumelektronik, Schaltungstechnik, Optik, Antennen (durch von Winterfeld), Kernspintomographie (durch Vlaardingerbroek) und neuerlich medizinische Optik haben die Kenntnisse vertieft und sich z. T. in Buchform niedergeschlagen.
- 2.500 Diplom- und Studienarbeiten wurden durchgeführt und 120 Promotionen von Absolventen, die heute ein "Who is Who" der Hochfrequenztechnik in Hochschulen und in der Industrie bilden.

Das Institut ist dabei aus kleinsten Zellen hervorgegangen. Herr Döring, 1952 als 4. Ordinarius für Elektrotechnik berufen, startete mit Leihräumen im Rogowski-Institut. Später, in der Wüllnerstraße wurden wegen des rapiden Wachstums bereits Toiletten als Laborräume umfunktioniert. Die Zahl der Studenten an der RWTH betrug zwar nur 5.000, trotzdem wurde es in der Elektrotechnik rasch eng, Diplomanden mußten z. T. in Gängen arbeiten. 1957 kam der entscheidende Schritt zur Einweihung des FT-Gebäudes (Bild 1) mit 12 Assistentenstellen, Werkstatt und Service. Über 30 Mitarbeiter zeigt das Bild 2 von 1976. Nach 28 Jahren kam 1980 der erste Wechsel in der Leitung.



Bild 1



Bild 2

*Vortrag gehalten am 16. Februar 2001 von em. Prof. Dr. rer. nat. H. J. Schmitt bei einem Festkolloquium in der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen aus Anlaß des 50. Gründungstages des Institutes für Hochfrequenztechnik der RWTH Aachen

Das Bild 3 zeigt den Vorläufer Professor Grösser, Herrn Döring und Schmitt als Nachfolger. Die Zahl der Studenten betrug jetzt fast 30.000, für das Institut aber nur noch 10 Assistenten vom Land. Die Lage wurde kritisch Mitte der 80er Jahre mit über 900 Neuzugängen pro Jahr, zeitweise über 4.500 Elektrotechnik-Studenten. Vorlesungen mußten z. T. doppelt gelesen werden. Dafür gab es aber NAZ-Mittel (Notausbildungszulage) für wissenschaftliche Hilfskräfte und Geräte. Anfang der 90er Jahre dann der drastische Rückgang der Ingenieur-Studenten, der sich jetzt für uns mit ca. 325 gerade wieder erholt. Für das Institut kam der nächste Wechsel 1996 mit der Berufung von Professor Rembold als Instituts-Direktor (Bild 4). Die Zahl der Landes-Assistenten sank auf 7. Irgendwie erinnert das an die kleinen Negerlein, die auch sukzessive immer weniger wurden und irgendwann vielleicht einmal Null. Hier könnte man Karl Kraus zitieren: "Ich hoffe, es kommt nicht so schlimm, wie es ist!" Durch Drittmittel und Gastforscher konnte dieser Rückgang mindestens z. T. ausgeglichen werden.



Bild 3



Bild 4

Die fachliche Orientierung des Institutes folgte den Trends der wissenschaftlich/technischen Entwicklung. Im Laufe der 50-jährigen Geschichte sind dabei zyklusartig immer neue Bereiche aufgegriffen worden (Bild 5):

1. Am Anfang die Röhren, aktive Elemente, Hohlleiter und koaxiale Systeme sowie entsprechende Schaltungstechnik.
2. Es folgte die Revolution durch die Halbleiter - auch für hohe Frequenzen - mit der Konsequenz einer neuen planaren Schaltungstechnik: MIC's in Hybrid oder monolithischer Form, Basis aller modernen Gerätetechnik.
3. In den 70er Jahren kam der Laser aus den Kinderschuhen, nachdem er lange als "solution in search of a problem" angesehen war. Optik begann eine neue Blüte, mit Laserdioden, Glasfaser für Tera-bit-Kapazität
4. Und letztlich erleben wir eine Re-juvenierung der Funktechnik, Handys für eine "nomadische" Menschheit, mit Problemen der Ausbreitung, der Antennen und der biologischen Verträglichkeit.

