

**Zeitschrift:** Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

**Band:** 67 (1989)

**Heft:** 7

**Rubrik:** Verschiedenes = Divers = Notizie varie

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.11.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## NFP 13 – Nationales Forschungsprogramm Mikro- und Optoelektronik

Heinz GRAU, Bern

Eine an der *Eidgenössischen Technischen Hochschule* (ETH) in Zürich durchgeführte Tagung diente der Information über die Resultate der im Rahmen des *Nationalen Forschungsprogramms Mikro- und Optoelektronik* (NFP 13) abgeschlossenen bzw. noch laufenden Projekte. Das NFP 13 wurde 1983 unter der Ägide des Nationalfonds im Auftrag des Bundesrates für eine Dauer von fünf Jahren in die Wege geleitet, um die Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Industrie auch mit dem Aufkommen neuer Technologien nach Möglichkeit aufrechtzuerhalten und zu verbessern. Die ersten acht Projekte (Tab. I) begannen 1984 und sind heute zum Teil abgeschlossen; ihre Ergebnisse sind alle sehr ermutigend, denn sie führten teilweise zur Erteilung von Patenten und in mehreren Fällen zu industriellen Anwendungen sowie zu Forschungsaufträgen schweizerischer und ausländischer Firmen.

Aufgrund dieses Erfolges wurde im Januar der zweite Teil – NFP 13 bis – mit zwölf neuen Projekten gestartet, wovon einige an die bisherigen Resultate anknüpfen.

In seiner Begrüssung und Einführung unterstrich *Dr. Paul Vogel* von der Firma *Ascom Tech AG*, dem Forschungsbereich von Ascom, die Bedeutung der Forschung für die Schweiz im internationalen Wettbewerb. Mit eindrücklichen Zahlen belegte er, dass besonders in den Gebieten Informationstechnik, Telekommunikation und Mikroelektronik grosse Anstrengungen unternommen werden müssen, damit die Schweiz in einem weltweiten Markt, der für informationstechnische Produkte im Jahr 1992 100 Milliarden US-\$ umsetzen wird, international mithalten kann. Es wird geschätzt, dass Ende dieses Jahrhunderts 7 % des Bruttosozialproduktes der EG *direkt* vom Telekommunikationsbereich abhängig sein werden, und dass zum gleichen Zeitpunkt 60 % der Beschäftigung indirekt von diesem Bereich beeinflusst sein wird. Der Mikroelektronik-Anteil am Marktvolumen informationstechnischer Geräte, für 1989 auf 6 % veranschlagt, soll 1992 auf 8 % angestiegen sein.

In dieser *Wachstumsbranche* ist es von grosser Wichtigkeit, über entsprechende Personalressourcen quantitativ und quali-

tativ zu verfügen, wenn die Schweiz langfristig mithalten will. Im Rahmen des NFP 13 haben nun Wissenschaftler aus den Hochschulen und Forschungsinstituten unseres Landes zusammen mit Ingenieuren der Industrie Gelegenheit, in anwendungsorientierten Gemeinschaftsprojekten  *kreativ*  an vorderster Front der Spitzentechnologie mitzuarbeiten und sich so neues Wissen und entsprechende Erfahrung zu erarbeiten.

In die abgeschlossenen und laufenden Projekte dieses Programms wurden bisher über 21 Mio Franken investiert; zusätzlich haben die PTT-Betriebe 3,4 Mio zur Finanzierung eines Fonds beigesteuert, der für Anschlussprojekte in der Zwischenbereichs-Forschung bestimmt ist, in den Gebieten Faseroptik, Oberflächenwellen-Komponenten (SAW) und ultraschnelle Detektoren.

*Prof. Dr. Martin Peter* von der *Universität Genf* stellte als Präsident der Experten-

gruppe die ersten acht Projekte vor, von denen vier abgeschlossen sind, und erläuterte die Resultate und Anwendungsmöglichkeiten. Anschliessend ging er auf das mit NFP 13 bis bezeichnete Anschlussprogramm ein, das zwölf Projekte umfasst, von denen ein Teil die direkte Fortsetzung der entsprechenden Projekte im NFP 13 bildet. Das NFP 13 bis ist in drei Hauptgebiete gegliedert: VLSI-Schaltkreise (*Very Large Scale Integrated Circuits*), Optische Telekommunikationstechnologie und Supraleitung in dünnen Schichten.

Diese *Kontinuität* der Projekte ist von grosser Bedeutung, wenn die Schweizer Forscher sowohl in Europa als auch gegenüber den einheimischen Firmen ernstzunehmende Partner sein wollen. Regelmässige Investitionen in Forschungsprojekte und -ausrüstung sind die Voraussetzung für professionelles Niveau und handfeste Resultate. Dies ist auch der Grund, weshalb der Bundesrat die Verlängerung des Programms beschlossen hat.

*Dr. Franz Betschon* von der Firma *Wild Heerbrugg AG* unterstrich die Bedeutung der Forschung im Rahmen nationaler Forschungsprogramme für die Industrie, die

Tabelle I. Die ersten acht Projekte des NFP 13

<b>Nr. 1</b>	<b>Kompakt-2Mikron-CMOS-Technologie</b> Leitung: Dr. H. Luginbühl, CSEM (Centre suisse d'électronique et de microtechnique), Neuenburg — Zusammenarbeit: ETHL (Eidg. Technische Hochschule Lausanne)
<b>Nr. 2</b>	<b>Nichtflüchtige Speicher (EEPROM) für digitale und analoge Anwendungen</b> Leitung: B. Gerber, CSEM, Neuenburg — Zusammenarbeit: EM-Microelectronic, Faselec, ETHL und ETHZ (Eidg. Technische Hochschule Zürich)
<b>Nr. 3</b>	<b>Konzeption von funktionellen Schaltungsblöcken in CMOS-Technologie</b> Leitung: Prof. E. Vittoz, CSEM, Neuenburg — Zusammenarbeit: Asulab, Autophon, EM-Microelectronic, Faselec und ETHL
<b>Nr. 4</b>	<b>Symbolische und geometrische Darstellung von integrierten Schaltungen mittels computerunterstütztem Entwerfen (CAD)</b> Leitung: R. Zinszner, CSEM, Neuenburg
<b>Nr. 5</b>	<b>Optoelektronische Anwendungen dielektrischer Materialien</b> Laboratorium für Festkörperphysik ETHZ (Prof. P. Günter)
<b>Nr. 6</b>	<b>Ultraschnelle opto- und mikroelektronische Elemente aus III-V-Halbleitern, hergestellt mittels Molekularstrahl-Epitaxie</b> Institut für Mikro- und Optoelektronik ETHL (Prof. M. Ilegems), Institut für Quantenelektronik ETHZ (Prof. H. Melchior)
<b>Nr. 7</b>	<b>Mikroelektronische Sensoren für chemische Substanzen in Lösungen oder in gasförmigem Zustand</b> Leitung: Dr. A. Grisel, CSEM, Neuenburg — Zusammenarbeit: Inst. für Mikrotechnik, Uni Neuenburg (Prof. N. De Rooij), Inst. für anw. Physik ETHL (Dr. C. Depeursinge), Lab. für organische Chemie ETHZ (Prof. W. Simon)
<b>Nr. 8</b>	<b>Fortschrittliche Herstellungsmethoden in der Optoelektronik</b> Institut für Mikro- und Optoelektronik ETHL (Prof. F. Reinhart) Direktor des NFP 13 ist Professor Marc Ilegems, Institut für Mikroelektronik der ETH Lausanne

