

**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

**Herausgeber:** Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

**Band:** 65 (1987)

**Heft:** 10-11

**Artikel:** Die Zusammenarbeit der PTT mit Hochschulen in Forschung und Entwicklung = La collaborazione fra le PTT e le Università nel campo della ricerca e dello sviluppo

**Autor:** Salathe, René P. / Kartaschoff, Peter

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-874834>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 30.04.2026

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

# Die Zusammenarbeit der PTT mit Hochschulen in Forschung und Entwicklung

## La collaborazione fra le PTT e le Università nel campo della ricerca e dello sviluppo

René P. SALATHE<sup>1</sup> und Peter KARTASCHOFF<sup>2</sup>, Bern

### Einleitung

Die heutige Forschungs- und Entwicklungspolitik der PTT stützt sich auf die unternehmungspolitischen Grundsätze und Richtlinien. Darin wird der Schwerpunkt der eigenen Aktivitäten in anwendungsgerichteten und wirtschaftlich motivierten Projekten gesehen, die sich auf Ergebnisse der Grundlagenforschung stützen. Im Wissen um die Bedeutung eines gesicherten Grundlagenwissens wird Wert auf gute Beziehungen mit den Hochschulen gelegt und festgehalten, dass die PTT die Koordination der Forschungstätigkeit der Hochschulen und Industrie unterstützen, fördern und ihnen fallweise gezielte Aufträge erteilen. Diese Forschungsaufträge an Hochschulen haben von ursprünglich 0,35 Mio Franken (1977) auf heute 1,3 Mio Franken im Jahr zugenommen. Eine Liste der zurzeit bearbeiteten Projekte findet sich in *Tabelle I*. Die gesamten Aufwendungen für diese Projekte belaufen sich auf etwa 2,8 Mio Franken, was etwa 50 % des Gesamtaufwands für externe Forschungs- und Entwicklungsprojekte entspricht.

Die enormen technologischen Fortschritte in der Mikro- und Optoelektronik haben das Fundament zur Digitalisierung der Nachrichtenübermittlung und -verarbeitung gelegt. Das allmähliche Zusammenwachsen von Nachrichten- und Computerindustrie führt zu einer starken Diversifizierung der Telekommunikationsdienste und -geräte. Dies hat zusammen mit der Personalplafonierung des Bundes zu einer Verlagerung der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten geführt: Die Erstellung von Pflichtenheften und Typenprüfungen haben auf Kosten der eigentlichen Forschung und Entwicklung anteilmäßig zugenommen. Durch zusätzliche, externe Aufträge an Industrie und Hochschulen soll deshalb verhindert werden, dass die Aktivität besonders bei anwendungsorientierten Projekten zurückgeht. Für den Zwischenbereich von Grundlagenforschung und eigentlicher Produktentwicklung sind für 1987 zusätzliche Mittel von 7,5 Mio Franken bereitgestellt worden. In Projekten mit der Industrie und mit Hochschulen sollen damit grundsätzlich erkannte technische Möglichkeiten derart konkretisiert und verbessert werden, dass sie von der Industrie oder den PTT mit annehmbarem Risiko bis zum praktischen Einsatz weiterentwickelt werden können. Unter diesen zurzeit anlaufenden Projekten befindet sich erst ein Projekt mit einem Hochschulinstitut (in Tab. I mit ZBF bezeichnet); weitere Projekte sind in Vorbereitung, und erfreulicherweise interessiert sich eine zuneh-

### Introduzione

La politica che le PTT praticano nel campo delle ricerche e dello sviluppo si basa sui principi e sulle direttive di politica aziendale: le PTT concentrano i propri sforzi su progetti imperniati sulla pratica, economicamente giustificati, e fondati sui risultati di ricerche di base. Consapevoli dell'importanza di basi scientifiche solide, le PTT hanno interesse a essere in buoni rapporti con le Università, appoggiano e sostengono la coordinazione delle attività di ricerca delle Università e dell'industria e conferiscono loro incarichi precisi. Le spese per gli incarichi di ricerca alle Università sono passate dagli iniziali 0,35 milioni di franchi nel 1977 agli attuali 1,3 milioni di franchi all'anno. Nella *tabella I* sono elencati i progetti in corso. Complessivamente i progetti costano circa 2,8 milioni di franchi, pari al 50 % circa delle spese globali per progetti esterni di ricerca e sviluppo.