1) Die Röhren stehen mit Recht am Anfang, denn gemäß dem Motto von Lichtenberg, "geht alles Wichtige im Leben durch Röhren". Er meinte damit wohl mehr diverse biologische Kanäle, aber für die Technik stimmte das eben genauso. Aus dem Röhrengebiet, stellvertretend für viele, ein Bild der Promotion von Dr. Kupferschmidt, "längstjährigem" Mitarbeiter des Institutes, über "Messung elektronischer Leitwerte bei cm-Wellen" (Bild 6). Die Forschungen gipfelten in Untersuchungen über neue Typen von Laufzeitröhren mit der Arbeit von Frau Yu Wei über Gyrotrons (Bild 7), von denen man sich große Fortschritte bei der

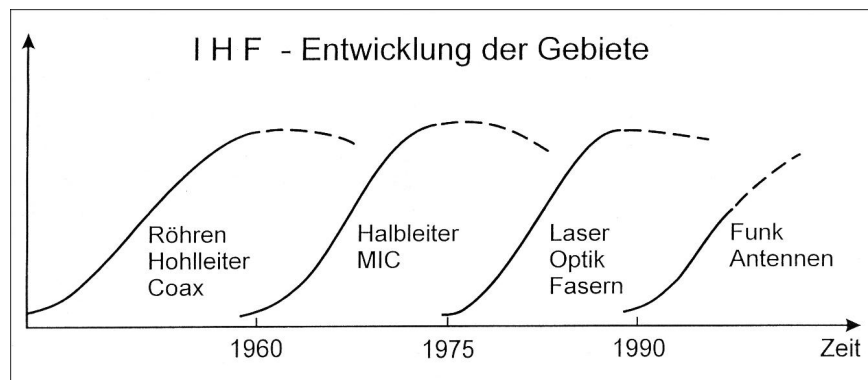


Bild 5



Bild 6



Bild 7

Fusion verspricht. Frau Wei wurde schnell Professorin, Department-Head, Präsident der South-East-University in Nanjing und ist heute Vize-Ministerin für Education der Volksrepublik China in Beijing. Das Museum wurde durch ein Riesen-Klystron, die Petra-Röhre mit über 600 kW bereichert, die gar nicht so leicht vom Spezial-Laster abzuladen war (Bild 8). Das schöne Gestell, auf dem sie jetzt ruht, ist ein Entwurf unseres Werkstatt-Chefs, Herrn Dorscheid.

Anwendungen der Hohlrohrtechnik bildeten vor allem die Messungen von Materialeigenschaften, Dielektrika, Ferrite usw. bei Mikrowellen. Das Bild 9 zeigt einen typischen Hohlleitermeßplatz, mit dem seinerzeit Herr Brand, Herr Ermert u. a. experimentierten. Neue Zirkulatoren wurden von Pivit entwickelt. In den 80er Jahren wurden Koaxialleitungen als Methanol-Sensoren benutzt, ein Auftrag vom FEV in Aachen, heute hochaktuell im Zusammenhang mit alternativen Fahrzeugantrieben. Ganz applikativ wurde es dann, als eine Zeitung schrieb: "Im ganzen Institut roch es nach Kaffee", ein prinzipiell gelungener Versuch, den Röstprozeß mit Mikrowellenöfen zu vereinfachen!