teilweise als Auftraggeber, aber auch als Nutzniesser in vielen Fällen nicht in der Lage ist, Grundlagenforschung in diesem Ausmass mit eigenen Mitteln zu bestreiten.

## Die ersten acht Projekte

Wie Tabelle I zeigt, handelt es sich fast durchwegs um Gemeinschaftsprojekte mehrerer Forschungsinstitute, zum Teil mit aktiver Beteiligung der Industrie. Folgende Beschreibung der einzelnen Projekte ist teilweise den erhaltenen Unterlagen NFP 13 entnommen:

### 1 Kompakte 2-Mikron-CMOS-Technologie

«Immer kleiner» lautet die Parole in der Mikroelektronik, denn mit der Verkleinerung der integrierten Schaltkreise erhöht sich zugleich deren Leistungsfähigkeit: Sie arbeiten schneller und brauchen weniger Strom, da die Elektronen kürzere Wege haben. So werden die Schaltbahnen immer schmaler: Eine Breite von 2 oder auch nur 1,6  $\mu\text{m}$  zählt in der Industrie bereits zum Standard. An manchen Forschungszentren ist man sogar schon bei 0,8  $\mu\text{m}$  angelangt, d. h. nahe an der Grenze des physikalisch Möglichen, die für die CMOS-Technologie bei etwa 0,5  $\mu\text{m}$  liegt.

Die Schwierigkeiten bei der Herstellung nehmen indessen mit jeder Verkleinerung erheblich zu. Daher entwickelten die Forscher eine neue Fabrikationsmethode im 2-Mikron-Bereich, dank der dieselbe Schnelligkeit und ein genauso niedriger Stromverbrauch erzielt werden wie bei der 1,4-Mikron-Technologie. Die Lösung besteht darin, die Transistorenreihen dichter zu schliessen, indem man am Sicherheitsabstand spart, der normalerweise jedes einzelne Element umgibt und dazu dient, kleine Unregelmässigkeiten, die bei der Herstellung der Chips auftreten, auszugleichen. Dank spezieller Schutzschichten ist dieser Herstellungsweg unanfällig gegenüber diesen Unregelmässigkeiten. Seine Einführung in die Standard-CMOS-Technologie vermag deren Leistungsfähigkeit bedeutend zu steigern, ohne dass zugleich die Fabrikationsprobleme zunehmen.

### 2 Nichtflüchtige Speicher

Fünf Ingenieurteams arbeiteten an ein und demselben Projekt, bei dem es darum ging, *EEPROM-Speicher* (elektrisch programmier- und löschbare Speicherchips), die mit den in der Schweiz gängigen mikroelektronischen Technologien kompatibel sind, zu entwickeln. Bisher fanden vor allem zwei Typen von Speicherchips in integrierten Schaltkreisen Verwendung: Der RAM-Speicher, dessen Inhalt beliebig veränderbar ist, aber gelöscht wird, wenn die Stromversorgung ausfällt, und der ROM-Speicher, der alle Informationen festhält, sich aber nicht umprogrammieren lässt.

Der EEPROM-Speicher verbindet nun die Vorteile dieser beiden. Wie ein RAM kann sein Inhalt nach Belieben geändert werden, und wie ein ROM braucht er nicht

dauernd Strom, um die Informationen zu bewahren. Der Einsatz von EEPROM-Speichern ermöglicht ganz neue Anwendungen, etwa in integrierten Schaltkreisen für Uhren, deren Ganggenauigkeit auf diese Weise elektrisch – statt wie bisher manuell – eingeregelt werden kann.

Die Forscher hatten sich zum Ziel gesetzt, dass dieser neue Speicher tausend Zellen (1 kBit) enthalten solle. Ausserdem musste er von den drei industriellen Partnern des Projekts herstellbar sein, wobei jede Firma versuchte, ihn in ihrer eigenen Technologie zu produzieren. Eine der grössten Schwierigkeiten dabei lag in der Tatsache, dass die EEPROM-Zellen zu ihrer Programmierung eine elektrische Spannung von 20 V benötigen. In integrierten Schaltkreisen beträgt die Spannung aber gewöhnlich 5 V oder sogar nur 1,5 V. Um nicht auf eine externe Stromquelle zurückzugreifen, bauten die Forscher gleich einen winzigen Spannungswandler mit ein. Bei der Firma *Faselec* gelang es schliesslich, einen solchen Speicher zu entwickeln. Er wurde bereits in 100 000 Programmierungszyklen getestet und hat gezeigt, dass er die Information über zehn Jahre lang sicher behält (der Wert ist statistisch extrapoliert). Entsprechende Schaltkreise für Uhren und die Telefontechnik stehen vor der Markteinführung.

Im Hinblick auf Anwendungen in der Uhrentechnologie entwickelten die Ingenieure der *EM-Microelectronics* einen von einer 1,5-V-Batterie zu speisenden EEPROM. Bei der Firma *CSEM* hatte man sich indessen der Verwirklichung eines 64-Bit-Speichers verschrieben, mit dem sich kritische Parameter eines Schaltkreises vor dessen Betrieb einstellen lassen.

