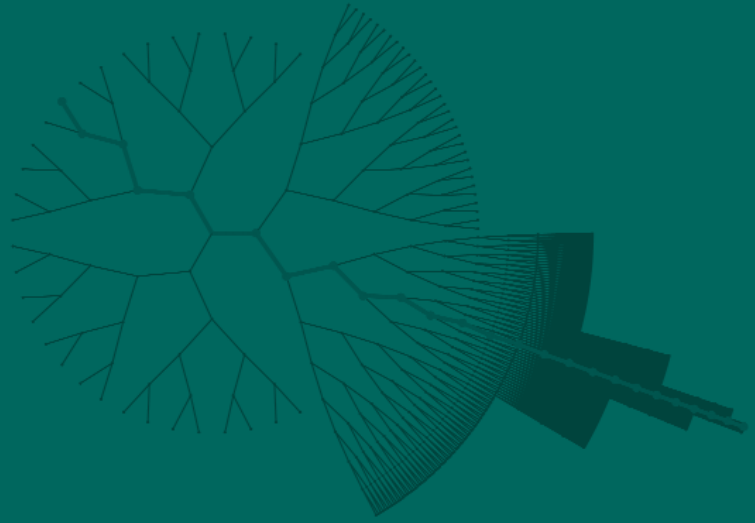


Forschung und Lehre mit Profil

Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik
Universität Paderborn

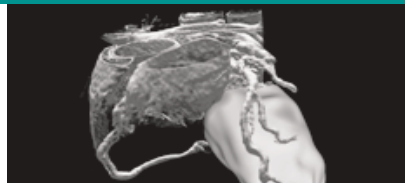


INSTITUT
FÜR ELEKTROTECHNIK UND
INFORMATIONSTECHNIK



INSTITUT
FÜR INFORMATIK

INSTITUT
FÜR MATHEMATIK



UNIVERSITÄT PADERBORN
Die Universität der Informationsgesellschaft

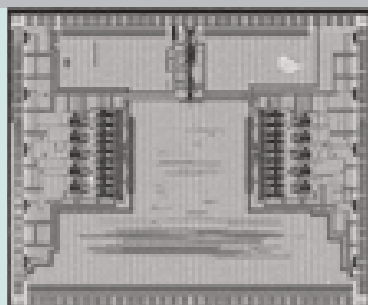
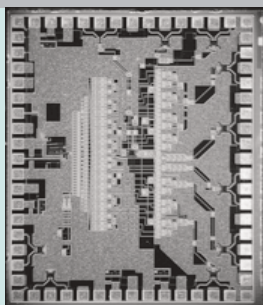
Schwerpunktprojekt Optoelektronik

Im Schwerpunktprojekt Optoelektronik arbeiten fünf Gruppen, mit ausgezeichneter Ausstattung für die Herstellung Si-basierter integriert-optischer Schaltkreise, den Entwurf photonischer Komponenten, die breitbandige optische Kommunikation – derzeit bis zu 160 Gbit/s je optische Wellenlänge – und die Entwicklung höchstfrequenter und höchstintegrierter elektronischer Schaltkreise. Um gigantische Übertragungskapazitäten für den weltweiten Datenverkehr zu erzielen, erforschen wir geeignete optische Modulations- und Signalentzerrungsverfahren. Ebenso entwickeln wir breitbandige integrierte elektronische Schaltkreise für das Senden und Empfangen von bis zu 40 Gbit/s je Teilsignal. Seit Kurzem will die Telekommunikationsindustrie die Datenübertragung auch deutlich preisgünstiger gestalten.

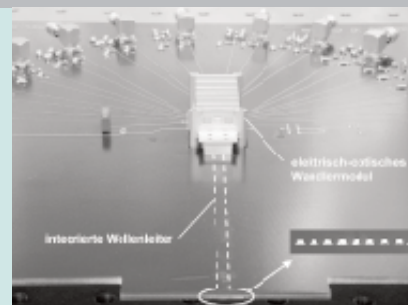
Wir koordinieren ein EU-Projekt mit dieser Zielsetzung, in dem wir weltweit erstmalig optische Quadratur-Phasenumtastung mit Synchrondemodulation unter Verwendung von Standardlasern demonstriert haben. Die optische Datenübertragung dringt sogar in elektronische Baugruppen ein; dies ist ein weiterer Schwerpunkt unserer Arbeiten. Für die Sensortechnik entwickeln wir integrierte Optik. Zur numerischen Berechnung elektromagnetischer Felder erforschen wir Diskretisierungsmethoden. Mit weitreichender Perspektive werden so Metamaterialien entworfen, die völlig neuartige optische Eigenschaften aufweisen. Zusammen mit Gruppen aus der Fakultät NW bilden wir das Center for Optoelectronics and Photonics Paderborn (CeOPP).