Gli enormi progressi tecnologici nella microelettronica e nella optoelettronica hanno creato le basi per la nume-

**Tabelle I. Liste der laufenden F&E-Projekte mit Hochschulen (Stand August 1987)**

**Tabelle I. Lista dei progetti R&S in corso con i Politecnici (agosto 1987)**

Projekt Progetto	Jahr Anno	Auftrag an Incarico a
Synthèse automatique de Parole par Ordinateur	1984	ETHZ
Neue Verfahren zur Herstellung hochpräziser Hohlkörper für die mm-Wellentechnik	1986	Universität Bern
Direct Sequence-Time Division Multiple Acces (DS-TDMA-)Übertragung	1986	ETHZ
DS-TDMA-Synchronisation	1986	ETHZ
Spektrumökonomie beim DS-TDMA-Mobilfunk	1986	ETHZ
Untersuchung hochaufgelöster Rückstreuungsmessungen mittels Intensitätskorrelation an integriert-optischen Strukturen	1986	Universität Bern
Untersuchung von Komponenten zur Messtechnik für kohärente optische Übertragungssysteme	1987	EPFL
Etude de messagerie commerciale	1987	ZBF EPFL
Paketorientiertes Übermittlungsverfahren für das Breitband-ISDN	1987	EPFL
Integriert-optische Verstärker und Modulatoren mit III-V-Homo- und Heterostruktur-pn-Übergängen	1987	ETHZ
Messgerät für die Bestimmung der Polarisationseigenschaften von Monomodefasern	1987	Universität Neuenburg

<sup>1</sup> Chef der Abteilung Material und Prüfwesen der Generaldirektion PTT

<sup>2</sup> Sektionschef Allgemeine Funktechnik der Generaldirektion PTT

<sup>1</sup> Capo della Divisione tecnica del materiale e del controllo della Direzione generale delle PTT

<sup>2</sup> Capo della Sezione radiotecnica in generale della Direzione generale delle PTT

mende Zahl von Hochschulinstituten für diese praxisnahe Forschung.

Zur Illustration nachstehend zwei Projekt-Beispiele:

### **Digitale Mobilfunktechnik**

Mobilfunktechnik wird bei den PTT schon seit langer Zeit bearbeitet. Die Entwicklung und Einführung des Autors Ende der 50er Jahre war eine Pioniertat, aus der in der Folge der in ganz Westeuropa verbreitete Eurosignal-Funkrufdienst entstand. In den 60er Jahren wurde dann das erste landesweit einsetzbare vollautomatische Autotelefon Natel entwickelt, aber erst in der zweiten Hälfte der 70er Jahre eingeführt. Nicht nur die damals verbreiteten Skeptiker, sondern auch die Promotoren wurden vom Erfolg überrascht, so dass die PTT den weiteren Ausbau wegen Mangels an verfügbaren Frequenzkanälen nur mit Schwierigkeiten ausführen konnten. Zurzeit wird ein drittes Netz «C» im 900-MHz-Bereich gebaut, mit mehreren hundert Fixstationen und im Endausbau etwa 300 000 anschließbaren Teilnehmern. Bei diesem Mobiltelefon, wie auch bei den neu eingeführten schnurlosen Telefonapparaten, werden die Sprachsignale mit Frequenzmodulation (analog) übertragen.

Der allgemeine, technologisch geförderte Trend zur Digitalisierung der Informationsübermittlung macht auch vor dem Funkkanal nicht halt.