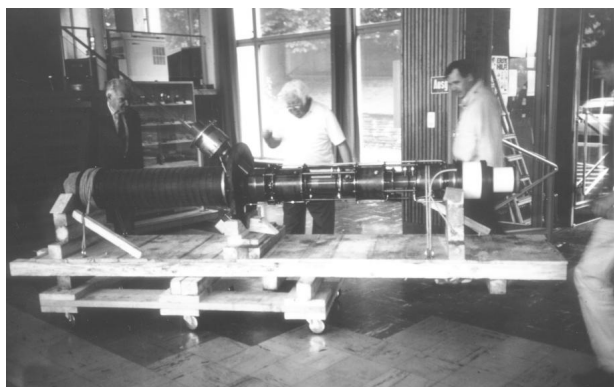


Bild 8

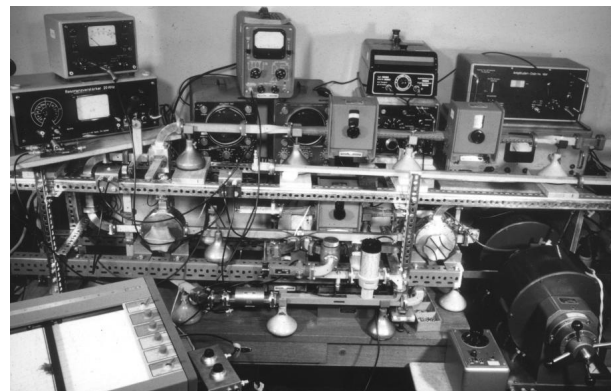


Bild 9



Bild 10

Parallel zu den mehr applikativen Arbeiten wurden grundlegende Ergebnisse zur allgemeinen Schaltungstechnik erforscht. Herr Butterweck (Bild 10) führte den neuen Begriff der "Wellenquelle" zur Matrixbeschreibung von Leitungseffekten ein und Herr Brand brachte 1970 das Standardwerk über "Schaltungstheorie linearer Netzwerke" heraus. Für mm-Wellen wurde die Meßtechnik später ergänzt durch die sog. 6-Tor-Technik. Diese sehr raffinierte, aber etwas komplizierte Messung dauerte immer furchtbar lange, was Herr Malkomes entschuldigte: sie wären eben nichts für eilige Leute! Aber damals notwendig für Messungen bei 40 GHz und mehr.

2) Mit dem Aufkommen der Halbleiter wurde eine neue Ära eingeläutet. Im Institut startete sie mit Beneking, die Aktivitäten mündeten in einem eigenen Lehrstuhl, der sich später verdoppelte und heute durch Herrn Heime und Herrn Kurz besetzt wird. Hier liegen damit sozusagen auch die tieferen Wurzeln der "Ahnentafel" neuerer Aachener Glanzlichter "Aixtron" und "Amica".

HF-Rauscheigenschaften wurden im Faraday-Raum des Institutes gemessen, Anwendungen Zur Frequenzumsetzung etc. von Büchs untersucht. Die mit den Halbleitern möglich gewordene elegante Schaltungstechnik: das Gebiet der MIC-Technik wurde vor allem von Wolf, heute Rektor der Universität Duisburg, und später Jansen bearbeitet mit tatkräftiger Unterstützung durch die Technologie von Herrn Horsch und die DFG. Streifenleitungen, Schlitzleitungen, Fin-Leitungen bildeten die Basis planarer Integration und den automatisierten Entwurf und Analyse kompletter Schaltungen. Aus der Fülle der Arbeiten auf diesem Gebiet zeigt das Bild 11 die Promotion von Herrn Boukamp mit unserem jetzigen Dekan, Herrn Jansen, als Mit-Referent. Auch die Frage höherer Mikrowellenleistungen in Halbleitern wurde angegangen und mit Philips zum Betrieb elektrodloser Lampen (Bild 12) untersucht, woraus sich ebenfalls mehrere Doktorarbeiten, teils bei Philips und teils intern entwickelten.



Bild 11

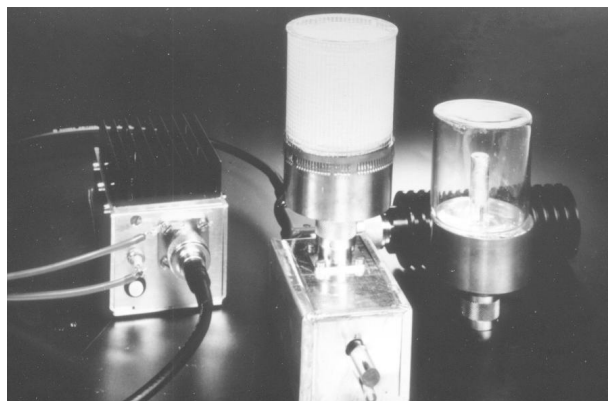


Bild 12

3) Die Zeit der optischen Leitungen, der Glasfasern, begann in den 70er Jahren. Der immer höhere Bedarf an Übertragungskapazität führte zu Rekorden, die heute bei Mehrwellen-

längenbetrieb 10 Tera-bit/s erreichen, entsprechend mehr als einer Milliarde gleichzeitiger Telefonate: Ein weitgehender Ersatz der althergebrachten Kupfertechnik und, zumindest über weite Strecken, auch der Satellitenübertragung. Die Entwicklung läuft parallel zu Trends der Elektrotechnik

from high current
to low current
to no current.

Dem trägt die Fakultät seit Beginn 2000 Rechnung durch den neuen Namen "Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik". Wichtig war nun u. a. auch, die Handhabung der delikaten Fasern zu lernen, für die Telekom, aber auch für uns, insbesondere ihr Zusammenspleißen. Hierfür wurden im IHF fortschrittliche, automatisierte Geräte gebaut, die auch fast immer funktionierten, allerdings nicht bei einem kritischen Test mit Frau Brunn, der damaligen Wissenschafts-Ministerin. Als Gast im Institut wurde ihr ein Spleiß vorgeführt, den sie, geübte Hausfrau, gleich testete wie bei einem Nähfaden, ruck-zuck, was dem Spleiß leider nicht bekam. Schwerpunkte bildeten die optische Meßtechnik und Aspekte der integrierten Optik, z. B. für optische Isolatoren (Bild 13).