An der ETH in Lausanne wurden der Programmierungsablauf in diesen Speicherzellen sowie die physikalischen Ursachen der Begrenzung ihrer Lebensdauer untersucht. An der ETH in Zürich setzte man sich mit den *analogen* Anwendungen des EEPROM-Speichers auseinander, zum Beispiel wenn es darum geht, einen elektrischen Strom ohne jede Spannungsschwankung zu liefern. Die Speicherzellen können also die Funktionsfähigkeit eines Schaltkreises mit verschiedenen Verstärkern beträchtlich verbessern. Anhand einer Vorführung wurde ein anderes Beispiel erläutert, bei dem mit einem analogen EEPROM die Grenzfrequenzen aktiver elektrischer Filter festgelegt werden können; als typische Anwendung davon sind Hörhilfen denkbar, deren Verstärkung und Frequenzgang individuell nach der Gehörkurve der Benutzer eingestellt werden können.

### 3 Konzeption von funktionellen Schaltungsblöcken in CMOS-Technologie

Integrierte Schaltungen werden heute nach Mass gefertigt, d. h. entsprechend den Bedürfnissen des jeweiligen Abnehmers. Dabei verwenden die Ingenieure Schaltkreisteile (sogenannte *funktionelle Blöcke*), deren Pläne bereits fix und fertig im Zeichencomputer vorhanden sind.

Als Beispiel möge ein Thermometer mit Digitalanzeige dienen: Sein Schaltkreis

ist an einen Wärmesensor angeschlossen, der ununterbrochen ein schwaches, temperaturabhängiges elektrisches Signal liefert. Da das Signal so schwach ist, braucht der Schaltkreis zunächst einen Verstärkerblock. Dann muss das *analoge* Signal in einen *numerischen* Code verwandelt werden, der die Anzeige steuert. Der Chip benötigt also auch einen entsprechenden Konverter. Doch das ist noch nicht alles, denn dieses Glied benötigt für seine Übersetzungsarbeit ein Eichsignal, was einen weiteren Block bedingt.

Um die Produktion eines solchen Thermometerchips rationell zu gestalten, ist es nötig, sämtliche Blöcke gleichzeitig und im selben Verfahren herzustellen. So lassen sich die Kosten senken und die Zuverlässigkeit erhöhen. Vier Jahre lang haben die Forscher solche Blöcke erdacht, deren Konzepte in regelrechte Schaltplan-Bibliotheken eingegangen sind. Sie wurden alle in CMOS-Technologie auf Silizium ausgeführt.

Zu den wesentlichen Ergebnissen zählt die Schaffung eines Verstärkers für extrem schwache Signale im Mikrovolt-Bereich. Auch auf einen Eichungsblock, dessen Referenzspannung nur um wenige tausendstel Volt variiert, sind die Forscher stolz, und schliesslich wurden verschiedene Typen von analog-numerischen Wandlern verwirklicht.

### 4 Symbolische und geometrische Darstellung integrierter Schaltungen mit computerunterstütztem Entwerfen (CAD)

Computerchips werden an Computerbildschirmen entworfen. Für einen einzigen Schaltkreis sind an die zehn Pläne nötig, bei deren Zeichnung die Informatik sehr hilfreich ist. Mit den entsprechenden Programmen können die Ingenieure teilweise auf bereits bestehende Pläne zurückgreifen, wenn sie neue zu zeichnen haben, und sie werden von der lästigen Aufgabe befreit, ständig sich wiederholende Elemente immer neu darzustellen – etwa bei der Konzeption von Speichern, bei denen die gleiche Transistorengruppe Tausende von Malen vorkommt. Die Informatik ermöglicht es auch, gleichsam instinktiv vorzugehen: Die genaue Anordnung der Schaltkreis-Bauteile rechnet dann der Computer aus und optimiert gleichzeitig die Geometrie, damit die Verbindungen zwischen den Transistoren möglichst rationell sind. Die Aufstellung von Zeichenprogrammen für Schaltkreispläne ist daher ein wichtiges Gebiet in der Mikroelektronik geworden. Einfach stellt sich die Arbeit aber keineswegs dar: Allein in der Schweiz gibt es von der CMOS-Technologie zahlreiche Varianten; ausserdem verringern sich die Abmessungen der Schaltkreise andauernd, was die Möglichkeiten der Wiederverwendung bereits bestehender Pläne oder Planteile stark einschränkt.

Die am Projekt beteiligten Forscher hatten vor, eine Software zu entwickeln, die sich diesen verschiedenen Techniken und dem Fortschritt der Miniaturisierung anpasst. Sie entwarfen Basisprogramme, mit denen am Computerbildschirm nur

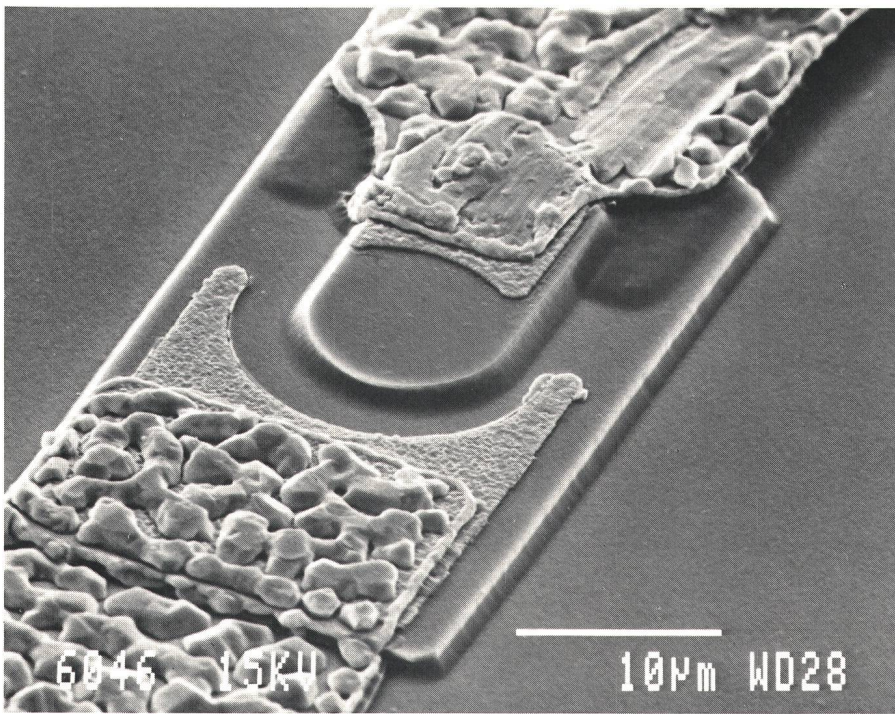


Fig. 1  
Elektronenmikroskop-Aufnahme eines ultraschnellen Photodetektors

die grobe Geometrie des Schaltkreises – die vielen CMOS-Technologien gemeinsam ist – gezeichnet wird. Dabei kommt bloss die Grundstruktur, und zwar in symbolischer Form, zur Darstellung. Parallel dazu geschaffene Programme haben die Aufgabe, diese symbolischen Skizzen zunächst auf den für die Herstellung erforderlichen Masstab zu verkleinern und dann die rund zehn Pläne für die Produktion zu berechnen.