Die in der leitergebundenen Nachrichtentechnik üblichen PCM-Verfahren eignen sich aber nicht ohne weiteres für die Übertragung über den mobilen Funkkanal. Die normale Übertragungsrates von 64 kbit/s würde, auf einem HF-Träger moduliert, ein Mehrfaches der bisherigen Kanalbreite belegen und damit die kostbare Bandbreite schlecht ausnützen. Deshalb wird an vielen Orten an der Entwicklung neuer Codierverfahren gearbeitet um, je nach Komplexität der verwendeten Schaltungen, Sprache in brauchbarer Qualität mit höchstens 16 kbit/s zu übertragen.

Die Digitalisierung ermöglicht aber auch die Einführung neuer Zugriffsverfahren zum Netz. Im Vordergrund steht der Zeitvielfach-Zugriff, bei dem statt eines Frequenzkanals dem Teilnehmer ein in einem Zeitrahmen periodisch wiederkehrender Zeitschlitz zugeordnet wird.

Das Hauptproblem der digitalen mobilen Funkübertragung ist die durch die Bewegung der mobilen Station erzeugte schnelle Variation der Übertragungseigenschaften des Funkkanals. Sie kommt daher, dass die elektromagnetischen Wellen nicht nur direkt, sondern auch auf Umwegen verzögert vom Sender zum Empfänger gelangen. Diese variable Mehrwegausbreitung erzeugt Verzerrungen des ursprünglich gesendeten Signals. Die Fachliteratur der letzten zehn Jahre enthält zahlreiche theoretische Untersuchungen und Vorschläge zur Bekämpfung dieser Verzerrungen, aber nur sehr wenige experimentelle Resultate.

Die vor einiger Zeit erteilten Studienaufträge an die ETH-Zürich (ETHZ), deren Vorarbeiten zum Teil auch vom Bundesamt für Bildung und Wissenschaft im Rahmen des europäischen Programms COST 207 (Digitaler Landmobilfunk) unterstützt werden, haben zum Ziel, sowohl theoretisch als auch experimentell, die Grundlagen für neue Systementwicklungen und Netzkonzepte so-

rizzatione della trasmissione e del trattamento di messaggi. La graduale fusione dell'industria delle comunicazioni con l'industria dei computer ha prodotto una forte diversificazione dei servizi e delle apparecchiature di telecomunicazione. A causa anche del contingentamento del personale della Confederazione, si è verificato uno spostamento nel campo delle attività di ricerca e di sviluppo: l'allestimento di capitolati d'oneri e le prove di tipo sono aumentati a scapito delle attività di ricerca e sviluppo vere e proprie. Conferendo incarichi alle Università e all'industria, l'Azienda vuole soprattutto che non diminuiscano le attività impiegate sulla pratica. Per il campo intermedio, quello tra le ricerche di base e lo sviluppo di prodotti, è a disposizione per il 1987 un credito supplementare di 7,5 milioni di franchi. I progetti affidati all'industria e alle Università devono servire a concretizzare e migliorare possibilità tecniche già note in modo che l'industria o le PTT possano svilupparle fino all'impiego pratico senza correre grossi rischi. Tra i progetti di ricerca applicata attualmente in corso, solo uno è affidato a un istituto di studi superiori (nella tab. I designato ZBF); altri progetti sono in preparazione e fortunatamente un numero crescente di Università mostra interesse per ricerche impiegate sulla pratica.

A illustrazione di quanto detto presentiamo due esempi:

### **La tecnica di radiocomunicazione digitale mobile**

Le PTT si occupano già da tempo di tecnica di radiocomunicazione mobile. Sviluppando e introducendo la chiamata automobili alla fine degli anni '50 le PTT hanno svolto un lavoro da pionieri. Infatti dalla chiamata automobili è nato il servizio di radiochiamata Eurosegnale diffuso poi in tutta l'Europa occidentale. Negli anni '60 è stato realizzato il primo autotelefono Natel completamente automatico utilizzabile in tutto il Paese, che è stato poi introdotto nella seconda metà degli anni '70. Il successo di questo telefono non ha stupito solo gli innumerevoli scettici, ma persino i promotori: la mancanza di canali ha messo nei guai le PTT quando si è trattato di ampliare il servizio. Attualmente si sta costruendo la terza rete (Natel C) nella banda dei 900 MHz con diverse centinaia di stazioni fisse e un'estensione finale prevista attorno ai 300 000 allacciamenti. In questi apparecchi mobili come anche nei telefoni senza cordone recentemente introdotti i segnali vocali sono trasmessi in modulazione di frequenza (analogica).

La tendenza tecnologica generale verso la numerizzazione della trasmissione dell'informazione non si arresta certo davanti al canale di radiocomunicazione.

I sistemi PCM utilizzati nella tecnica delle trasmissioni per filo non sono tuttavia adatti alla trasmissione su canali di radiocomunicazione mobile. La normale velocità di trasmissione di 64 kbit/s occuperebbe, modulata su una portante AF, un multiplo dell'attuale larghezza di canale e sfrutterebbe solo in modo insufficiente la preziosa larghezza di banda. Per questo motivo si sta procedendo in diverse sedi allo sviluppo di nuovi sistemi di codifica che permettono di trasmettere segnali vocali di qualità accettabile alla velocità di 16 kbit/s al massimo.

La numerizzazione consente però anche l'introduzione di nuovi metodi di accesso alla rete. In primo luogo l'ac-

weit zu sichern, dass das Entwicklungsrisiko für die ebenfalls beteiligte Industrie besser abgeschätzt werden kann.

Die Arbeiten der drei Institute der ETHZ am Forschungsprogramm «Digitaler Mobilfunk» verteilen sich schwerpunktmässig entsprechend den vorhandenen Kenntnissen und Fähigkeiten. Das Institut für Kommunikationstechnik (Prof. Dr. P. Leuthold) arbeitet in der Übertragungstechnik (Kanal- und Empfängermodelle), das Institut für Signal- und Informationstechnik (Prof. Dr. J. L. Massey) in Codierung, Zugriffs- und Synchronisationstechnik und das Institut für Feldtheorie und Höchstfrequenztechnik (Prof. Dr. G. Epprecht) an piezoelektrischen Oberflächenwellenfiltern (Analyse von Mehrwegsignalen). Für spezielle Aufgaben in deren Technologie arbeitet auch das Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM) in Neuenburg mit. Die ersten praktischen Resultate werden für den Herbst 1987 in Form einer neuen mobilen Messeinrichtung zur Untersuchung der Mehrwegausbreitung im Gelände erwartet.

### **Optische Übertragungstechnik**

Erste interne Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der optischen Kommunikation wurden bei den PTT im Jahre 1973 begonnen. Die Arbeiten deckten rasch das grosse Anwendungspotential auf. Die zunehmenden internen Aktivitäten wurden 1976 mit Forschungsaufträgen an Hochschulen verstärkt. Inzwischen ist die Übertragung mit Glasfasern eine etablierte Technik geworden.