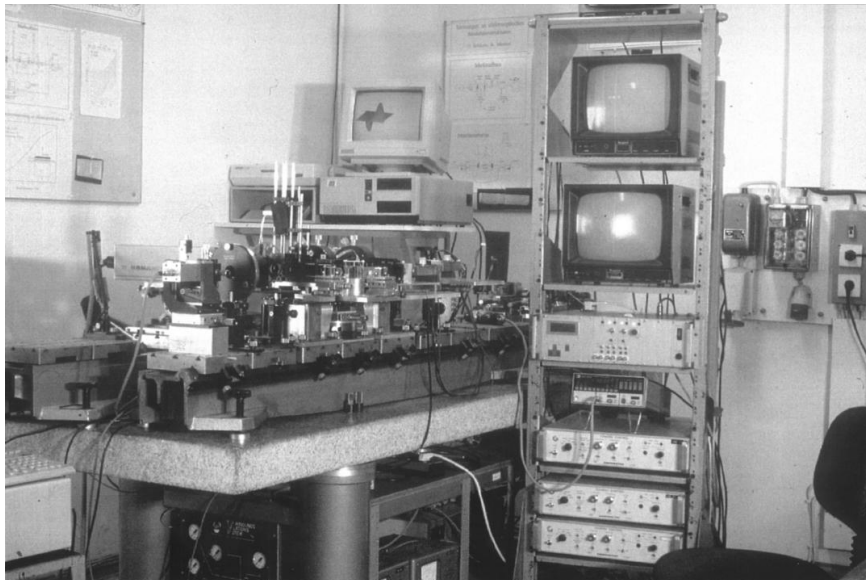


Bild 13

Mikrostrukturen zur Fortleitung in integriert optischen Systemen erforderten, wie schon für die MIC's, neue komplexe Berechnungsverfahren, wie Finite Element Methode (FEM) und Finite Differenz Methode (FDM). Die Unterschiede bleiben, auch für den Fachmann immer etwas subtil. Aber diese Problematik wurde von uns elegant gelöst. Herr Hofer promovierte mit FDM, hatte aber seine Folien bei der Prüfung vergessen. Herr Thorweihe promovierte mit FEM und hatte alles dabei, woraus als markanter Unterschied hervorgeht, die FEM arbeitet mit, FDM ohne Folien! Interesse an optischen Phänomenen hatte dabei eine lange Tradition im Institut. Schon früh hat sich Herr Hill, heute Sprecher der Professoren der Fakultät, mit optischen Modulatoren befaßt. Das Bild 14 zeigt ihn nach einer offensichtlich erfolgreichen Messung. Später wurden die Meßapparaturen immer komplexer, wie z. B. die Anlage zur Messung integriert optischer Modulatoren, die zusammen mit dem Institut von Professor Heime erforscht wurden. Die aufwendigen Geräte waren überwiegend von Philips geerbt.

Im Hintergrund stand bei uns latent die Frage der Konkurrenz. Unser Nachbar, Professor Lücke, codierte alles auf 8 kbit/s oder weniger, wir dagegen offerierten Tbit. Braucht man



Bild 14

die dann eigentlich? Die Frage scheint heute klar, man braucht beides. Auf eine Minidisc komprimiert passen 5 Stunden Musik, aber Interesse an Multimedia und Internet erfordert immer mehr Kapazität. Zig Millionen Faserkilometer sind gelegt, in den USA heißt es, daß man neben einer Straße keinen Spatenstich machen kann, ohne auf eine Glasfaser zu stoßen.