Die im Laufe dieses Projekts entstandenen Pläne haben die Angebotspalette des CSEM in Zeichenprogrammen für digitale Schaltkreise wesentlich erweitert. Die gewonnenen Erfahrungen werden bei zwei neuen Projekten des NFP 13 bis nutzbringend eingesetzt werden können, nämlich in Bezug auf Schaltkreise der VLSI-Generation, deren Pläne sehr komplex sind.

##### 5 Optoelektronische Anwendungen dielektrischer Materialien

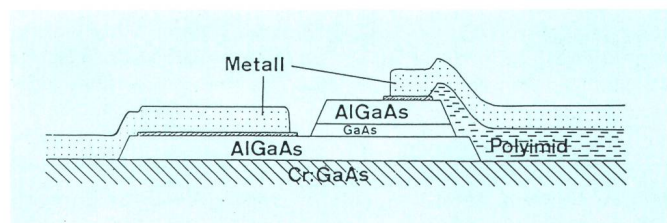
Kaliumniobat ist ein besonderer Kristall. In der Optoelektronik interessiert man sich dafür, weil er die ungewöhnliche Eigenschaft besitzt, den Beugungswinkel für Laserstrahlen sehr schnell zu ändern, wenn er einem elektrischen Feld oder plötzlicher Beleuchtung ausgesetzt wird. Die Fachleute sprechen von einem Material mit «elektro- und photovariablen Brechungsindex». Eine Anwendung davon ist beispielsweise ein «optoelektronischer Kreuzwähler», bei dem ein Lichtstrahl (Informationsträger) mit Hilfe eines zweiten, steuernden Strahles auf verschiedene Ausgänge gelenkt werden kann.

Die in diesem Projekt vereinten Wissenschaftler hatten sich vorgenommen, den Nutzwert dieses erstaunlichen Kristalls zu erforschen. Da sie dazu eine reine Ausgangssubstanz brauchten, eigneten sie sich zuerst das zur Herstellung nötige Wissen an, denn das Kaliumniobat

( $\text{KNbO}_3$ ) kommt in der Natur nicht vor. Damit der Kristall in der gewünschten Reinheit wächst, sind drei bis vier Wochen lange, präzise Prozeduren bei Temperaturen von mehr als  $1000^\circ\text{C}$  nötig. Inzwischen beherrschen die Ingenieure die Methode gut und haben sich damit weltweites Ansehen erworben. Die Technik der Kristallzüchtung wird übrigens von einer Schweizer Firma übernommen und kommerziell weitergeführt. Für diesen Kristall besteht nämlich eine grosse Nachfrage, besonders bei der Herstellung optoelektronischer Bauteile, mit denen Laserstrahlen an den Enden optischer Fasern behandelt werden.

Den Kaliumniobatkristall haben die Forscher auch bei der Konstruktion eines Frequenzverdopplers benutzt. Solche Geräte kommen jetzt, mit verschiedenen Kristallarten bestückt, in den Handel; sie ermöglichen es, mit billigen Infrarotlasern Farben zu erzeugen, die bisher nur bei sehr kostspieligen Apparaturen verfügbar waren. Der in diesem Projekt entworfene Typ eines Frequenzverdopplers zeichnet sich durch hervorragende Ausbeute (bis zu 35 %) und durch einen Frequenzbereich von 430 bis 540 Nanometer – was Farben von Grün bis Violett entspricht – aus. Er wird von einer hiesigen ansässigen Firma für optische Geräte zur Serienreife entwickelt.

Fig. 2  
Querschnittschemata eines ultraschnellen Photodetektors



Doch das Kaliumniobat bietet noch weitere Verwendungsmöglichkeiten. Zum Beispiel konnten die Forscher zeigen, dass ein auf ein Kristallplättchen projiziertes Bild durch einen Laserstrahl, der das Plättchen durchquert, übertragen werden kann. Hier tun sich die verschiedensten audiovisuellen Anwendungen auf. Im zweiten Teil dieses nationalen Forschungsprogramms werden die Arbeiten fortgesetzt.

##### 6 Ultraschnelle Photodetektoren

Die Lichtsignale, die von den in der Telekommunikation verwendeten optischen Fasern übertragen werden, lassen sich mit superschnellen Morsebotschaften vergleichen. Telefone oder Computer an den Enden der optischen Fasern arbeiten indessen mit elektrischen Signalen. Um hier eine Verbindung zu schaffen, müssen Morsezeichen aus Laserlicht in Morsezeichen aus Strom verwandelt werden: Dazu dienen die Photodetektoren.

Sie sollen immer empfindlicher und immer schneller werden, damit die hervorragenden Übertragungseigenschaften der optischen Fasern auch zum Tragen kommen. Und wahrhaftig: Die von den Forschern entwickelten Detektoren übertreffen deutlich die gegenwärtigen Anforderungen auf dem Gebiet der Telekommunikation.

Bei der Umwandlung von Licht in elektrische Energie beträgt die Ausbeute der an der ETH in Lausanne hergestellten Detektoren mehr als 60 %. Und dabei ist ihre Reaktionszeit kürzer als 25 Picosekunden – gerade so lange, wie das Licht zum Zurücklegen einer Strecke von acht Millimetern braucht. Indem die Forscher an der ETH in Zürich eine Einbusse an Empfindlichkeit in Kauf nahmen, gelang es ihnen sogar, eine noch kürzere Reaktionszeit zu erreichen: Zwei Picosekunden, was für Detektoren dieser Art Rekord ist – eine Million Mal schneller als es die Norm für Detektoren in Compact-Disc-Geräten verlangt. Fig. 1 zeigt eine Elektronenmikroskop-Aufnahme eines derartigen Detektors, in Fig. 2 ist ein Querschnitt durch seine Kristallschichten schematisch dargestellt.