Fiberoptische Leitungen werden mit Rückstreuungsmessungen untersucht. Bei diesem Messverfahren wird ein Lichtimpuls in die Glasfaser eingestrahlt und die an Defekten oder Störstellen rückgestreute Lichtintensität als Funktion der Zeit, und somit auch des Ortes, registriert. Der minimale, noch messbare Abstand zweier Störstellen wird durch die Dauer des Lichtimpulses bestimmt. Herkömmliche Apparaturen mit Lichtimpulsen von einigen Nanosekunden Dauer besitzen eine Auflösung im Meterbereich. In Zusammenarbeit mit dem Institut für angewandte Physik der Universität Bern (Prof. Dr. H.-P. Weber) ist ein Lasersystem aufgebaut worden, das 82 000 000 Lichtimpulse/s mit einer Dauer von 300 Femtosekunden ( $1 \text{ Femtosekunde} = 10^{-15} \text{ Sekunde}$ ) erzeugt. Diese Impulsdauer ist etwa tausendmal kürzer als bei herkömmlichen Rückstreuungssystemen. Die ausgestrahlte Lichtwellenlänge liegt bei  $1,3 \mu\text{m}$  und damit genau bei der in der optischen Übertragung verwendeten Wellenlänge. Die Dauer eines solchen Lichtimpulses setzt sich aus etwa 70 einzelnen Lichtschwingungen zusammen. Die Detektion solcher Lichtimpulse kann nicht mit einem normalen Fotoempfänger bewerkstelligt werden, weil selbst die schnellsten Fotodetektoren solchen Impulsen nicht folgen können. Es kommt deshalb nur eine optische Überlagerungsmethode in Frage, die die Verwendung eines normalen Fotodetektors erlaubt. Erste Versuche mit dem aufgebauten Messsystem ergaben, dass die Rückstreusignale von zwei nur  $1/50 \text{ mm}$  voneinander entfernten Objekten einwandfrei unterschieden werden konnten. Dies stellt die beste Ortsauflösung dar, die je bei dieser Wellenlänge mit Rückstreuungsmessungen erreicht worden ist. Die Anlage wird nun im Rahmen dieses Projektes zu zerstörungsfreien Messun-

cesso multiplo a divisione di tempo che consiste nell'attribuire all'utente non un canale ma un intervallo di tempo che ritorna periodicamente in una trama temporale.

Il problema principale della radiocomunicazione mobile digitale risiede nel rapido variare delle caratteristiche trasmissive del canale radio a causa dagli spostamenti del mezzo mobile. Questa variazione si verifica perché dal trasmettitore al ricevitore le onde elettromagnetiche possono propagarsi non solo direttamente ma anche indirettamente con conseguenti ritardi. Questo fenomeno di propagazione per cammini multipli provoca delle distorsioni del segnale originale trasmesso. Nella letteratura tecnica degli ultimi dieci anni si possono trovare numerose indagini teoriche e proposte per ovviare a queste distorsioni, ma solo pochi risultati sperimentali.

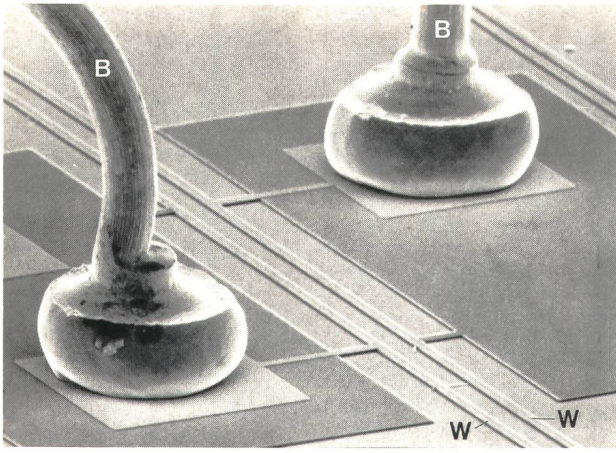
Dagli studi affidati qualche tempo fa al Politecnico di Zurigo (ETHZ) – i lavori preliminari sono in parte sostenuti anche dall'Ufficio federale dell'educazione e della scienza nell'ambito del piano europeo di ricerca COST 207 (Digital Land Mobile Radio Communications) – devono scaturire, sia teoricamente che sperimentalmente, le basi per sviluppare nuovi sistemi e progettare nuove reti cosicché anche l'industria interessata possa valutare meglio i rischi.