Ein besonders interessantes Feld stellt die Licht-Reflexionsmessung dar, z. B. in CD-Spiellern, an Super-Markt-Kassen, zur Messung von Abstand und Rauigkeit, z. B. auch von Straßenbelägen (Vogtmeier, 1998). Für das Institut herausragende Bedeutung erwächst aus der Anwendung in der Medizintechnik. Neue Methoden der optischen Tomographie, sog. OCT, sollen eine nichtinvasive Diagnostik innerer Bereiche mit Infrarot-Licht ermöglichen. Mit Hilfe

neuer, abstimmbarer Laserquellen wurden bestehende Grenzen der Auflösung und Eindringtiefe durch Haberland und Hölscher verbessert. Große praktische Bedeutung hat bereits die von Blazek initiierte Infrarot-Sensorik der Hautdurchblutung, insbesondere bei venösen Störungen gewonnen (Bild 15). Neben einer Reihe von Dissertationen, Mühl, Rütten, Such, Gaelings, sind in Zusammenarbeit mit der Industrie Geräte entwickelt worden, die mehr tausendfach Anwendung bei Phlebologen und Dermatologen gefunden haben. Dieses Gerät wurde übrigens auch an Frau Brunn erprobt und zeigte eine gesunde Venendynamik der Ministerin. Dem Fortschritt auf diesem Gebiet, auch der Anwendung auf arterielle Phänomene, ist eine eigene internationale und interdisziplinäre Tagung alle 1 $\frac{1}{2}$ Jahre gewidmet, wo sich Mediziner und Techniker zusammenraufen.

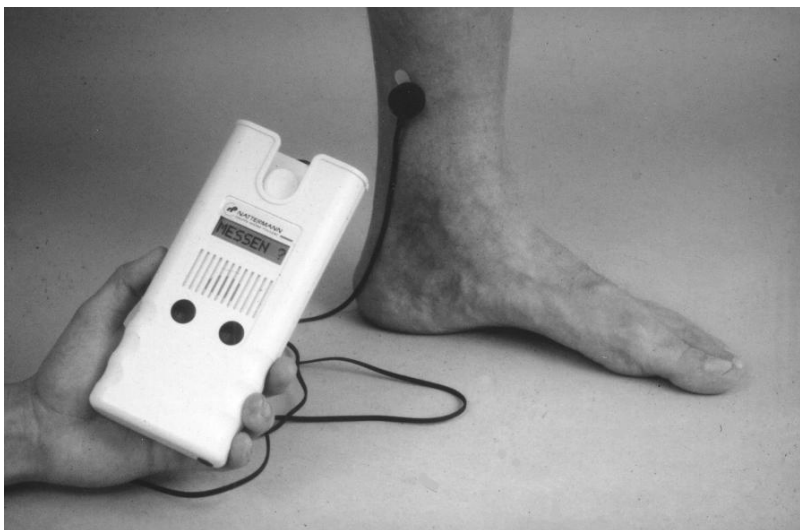


Bild 15

4) Das neuerliche Interesse an der Funktechnik folgt aus dem gegenwärtigen Trend zum Mobilfunk und der Frage, wie die sog. "letzte Meile" zum Kunden überwunden werden kann. Funk stand natürlich schon immer zur Diskussion seit Heinrich Hertz, der allerdings, so wird berichtet, selbst nicht so recht an weite Übertragung glaubte. Es war wohl Marconi, der

einem Zweifler den Vorteil so eindrucksvoll erklärte: Für Leitungen stelle man sich einen ganz langen Dackel vor mit Schwanz in Chicago und Schnauze in New York. Wenn man den am Schwanz zwickt, bellt er in New York. Und mit Funk ist das genauso, nur ohne Dackel! Das Bild läßt sich auch auf moderne Netze und bidirektionale Systeme erweitern: Hält man dem Dackel in New York einen Knochen vor die Nase, wedelt in Chicago der Schwanz, beim Radar auch ohne Dackel.