Es ist schon eine Aufgabe für sich, solche Vorgänge, die überhaupt zu den schnellsten auf der Welt gehören, am Objekt zu messen. Parallel zu der eigentlichen Entwicklungsarbeit mussten die Wissenschaftler ständig neue Messtechniken erfinden, wobei sie mehrere Laser benutzten. So machten sie sich auch in diesem Bereich einen Namen als Spezialisten. Fig. 3 zeigt das Prinzip der koplanaren Flip-Chip-Montage, einer Technik, die entwickelt werden musste, um die Photo-

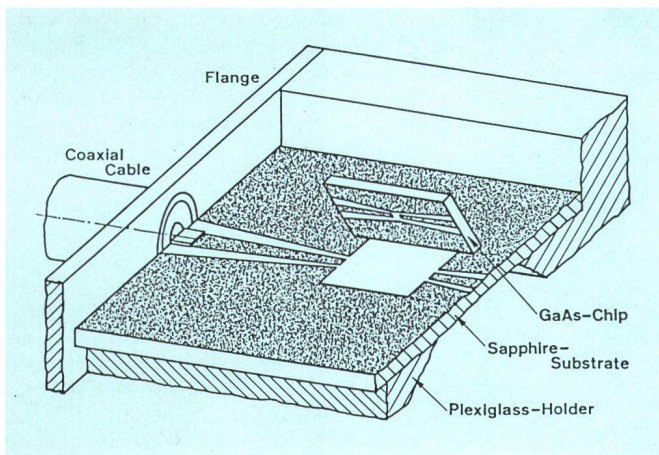


Fig. 3  
Prinzip der koplana-  
ren Flip-Chip-Mon-  
tage

detektoren so in die koaxialen Messaufbauten einzubauen, dass die elektrische Anpassung auch bei den höchsten Messfrequenzen gewährleistet blieb.

Hauptaufgabe ist aber der Bau dieser Detektoren selbst, und zwar aus Atomen der Gruppe III bis V. Damit werden beispielsweise Aluminium, Gallium, Phosphor und Arsen bezeichnet: Sie finden sich nämlich in der dritten bis fünften Spalte des Periodensystems der Elemente. Die grosse Kunstfertigkeit der Forscher besteht nun darin, diese Atome genauestens zu dosieren und in dünnen, kristallinen Schichten auf Substratplättchen aufzutragen – ein Vorgang, für den es umfangreiche Apparaturen braucht. Für die erreichten Resultate war es nötig, das Dickenwachstum der Kristallschichten auf ein paar Atome genau zu steuern. Denn in der Optoelektronik gilt wie in der Mikroelektronik, dass ein Bauteil um so rascher reagiert, je weniger Materie beteiligt ist. Solche Genauigkeit führte dazu, dass die beteiligten Wissenschaftler grosse Forschungsaufträge von der schweizerischen und der französischen Industrie erhielten.

### 7 Mikroelektronische Sensoren für chemische Substanzen

Was unsere Augen oder Ohren für das Gehirn sind, sind in elektronischen Schaltkreisen die *Sensoren*. Zwei Arten davon wurden in diesem Projekt entwickelt. Eine besteht aus einer *pH-Sonde*, d. h. einem Bauteil, das in eine Flüssigkeit getaucht deren Säure- oder Laugenstärke misst. Obwohl der Sensor nur zwei Millimeter gross ist, enthält er eine eigene Eich-Elektrode, von der er einen Referenz-pH-Wert bezieht. Vorläufig muss das Bauteil noch über drei Drähte mit einem Schaltkreis zur Verarbeitung der Daten verbunden werden, aber die Forscher haben bereits gezeigt, dass sich der Sensor mit der dazugehörigen Elektronik in einem einzigen Herstellungsgang auf demselben Chip integrieren lässt.

Das Objekt wurde mit Erfolg am *Centre hospitalier et universitaire vaudois* (CHUV) getestet, wo es dazu diente, die Veränderungen des Säuregehalts im Magen von Patienten mit Intestinalbeschwerden über 24 Stunden hin zu messen. Die Elektronik bringt hier bedeutende Erleichterungen, mussten die Patienten doch bis jetzt eine Plastiksonde

vom Durchmesser eines Bleistifts schlucken, mit der die Messelektrode durch die Nase und die Speiseröhre in den Magen eingeführt wurde. Der elektronische Sensor hingegen findet in einem spaghetti-dünnen Schläuchlein Platz. Weitere medizinische Anwendungen dieses Sensors werden im Rahmen des NFP 18 (biomedizinische Technik) untersucht.

Bei der Schweizer Industrie stiess das Produkt noch nicht auf Interesse; für ein französisches Unternehmen hingegen entwickelten die Forscher eine Modellvariante, die in Form eines «pH-Kugelschreibers» demnächst auf den Markt kommt. Es handelt sich um ein Analyseinstrument für die Jackentasche, das durch blosses Eintauchen in eine Flüssigkeit deren Säuregrad und Temperatur anzeigt.

Als weiteres Ergebnis ging aus diesem Projekt ein Miniatursensor für Kohlenmonoxyd (CO) hervor, dessen Empfindlichkeit weit unterhalb der Toxizitätsschwelle dieses gefährlichen Gases liegt. Nicht grösser als ein Hemdenknopf, verfügt er sogar über eine eingebaute Heizung mit Thermostat, da die für das Gas empfindliche Stelle 300 °C heiss gehalten werden muss. Trotzdem verbraucht der Sensor zehnmal weniger Energie als die zurzeit auf dem Markt befindlichen Produkte. Er eignet sich also besonders für kleine, tragbare Alarmgeräte, beispielsweise zur Luftüberwachung in Parkhäusern. Das Instrument wird jetzt in der Schweiz zur Serienreife weiterentwickelt. Zu ihrer grossen Überraschung stellten die Forscher unterdessen fest, dass es ebenfalls auf Äthylalkohol im Atem anspricht. Sie werden also auch noch einen Taschenalkoholtest fabrizieren.