Beteiligte Professoren des Instituts

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hilleringmann
 Prof. Dr.-Ing. Gerd Mrozynski
 Prof. Dr.-Ing. Reinhold Noé
 Prof. Dr.-Ing. Ulrich Rückert
 Prof. Dr.-Ing. Rolf Schuhmann
 Prof. Dr.-Ing. Andreas Thiede

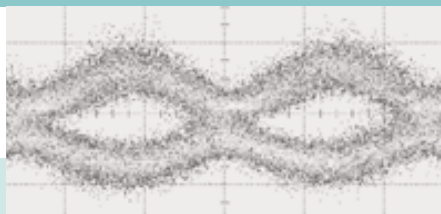


Oben: 5-Bit-Analog-Digital-Wandler und Träger- und Datenrückgewinnung für optische Quadratur-Phasenumtastung mit 20 Gbit/s

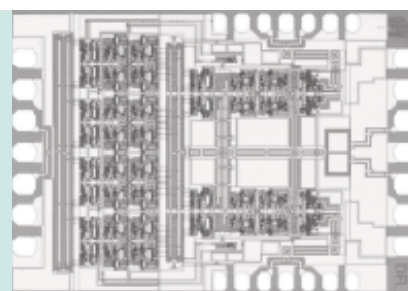
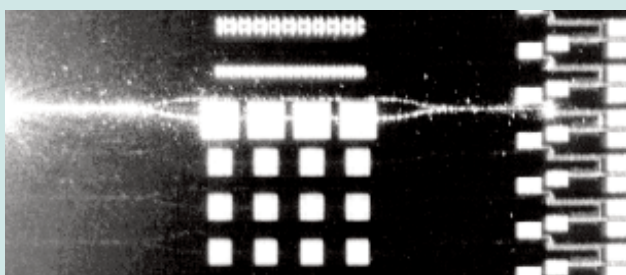


Oben: Mehrlagige Leiterplatte mit optischen Wellenleitern

Rechts: 40-Gbit/s-Augendiagramm bei der optischen Datenübertragung von 5,94 Tbit/s über 324 km



Unten: Drucksensor mit integriert-optischem Interferometer



Oben: 20-Gbit/s-Entscheiderbaustein mit quantisierter Rückkopplung für elektronische Signalentzerrung

Informationstechnik

Die Informationstechnik befasst sich mit dem Entwurf und der Weiterentwicklung von Systemen der Informationsübertragung und -verarbeitung.

Professor Noé erforscht die optische Informationsübertragung. Wichtige Ergebnisse sind die hochpräzise Messung und verteilte Kompensation von Polarisationsmodendispersion, attosekundengenaue Laufzeitbestimmung sowie synchrone QPSK- und bandlimitierte 5,94-Tbit/s-Datenübertragung.

Professorin Hellebrand arbeitet in der Datentechnik an effizienten Test- und Diagnoseverfahren für mikroelektronische Systeme. Insbesondere bei „Systems-on-

a-Chip“, die viele von außen nur schwer zugängliche Komponenten auf einem Chip integrieren, sind kostengünstige Lösungen nur möglich, wenn Testeinrichtungen mit in das System integriert werden.

Dazu werden geeignete Hardwarestrukturen und Algorithmen zur Aufbereitung der Testdaten sowie zur Synthese testfreundlicher Strukturen entwickelt.

In der Nachrichtentechnik arbeitet Professor Hüb-Umbach an Themen aus dem Bereich Funkkommunikation und -ortung sowie Sprachsignalverarbeitung und Spracherkennung. Ein Beispiel ist die adaptive Strahlausrichtung einer Mikrophongruppe auf

einen sich bewegenden Sprecher.

In der Nachrichtentheorie entwickelt Professor Meerkötter effiziente Algorithmen für die digitale Signalverarbeitung. Dazu gehören Werkzeuge für den Entwurf und die Synthese von Digitalfiltern und „passive“ Simulationsverfahren. Das Leitthema des GET Labs von Professorin Mertsching sind „kognitive Systeme“. Es werden (semi-)automatische Bildverarbeitungssysteme (aktive Sehsysteme, telesensorische Systeme), Systeme für die Audio- und Bildsignalverarbeitung und Werkzeuge für die Erstellung multimedialer Lehrmaterialien (Autorensysteme) entwickelt.

Mitglieder des Bereichs Informationstechnik

(v. l. n. r.)