Mobilfunk funktioniert per definitionem ohne Dackel. Wesentliches HF-Element ist die Antenne, gewissermaßen das einzige klassische HF-Element, das übrig bleibt, der Rest Digitaltechnik, allerdings auf einem Abtastniveau, das streng genommen auch bereits in den Hochfrequenzbereich hineinragt. Neue Arbeiten über Strahlungseigenschaften von Streifenleitungsstrukturen für Basis-Stationen (Engeln, 2000) und mobile Stationen wurden angegangen, Antennen mit schwenkbarer Strahlung und in konformer Geometrie wurden untersucht, u. a. von Herrn Heberling. Solche Antennen müssen vermessen werden und als arme Leute konnte sich das Institut zunächst nur einen kleinen, reflexionsfreien Raum leisten, zur Messung des Nahfeldes, um daraus per Computer-Fourier-Transformation das Fernfeld zu berechnen. Mit der Neuberufung Mitte der 90er Jahre wurde das Institut durch geschickte Verhandlungen reicher, der Weg zu einer großen Meßkammer eröffnet (Bild 16), die jetzt wie ein Sahnehäubchen das Dach des Institutes ziert. Der Schwerpunkt des Interesses liegt bei Anwendungen für Kleinzellen. Mobilität und Nahverbindungen lassen sich besonders ökonomisch durch "hopping" über kleine Zellen mit sog. "smart antennas" erreichen, denen elektronisch gesagt wird, wohin sie gerade gucken sollen, klein, elektronisch rasch steuerbar und preiswert. Am Institut laufen eine Reihe interessanter Arbeiten hierzu, ergänzt durch Untersuchungen zur Analyse und Vorhersage der Ausbreitungsbedingungen, z. B. entlang Straßen, in Büros etc., mit modernen Verfahren des Ray tracing und Monte Carlo Simulation, die in umfangreichen Meßreihen am Beispiel unseres Institutes überprüft wurden (Bild 17). Abschätzung der Dämpfung und Laufzeitunterschiede geben Hinweis zur optimalen Positionierung der Stationen. Die Probleme bei extrem rasch bewegten Stationen, z. B. beim "Transrapid", der zunächst wohl in Shanghai "schweben" soll, werden von Herrn Fischer angegangen.

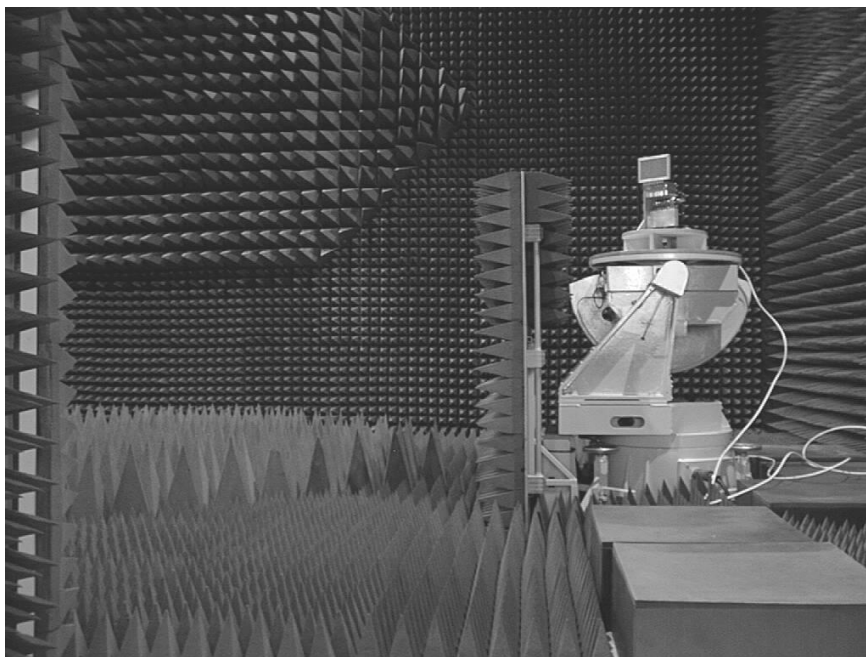


Bild 16

Antennenfragen spielen aber auch eine entscheidende Rolle auf ganz anderem Gebiet, der modernen NMR Technik. Für höhere Auflösungen werden immer stärkere Magnetfelder be-

nötigt und damit höhere Meßfrequenzen. Der Rekord für humane Anwendungen liegt jetzt bei 7 Tesla, mehr kann man auch kaum ab. Dem entspricht eine Meßfrequenz von 280 MHz, die über Array-Spulen appliziert werden. Forschungen über Antennenstrukturen wurden in Zusammenarbeit mit anderen Instituten aufgegriffen. Bei Laborbesuchen empfiehlt sich, keine Credit-Karten und magnetischen Hotelschlüssel mitzunehmen, da diese erfahrungsgemäß radikal gelöscht werden.