### 8 Fortschrittliche Herstellungsmethoden in der Optoelektronik

Die optischen Fasern, die Informationen in Form von Laserpulsen leiten, setzen sich immer mehr durch. Doch die Fasern stellen nur die Verkabelung innerhalb eines Systems dar: Sie ersetzen die Kupferdrähte bei den Telefonleitungen oder bei den Verbindungen zwischen Endgeräten. Für die Verwendung der optischen Fasern bedarf es aber noch einer ganzen Reihe optoelektronischer Kleinstbauteile, an deren Vervollkommnung die Ingenieure ohne Unterlass arbeiten: Zum Beispiel *Sender*, um Licht zu anderen Bau-

elementen hinzulenken, *Modulatoren*, um dem Licht Informationen mitzugeben, und *Filter*, um mehrere Arten optischer Informationen zu vereinen, sie zusammen durch dieselbe Faser zu schicken und nachher wieder zu trennen.

In zahlreichen Forschungszentren wird gegenwärtig versucht, regelrechte «Lichtschaltkreise» herzustellen, wobei es darum geht, genau wie in integrierten, mikroelektronischen Schaltkreisen mehrere Funktionen zusammenzufassen. Solche Lichtschaltkreise verlangen bei ihrer Entstehung wahre Meisterleistungen der Miniatur-Architektur: Nicht nur muss dreidimensional an winzigen Plättchen aus mehreren Kristallschichten gearbeitet werden, die Gestaltung mancher Details muss erst noch auf die Länge einer Lichtwelle genau erfolgen – also auf einen zehntausendstel Millimeter.

Die Forscher mussten beispielsweise bei der Konstruktion eines optischen Filters mehrere hundert Rillen im Abstand von nur einigen zehntel Mikron nebeneinander gravieren (ein sogenanntes *Gitter*), und zwar über einen ganzen Millimeter hin, was in diesem mikroskopischen Bereich eine beachtliche Ausdehnung bedeutet. Wäre das Gitter so breit wie eine Landstrasse, würde das heissen, auf einer Strecke von hundert Metern alle drei Zentimeter eine schnurgerade Querrille zu ziehen. Das Unterfangen verlangt um so grössere Genauigkeit, als mehrere Gravuren in aufeinanderfolgenden Etappen für die Herstellung eines Filters nötig sind. Um dies zu erreichen, verwendeten die Forscher holographische Techniken.

Eine andere Graviermethode besteht darin, die Kristallstruktur zunächst mit einem elektronenempfindlichen Anstrich zu versehen. Darauf überträgt man anschliessend die gewünschte Zeichnung mit Hilfe eines computergesteuerten, sehr schwachen Elektronenstrahls. Der Anstrich und die Partien, die er bedeckt, können dann chemisch weiterbehandelt werden. Eine der Schwierigkeiten dabei ist, die Menge der auf den Anstrich einwirkenden Elektronen exakt zu bemessen. Das Ganze gleicht etwa dem Versuch, mit Tinte auf ein Löschblatt zu schreiben.

Mit ihrem elektronischen Pinsel haben die in diesem Projekt tätigen Forscher bereits Gravuren von drei zehntel Mikron Breite verwirklicht, und sie hoffen, demnächst noch unter den Bereich von einem zehntel Mikron zu gelangen. Die bei diesen Arbeiten gewonnenen Erfahrungen werden im Rahmen des zweiten Teils dieses nationalen Forschungsprogramms von Nutzen sein.

Auftraggeber für diesen Teilbereich des Programms sind unter anderen auch die PTT-Betriebe, die sich bereits heute die optische Übertragung in zahlreichen Anwendungen nutzbar machen und natürlich ein grosses Interesse an weiteren Fortschritten dieser Technik haben.

### An der Grenze des Machbaren

Als Einleitung zum abschliessenden Rundgang in den Labors des Instituts für Quantenelektronik der ETH in Zürich

stellte Prof. Dr. Hans Melchior die dort erarbeiteten Resultate der Projekte Nr. 2, 5 und 7 näher vor und zeigte dabei, dass man sich bei den erreichten Werten oft an der Grenze des heute Machbaren bewegt; so bedeutete die Auflösung von 2  $\mu$ s bei den ultraschnellen Photodetektoren

zu seiner Zeit einen absoluten Weltrekord. Dass dieser heute von anderer Seite mit 1,7  $\mu$ s bereits wieder überholt ist, schmälert die Leistung der Forscher keineswegs, gilt es doch vor allem, durch dauernde Auseinandersetzung mit der neusten Technologie in «Tuchföhlung» zu

bleiben und so der Industrie, aber auch einer ganzen Generation von jungen, in der Ausbildung stehenden Ingenieuren und Wissenschaftlern die nötigen Impulse für eine weiterführende, fruchtbare Tätigkeit zu vermitteln.

## Telekommunikation und Korbflechterei

Heinz GRAU, Bern

Was hat denn die moderne Telekommunikation mit dem schönen, alten Handwerk des Korbflechtens zu tun? Auf diese Frage konzentrierten sich Inhalt und Zweck einer Pressekonferenz mit dem Titel *Chancen und Nutzen der modernen Telekommunikation für Blinde und Sehbehinderte*, zu der die *Vereinigte Blindenwerkstätte Bern* (VBW), *Ascom Gfeller AG* und die Generaldirektion der PTT-Betriebe gemeinsam einluden. Und die Antwort sei hier vorweggenommen: Genau wie seit Jahren die Korbflechterei und andere Handwerke, bietet heute die Telekommunikation und im erweiterten Sinne auch die Informatik den Blinden und Sehbehinderten zweckmässige und angepasste Berufsmöglichkeiten, in denen sie vollwertige Arbeit leisten können, und zwar ebenbürtig zu Nichtbehinderten, wenn nicht sogar besser.

### Ein wertvolles Geschenk

Anlass war die Inbetriebnahme einer neuen, mit Braille-Terminal ausgerüsteten Haustelesonzentrale in der Blindenwerkstätte. In seiner Begrüssung sprach E. Eisenkolb, Präsident der VBW, der Firma Ascom Gfeller im Namen aller behinderten und nichtbehinderten Mitarbeiter, der Geschäftsleitung und des Vorstandes seinen herzlichen Dank für das wertvolle Geschenk aus. Um ein solches handelte es sich nämlich bei der tausendsten in der Schweiz ausgelieferten Teilnehmervermittlungsanlage des Typs Gfeller GDX, die der Blindenwerkstätte ermöglicht, eine blinde Teleoperatrice zu beschäftigen. Damit kam der Referent auf einen weiteren Schwerpunkt des Tages zu sprechen: das Berufsbild der blinden Teleoperatrice und des blinden Teleoperators einem breiteren Publikum bekannt zu machen; mit einer eigens darauf ausgerichteten Ausbildung können Sehbehinderte und Blinde in jeder Telefonzentrale vollwertig eingesetzt werden.