Di regola i lavori sono affidati ai tre istituti del Politecnico di Zurigo che partecipano al programma di ricerche «radiocomunicazione digitale mobile» in conformità al loro campo di attività. L'istituto per la tecnica della comunicazione (prof. dr. P. Leuthold) lavora alla tecnica delle trasmissioni (modelli di canali e di ricevitori), l'istituto per la tecnica dei segnali e dell'informazione (prof. dr. J. L. Massey) alla codifica e alla tecnica di accesso e sincronizzazione, e l'istituto per la teoria del campo unitario e la tecnica di iperfrequenza (prof. dr. G. Epprecht) a filtri piezoelettrici di onde di superficie (analisi di segnali di cammini multipli). Compiti speciali in questa tecnologia sono affidati anche al Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM) di Neuchâtel. I primi risultati pratici sono previsti per l'autunno 1987: un nuovo dispositivo mobile di misura della propagazione per cammini multipli sul terreno.

### **Tecnica di trasmissione ottica**

I primi lavori di ricerca nel campo della comunicazione ottica sono stati intrapresi dalle PTT nel 1973. Fin dall'inizio è emerso il vasto potenziale di applicazione insito in questo campo. Nel 1976, alle numerose attività interne si sono aggiunti gli incarichi di ricerca alle Università. Nel frattempo la trasmissione su fibre ottiche è diventata una tecnica affermata.

I collegamenti in fibra ottica sono studiati con misure di retrodiffusione. Questo metodo di misura consiste nell'iniettare un impulso luminoso nella fibra ottica e nel registrare l'intensità della luce retrodiffusa dai punti guasti o perturbatori quale funzione temporale e quindi spaziale. La distanza minima misurabile fra due punti perturbatori è data dalla durata dell'impulso luminoso. Le apparecchiature convenzionali con impulsi luminosi che durano alcuni nanosecondi hanno una risoluzione attorno al metro. In collaborazione con l'Istituto di fisica applicata



**Fig. 1**  
 Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme der elektrischen Ansteuerung eines optischen Modulators (Mach-Zehnder-Interferometer) – Microfotografia del comando elettrico di un modulatore ottico (interferometro integrato ottico Mach-Zehnder) ottenuta al microscopio elettronico  
 B Bonddrähte – Fili di contatto  
 W Optische Wellenleiter – Guida d'onda ottica

gen von optischen Komponenten und Bauteilen eingesetzt.

In elektro-optischen Kristallen werden die Wellenleitereigenschaften durch Anlegen einer Spannung verändert. Damit lassen sich Wellenleitermodulatoren sowie optische Schalt- und Leitkreise herstellen. Besonders interessant erscheinen diese Möglichkeiten, wenn die Verbindungshalbleiter GaAs oder InP als Substratmaterialien verwendet werden. In diesen Materialien können zusätzlich noch aktive *optische* Elemente, wie Verstärker, Laser und Detektoren sowie *elektronische* Schaltkreise realisiert werden. Auf diesem Gebiet laufen zurzeit im Auftrag der PTT Forschungsprojekte an der ETH Zürich (Prof. Dr. H. Melchior, Prof. Dr. G. Guekos) und Lausanne (Prof. Dr. F. K. Reinhart). *Figur 1* zeigt in einer Elektronenmikroskopaufnahme die elektrischen Kontakte für die Lichtsteuerung in einem integriert-optischen Mach-Zehnder-Interferometer, hergestellt in GaAs. Das Element wurde an der ETH Zürich entwickelt und verwirklicht. Es kann als Wellenleitermodulator betrieben werden und erreicht eine 3-dB-Grenzfrequenz von 4,5 GHz. Diese Limite ist bei diesem Element nur durch kapazitive und induktive Verluste bei der elektrischen Ansteuerung gegeben und könnte mit entsprechenden Modifikationen noch stark erhöht werden. Interessant an dieser Aufnahme ist der Größenvergleich zwischen den Bonddrähten von 25 µm Durchmesser für die elektrische Ansteuerung und den beiden parallelen optischen Wellenleitern von 6 µm Breite.

An der ETH Lausanne wurden abstimmbare, optische Wellenlängenfilter und Detektoren auf demselben Chip integriert und damit die Möglichkeit einer Integration von mehreren optischen Elementen auf demselben Substrat experimentell demonstriert. In einem gerade neu angelaufenen Projekt soll nun ein neuartiger Detektor für kohärent optische Signale gebaut werden.