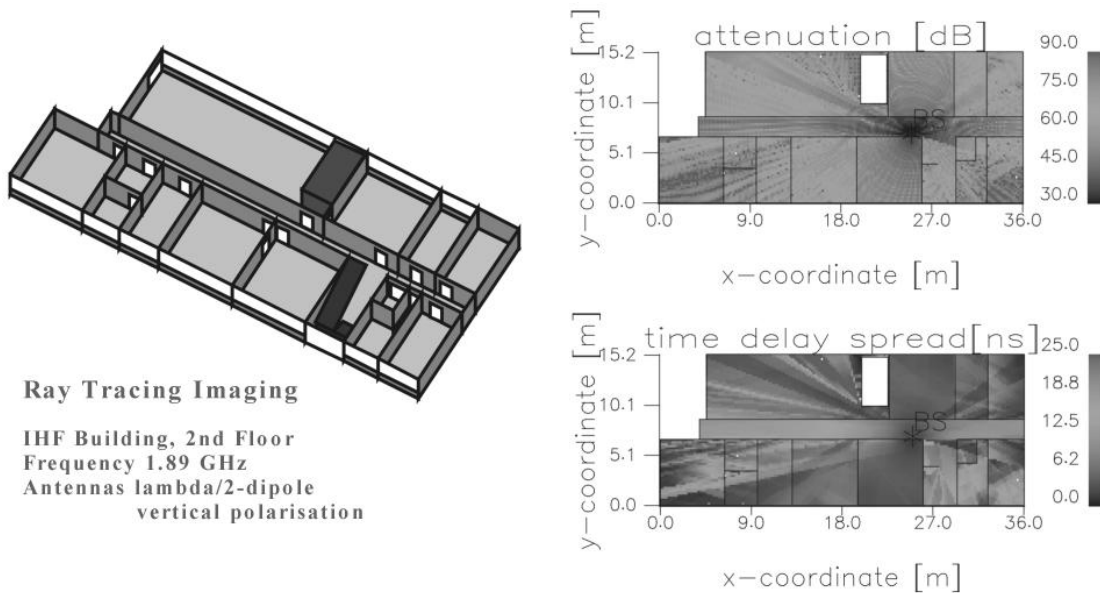


Bild 17

Was hat sich nun geändert in den 50 Jahren, was ist geblieben? Geblieben sind sicher das innovative Klima, die Begeisterung der jungen Mitarbeiter für Forschung und deren praktische Umsetzung. Die tiefgreifendste Änderung bildet der Computer. Am Anfang Rechenschieber, später mit Lochkarten zum Rechenzentrum, Zuteilung und Begrenzung der Rechnerzeit, mit dem Hut in der Hand um Zeit bittend und ab etwa 1980 der ubiquitäre PC und die Work-Stationen. Das Institut ist jetzt voll vernetzt und eine gute Seele in Form von Frau Bernstein und Herr Plaum sorgen dafür, daß es auch meistens "fluppt", wie der Aachener sagt. Das Institut kann über die "home page" besichtigt werden, Vorlesungen laufen mehr und mehr über Rechner und Computerprojektion. Selbst zwischen den Stockwerken wird mit eMail kommuniziert, was allerdings auch zu den typischen eMail Staus nach jedem Urlaub beiträgt. Auch die Arbeiten ändern sich: Simulation und Computeroptimierung ersetzen experimentelles "cut and try", hardware ist rückläufig, statt Lehrlingen in der Werkstatt bilden wir jetzt MTA's aus in den Laboren, eine nette Bereicherung der sonst nur ca. 5 % weiblichen Studentenschar. Aber nicht nur "off line" wird der Computer genutzt, er bildet auch zunehmend Teil des Systems, z. B. als integraler Teil der intelligenten Antennen und mit Pentium III bei 1,2 GHz, demnächst 1,7 GHz und all den Problemen der Verbindungstechnik, werden Hochfrequenzaspekte für den Computer selbst zunehmend wichtig.

In der Lehre wird der Seminarcharakter der Spezialvorlesungen ausgeweitet, eigene Referate der Studenten wurden zunehmend eingeführt und führen den Studenten in eine aktive Rolle seiner Ausbildung.

Geblieben sind auch die guten Kontakte zur Industrie, Exkursionen, Forschungsverträge und gelegentliche Gerätespenden. Geblieben sind auch Ehrungen und verantwortliche Aufgaben: Ehrendoktor des Seniors 1994, eine Reihe von NTG-Preisträgern und IEEE-Fellows. Für die Studienstiftung des Deutschen Volkes haben wir uns eingesetzt und die normalen Aufgaben, Dekanat, Senat, Prüfungsausschuß übernommen. 1989/90 war hier 2 Jahre der Sitz des Fakultätentages Elektrotechnik. In einer Tagung Studium und Bildung wurde über Aspekte der 2 Kulturen, "geht bei technischer Spezialisierung etwas verloren", diskutiert, u. a. mit



Bild 18

schon für die Korrektheit ihrer Meßergebnisse bürgt. Betriebsausflüge mit dem obligaten Grill und natürlich Karneval, hier zwei herausragende Prominente des Institutes, Herr Brand (Bild 19) und Herr Döring (Bild 20).