Anschliessend ging der Referent kurz auf die Ziele und Tätigkeiten der Vereinigten Blindenwerkstätte ein. Sie beschäftigt heute rund 110 behinderte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, von denen etwa die Hälfte blind oder sehbehindert ist. Der ursprüngliche und immer noch grösste Produktionszweig ist die Sessel-, Korb- und Pneumattenflechterei, ergänzt im Jahre 1967 durch eine mechanische Abteilung, für die die Firma *Hasler AG* (heute *Ascom Hasler*) nicht nur Maschinen und Be-

triebskader zur Verfügung stellte, sondern auch die Aufträge ins Haus brachte. In den letzten Jahren sind weitere Betriebszweige, wie Reparaturen und verschiedene Dienstleistungen, z. B. Lagern, Sortieren und Verpacken, dazugekommen. So wird für einen Verlag das Lager und die Auslieferung betreut, und zwar im Haus der VBW, oder für verschiedene Organisationen werden Werbesendungen zusammengestellt, verpackt und versandt.

Dem Trend jugendlicher Behinderter hin zu Ausbildungen im Dienstleistungsbereich folgend, schafft die VBW derzeit neue Ausbildungs- und Arbeitsplätze im Bereich der Informatik mit dem Ziel, neue Dienstleistungen — beispielsweise Textverarbeitung — zu erbringen. Eine leistungsfähige Computeranlage, die ebenfalls kürzlich installiert wurde, ist ein Geschenk einer grossen Industriefirma. Wie der Referent ausführte, sei diese Unterstützung mit Ausrüstung und Aufträgen durch Firmen nicht selbstverständlich, sondern Ausdruck echter, praktischer Hilfe am benachteiligten Mitmenschen.

### Ein modernes Berufsbild

Der Leiter der *Eingliederungsstelle für Sehbehinderte* in Basel, *Fritz Steiner*, zeichnete das Berufsbild des blinden Teleoperators und der blinden Teleoperatrice (früher mit Telefonist und Telefonistin bezeichnet). Deren wichtigste Tätigkeiten sind

- zuhören
- nachschlagen
- Antwort geben
- vermitteln.

Alle vier lassen sich durch blinde Personen problemlos ausführen. Die Bedienung der Tasten braucht keine visuelle Kontrolle; die für die Vermittlung wichtigen Anzeigen werden in Blindenschrift umgesetzt und sind auf der Braille-Displayzeile ablesbar. Bei kaum einer anderen Berufstätigkeit kann ein so hoher Unabhängigkeitsgrad erreicht werden. Bei einem zahlenmässigen Vergleich zeigt sich denn auch, dass diese wie auch die Bürotätigkeiten unter Blinden und Sehbehinderten wesentlich weiter verbreitet sind: Von den rund tausend erwerbstätigen unter ihnen sind ungefähr 60 (6 %) bei der Telefonvermittlung und 300 (30 %) im Büro beschäftigt; von den etwa 3,1 Mio beschäftigten Nichtbehinderten

sind es nur gerade 0,35 % bei der Telefonvermittlung und 15 % im Büro. Die Eingliederungsstelle sucht denn auch laufend Stellen mit den unterschiedlichsten Anforderungen: Von einfach bis anspruchsvoll, Fremdsprachenkenntnisse überdurchschnittlich bis keine, mit und ohne Nebenarbeiten, mit Auskunfterteilen oder nur Vermitteln der Gespräche.

Die *Erschliessung von Arbeitsplätzen* beruht auf fünf Säulen:

- die stellensuchende, blinde oder sehbehinderte Person
- der Arbeitgeber
- die Mitarbeiter
- die Ausbildung oder Umschulung
- die technische Anpassung des Arbeitsplatzes

Diese müssen aufeinander abgestimmt sein, damit eine für alle befriedigende Lösung gelingt. Die von den PTT-Betrieben anerkannte *Ausbildung* zur Teleoperatrice oder zum Teleoperator dauert in der Regel drei Jahre; bei entsprechenden Vorkenntnissen kann sie verkürzt werden. Sie besteht aus folgenden Bereichen:

- blindentechnische und/oder sehbehindertentechnische Grundschulung
- Sprachausbildung in Deutsch, Französisch, Englisch, Italienisch
- Büroausbildung
- anwenderorientierte Informatikausbildung
- ein sechsmonatiger Sprachaufenthalt in der Westschweiz
- Vorkurs für Teleoperatrice und Teleoperator an der Eingliederungsstelle
- Instruktionkurs durch Personal der Fernmeldedirektion Basel während vier Wochen mit praktischer Zwischenprüfung und theoretischer Schlussprüfung
- drei Monate externes Praktikum bei einer erfahrenen, blinden Praktikumsleiterin
- praktische Schlussprüfung

Nach den Ausführungen des Referenten ist es heute für praktisch alle grösseren Telefonanlagen möglich, die Vermittlungsstation für Blinde anzupassen, und zwar durch das Hinzufügen einer Braille-Anzeigezeile. Ergänzende Hilfsmittel sind die Braille-Kartei, die in grösseren Betrieben oft durch Informatiklösungen ersetzt wird, eine Braille-Stenomaschine, für Büroarbeitsplätze ist auch eine synthetische Sprachausgabe möglich. Dank der modernen Datenkommunikation ist auch der Zugriff auf die Telefonbuch-Datenbanken der PTT möglich.

Für die berufliche Wiedereingliederung Sehbehinderter ist die Erhaltung und Erschliessung von Arbeitsplätzen in der Telefonvermittlung von grosser Bedeutung. Es werden immer individuelle Lösungen



Fig. 1  
Der Vermittlungsplatz der neuen Teilnehmervermittlungsanlage mit dem Braille-Terminal im Vordergrund

angestrebt, die in engem Kontakt mit allen Beteiligten — sehbehinderter Arbeitnehmer, Arbeitgeber, Invalidenversicherung (IV), Betreuungsstelle usw. — erarbeitet werden. Mehrkosten für die nötige Spezialausrüstung übernimmt in der Regel die IV.

Eine anschliessende Demonstration der von einer blinden, ausgebildeten Teleoperatorin bedienten, neuen Zentrale (Fig. 1) wurde über Video direkt in den Konferenzraum übertragen und durch Herrn Steiner fachkundig kommentiert; sicher wie eine Sehende beherrschte die blinde Frau alle Vorgänge und bewies damit, dass dank dem Brailleterminal und der anderen Hilfsmittel die Vermittlung eine für Blinde ganz besonders geeignete Tätigkeit ist.