Die bis jetzt an den beiden Hochschulen durchgeführten Projekte zeigen, dass wir uns auf dem Gebiet der optoelektronischen Integration erst am Anfang einer breiten

dell'Università di Berna (prof. dr. H.-P. Weber) è stato costruito un sistema laser in grado di generare 82 000 000 di impulsi luminosi/s con una durata di 300 femtosecondi (1 femtosecondo =  $10^{-15}$  secondi). Questa durata è circa mille volte inferiore a quella per i sistemi di retrodiffusione tradizionali. La lunghezza dell'onda luminosa emessa si aggira attorno ai 1,3 µm, pari pressappoco alla lunghezza d'onda utilizzata nella trasmissione ottica. La durata di questi impulsi si compone di una settantina di singole oscillazioni luminose. La rivelazione di questi impulsi luminosi non può essere assicurata con fotoricevitori normali perché neanche i fotorivelatori più rapidi sono in grado di seguirli. Bisogna dunque adottare un metodo di sovrapposizione ottica che permette di impiegare un fotorivelatore normale. Dalle prime prove con il sistema di misura costruito è risultato che si possono distinguere senza difficoltà i segnali retrodiffusi di due oggetti distanti solo  $1/50$  mm l'uno dall'altro. Ciò rappresenta la migliore risoluzione spaziale mai raggiunta a questa lunghezza d'onda con misure di retrodiffusione. L'impianto è ora impiegato nell'ambito di questo progetto per misure non distruttive di componenti e elementi ottici.

Nei cristalli elettro-ottici le proprietà delle guide d'onde cambiano se si applica una tensione. Con questo materiale si possono produrre modulatori di guide d'onde, circuiti e conduttori ottici. Queste possibilità diventano particolarmente interessanti se si utilizzano quale materiale di substrato i semiconduttori composti GaAs o InP. Con questi materiali si possono fabbricare anche elementi *ottici* attivi come amplificatori, laser, rivelatori e circuiti *elettronici*. Su incarico delle PTT sono in corso progetti di ricerca ai Politecnici di Zurigo (prof. dr. H. Melchior, prof. dr. G. Guekos) e Losanna (prof. dr. F. K. Reinhart). La *figura 1* mostra nella microfotografia ottenuta al microscopio elettronico i contatti elettrici per la modulazione della luce in un interferometro integrato ottico Mach-Zehnder fabbricato in GaAs. L'elemento è stato sviluppato e realizzato al Politecnico di Zurigo. Può essere utilizzato quale modulatore di guida ottica e raggiungere una frequenza limite 3 dB a 4,5 GHz. Il limite per questo elemento è dovuto solo a perdite capacitive e induttive del comando elettrico e potrebbe essere aumentato notevolmente con opportune modifiche. Dalla microfotografia risulta chiaramente il rapporto di grandezza tra i fili di contatto con diametro di 25 µm del comando elettrico e le due guide d'onde ottiche parallele larghe 6 µm.

Al Politecnico di Losanna è stato possibile integrare sullo stesso chip filtri di guide d'onde ottiche e rivelatori ed è pertanto dimostrato sperimentalmente che si possono integrare più elementi ottici sullo stesso substrato. Con il progetto più recente si vuole arrivare a costruire un rivelatore di nuovo tipo per segnali ottici coerenti.

I progetti finora elaborati nei due Politecnici mostrano che nel campo dell'integrazione optoelettronica si è agli inizi di una vasta evoluzione. Ci si può aspettare che tra 2 a 3 anni le proprietà degli elementi ottici di trasmissione e rivelazione miglioreranno con l'aggiunta di altre funzioni. A medio e lungo termine si potranno costruire elementi ottici con proprietà completamente nuove e integrare in un solo chip le funzioni necessarie all'interconnessione di diverse linee ottiche.

Fortsetzung Seite 542