Professor Wild, dem Bayerischen Kultusminister, Professor Schiedermayr, dem Vorsitzenden des Hochschulverbandes, Dr. Pannenberg, ehemaliger Vize-Präsident von Philips und Ehren doktor der Fakultät. Geblieben ist auch das Betriebsklima, das sich u. a. in zahlreichen, in der Regel sehr gut besuchten Feiern niederschlägt. Bei Weihnachtsfeiern kommen meist 80 - 90 zusammen, so viele Mitarbeiter, wie man sie sonst kaum sieht. Das Bild 18 zeigt Assistenten, deren Anblick allein



Bild 19



Bild 20



Bild 21



Bild 22

Besonders sind auch unsere längsten Mitarbeiter zu nennen, die viele Jahre den "Spirit" des Hauses mitgeprägt haben, Herr Kempe (Bild 21) und Herr Kupferschmidt (Bild 22). Herr Kupferschmidt wurde vor 5 Jahren mit einer standing ovation von den Studenten verabschiedet und erhielt aus den Händen von Rektor Habetha die Hochschulplakette, was ihm damit ständige Präsenz im Vorlesungsverzeichnis garantiert.

Der Dank der drei Instituts-Direktoren gilt allen Mitarbeitern, Kollegen der Fakultät, der Hochschule, der Industrie und der DFG und VW-Stiftung u. a., die unsere Aktivitäten unterstützt haben. Maßgeblich an dem guten Klima beteiligt sind vor allem auch die Damen des Sekretariats (Bild 23), die neben ihren eigentlichen Aufgaben uns Drei mit belebendem Kaffee und vitaminreicher Nahrung versorgen und mit dem melodischen 12-Uhr-Pfiff an das leibliche Wohl der Belegschaft mahnen.



Bild 23

Wir glauben, unser "Senior-Past-Director", Herr Kollege Döring (Bild 24), kann mit Genugtuung sehen, was aus seinem Institut in den vergangenen 50 Jahren geworden ist.

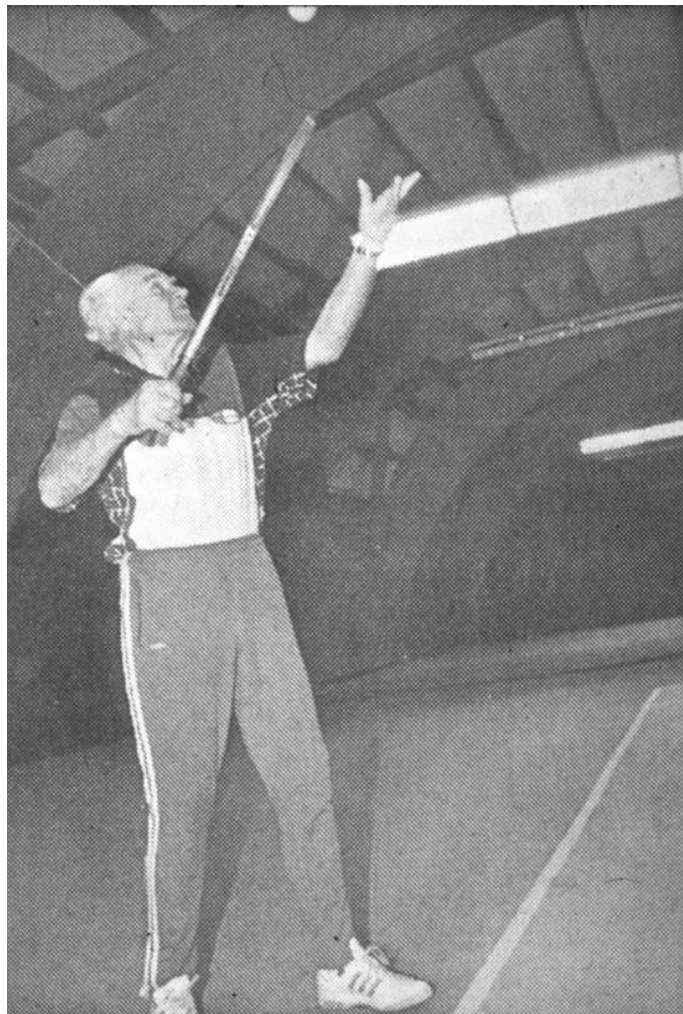


Bild 24