### Der Sprung ins kalte Wasser

Aus ihrem Leben erzählte dann mit eindringlichen Worten *Yvonn Scherrer*, blinde Studentin aus Bern. Sie sprach von ihren Eltern, die sie zusammen mit ihren sehenden Schwestern mit grosser Liebe und Geduld erzogen, von den Schulen, die sie durchlief, und den Mitschülern, von ihrer Blindheit, die ihr Element geworden sei wie das Wasser das Element der Fische, von den «Schwimmhilfen», die von der Industrie entwickelt wurden und noch weiter entwickelt werden müssen, vom Wunsch der meisten Behinderten, mit Nichtbehinderten Kontakte zu knüpfen, mit ihnen zu leben und die gleiche Arbeit zu verrichten. Sie lud die Zuhörer — und damit auch die Leser — ein, den Sprung ins kalte Wasser zu wagen und den Kontakt mit Behinderten aufzunehmen, wenn sich dazu eine Gelegenheit bietet; ganz besonders Blinde und Sehbehinderte sind darauf angewiesen.

### Eine Herausforderung

Anschliessend sprach *R. Neun*, Leiter der Information PTT, von den Herausforderungen, denen wir uns in dem milliarden-schweren Wachstumsmarkt der Telekommunikation zu stellen haben, Herausforderungen nicht nur technologischer, sondern ebenso wirtschafts- und gesellschaftspolitischer Natur. Mitglieder unserer Gesellschaft sind auch die Behinderten, in den meisten Fällen benachteiligte. Und gerade da ist es wichtig, nicht nur vom Menschen im Mittelpunkt zu sprechen, sondern gemeinsam, Industrie, Institutionen und PTT, neue Arbeitsfelder im Bereich der Telekommunikation auszuloten und aktiv zu erschliessen. So wurden bereits vor einiger Zeit die ersten Überlegungen zu einer Lebenshilfe-Datenbank angestellt, die von Behinderten betreut wird und über Videotex zugänglich sein soll. Heute besteht ein Netzwerk von Editierstellen; in verschiedenen Werkstätten haben die PTT dezentral Behinderte ausgebildet und gegen zehn Stellen mit Arbeiten betraut. Verschiedene Teilprojekte laufen im Rahmen dieses Programms bereits oder sind im Aufbau begriffen: Eine *Berufsinformation* mit Lehrstellennachweis und Stellenbörse in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Industrie, Gewerbe und Arbeit, *Jugendinformationen* gibt es schon in zwei Kantonen, dort ist die Arbeitsgemeinschaft der schweizerischen Jugendverbände Auftraggeber der Behindertenwerkstätten, die *sozialen Anlaufstellen* der öffentlichen Hand wie auch jene der Selbsthilfeorganisationen werden über Videotex zugänglich sein. Mit dem Dank an alle, die sich für die benachteiligten Mitglieder der Gesellschaft einsetzen, und der These, dass Manager und Unternehmer in Zukunft nur Erfolg haben und Vertrauen gewinnen können, wenn sie in ihrem Han-

deln menschliche Bedürfnisse achten und bereit sind, menschliche Werte miteinzubeziehen, schloss der Referent.

### Risiko oder Chance?

Den Sprung ins kalte Wasser gewagt habe Ascom-Gfeller AG gemeinsam mit den PTT-Betrieben, führte *A. Rossinelli*, Vertriebsleiter, aus, und fügte an, dass dieser immer wieder gewagt werden müsse, wenn es darum gehe, Chancen frühzeitig zu nutzen. Es sei ja nicht offensichtlich, weshalb sich die Ascom seit Jahren für Minderheiten und besonders für die Blindenwerkstätte engagiere, müssten doch auch bei Ascom die Chancen nach Marktanteilen und Renditeüberlegungen beurteilt werden. Doch wenn die Interessen zweier Partner derart im Einklang stünden, müsse ein Risiko zur Chance werden, dies ganz besonders heute, im Zeichen der stetig wachsenden Innovationsgeschwindigkeit, wo die Behinderten die wichtige Funktion eines Kapazitäts- und Kostenpuffers übernehmen könnten, beispielsweise bei der Fertigung von Kleinserien, die sich durch Behinderte wirtschaftlicher fertigen liessen als in den auf Grossserienfertigung eingestellten Werken. Ein weiterer, menschlicherer Aspekt liege in der Pflege einer Unternehmenskultur, die den Menschen in den Mittelpunkt stelle. Die positiven Erfahrungen seien wirklich ermutigend.

In die Teilnehmervermittlungsanlage (TVA) GDX seien bisher mehrere hundert Mannjahre Entwicklungsarbeit durch den Lizenzgeber *DeTeWe* (Berlin, BRD) und Ascom Gfeller investiert worden. Die Anlage kann von 20 Teilnehmern an eingesetzt werden und ist modular bis auf deren 760 ausbaubar; sie ist ISDN-tauglich. Alle Leistungsmerkmale sind bereits in der kleinsten Ausbaustufe verfügbar.

### Handwerk und moderne Fertigung

An einer anschliessenden Betriebsbesichtigung der Blindenwerkstätte wurden dem Besucher die verschiedenen beruflichen Möglichkeiten, die den Behinderten offenstehen, vor Augen geführt, angefangen bei den rein handwerklichen Beschäftigungen wie der Bürstenmacherei, wo heute wegen der Konkurrenz der maschinell hergestellten Massenware fast ausschliesslich Spezialbürsten im Auftrag hergestellt werden, über die Korbflechterei, die im Zeichen der allgemeinen Nostalgiewelle vor allem bei den Reparaturen von Möbelstücken gut ausgelastet ist, wo aber auch schöne, neue Korbbwaren aller Art gefertigt werden, zur Pneumatikflechterei, wo Türvorlagen aus Altflecken entstehen. In der modernen Fertigung werden elektrische Kleingeräte montiert, aber auch Grossserien von Werbesendungen versandbereit zusammengestellt, in der mechanischen Abteilung stehen Werkzeugmaschinen für einfache Aufträge aus der Industrie bereit. Schliesslich zeigte ein Blick in die neue Telefonzentrale und auf den Computerarbeitsplatz, dass auch hier zum Wohle der Behinderten ein Wandel stattfindet.