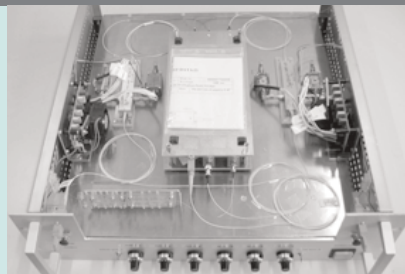
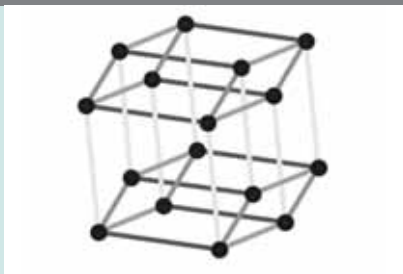
Prof. Dr.-Ing. Reinhold Noé

Prof. Dr.-Ing. Klaus Meerkötter

Prof. Dr. rer. nat. Sybille Hellebrand

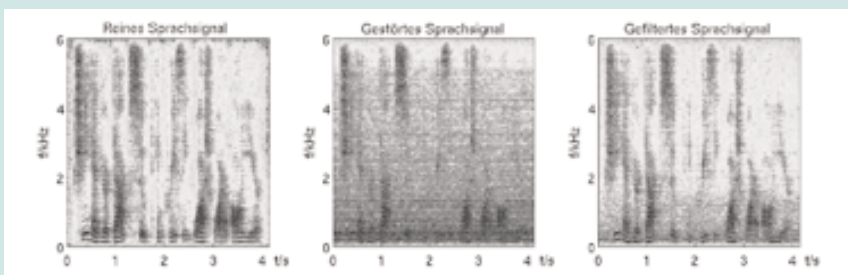
Prof. Dr.-Ing. Bärbel Mertsching

Prof. Dr.-Ing. Reinhold Hüb-Umbach



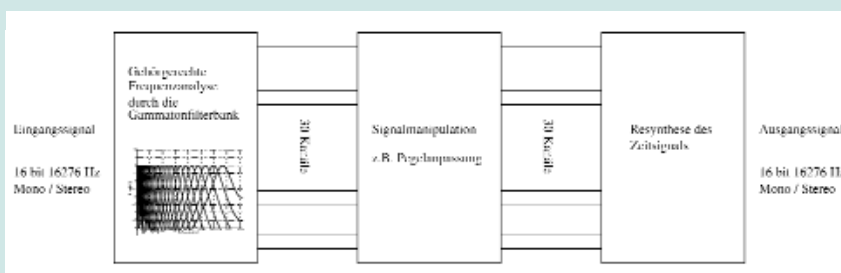
Optische Quadratur-Phasenumtastung (QPSK) kombiniert mit Polarisationsmultiplex

Die 16 Zustände dieses dispersions- und rauschtoleranten Modulationsverfahrens können durch die Ecken eines vierdimensionalen Würfels symbolisiert werden. Den dazugehörigen optischen 40-Gbit/s-Sender haben wir im EU-Projekt „synQPSK“ entwickelt.



Entstörung eines verrauschten Sprachsignals

Dargestellt sind drei Spektrogramme, welche die Leistungsdichte der jeweiligen Signale als Funktion der Zeit (Abszisse) und Frequenz (Ordinate) zeigen. Man erkennt, dass das entstörte Signal (rechts) weitgehend wieder dem rauschfreien Sprachsignal (links) entspricht.



Verlustleistungsarme Informationsverarbeitung

Wir verringern den Leistungsbedarf komplexer Daten- und Signalverarbeitungssysteme in mobilen Geräten. Eine typische Applikation ist die gehörgerechte Sprachvorverarbeitung, welche als Frontend für Spracherkennung, digitale Hörgeräte und Sprachgütebewertung eingesetzt wird.

Optische Nachrichtentechnik und Hochfrequenztechnik

Prof. Dr.-Ing. Reinhold Noé

„Modulation und Entzerrung hochbitratiger optischer Signale“

Internet- und Telefonverkehr werden zum Großteil über Lichtwellenleiter abgewickelt. Der Datenverkehr verdoppelt sich etwa alle zwei Jahre, und atemberaubendes Wachstum wird auch für die Zukunft erwartet. Wir entwickeln Techniken, mit denen sich Reichweite und Kapazität optischer Datenübertragungstrecken erhöhen lassen. Einerseits sind dies fortschrittliche Modulationsverfahren, etwa Quadratur-Phasenumtastung (QPSK) kombiniert mit Polarisationsmultiplex. Damit halten wir seit über 1 1/2 Jahren für Entfernungen von mehr als 250 km im optischen C-Band den Kapazitätsrekord, 5,94 Tbit/s. Außerdem beherrschen wir, bisher als Einzige, die optische QPSK-Datenübertragung mit Standardlasern und Synchrondemodulation in Echtzeit.

Um das Laserphasenrauschen zu überwinden, wird der Träger rückkopplungsfrei in einem optischen Überlagerungsempfänger zurückgewonnen. Wir detektieren und kompensieren auch lineare Signalverzerrungen der Lichtwellenleiter, etwa Polarisations Transformationen im Fall polarisationssensitiver Modulationsverfahren sowie die Polarisationsmodendispersion, eine durch Polarisationsabhängigkeit der Signallaufzeit bedingte Impulsverbreiterung. Am ehesten stört aber die chromatische Dispersion, eine Impulsverbreiterung durch Wellenlängenabhängigkeit der Signallaufzeit. Dafür haben wir ein kostengünstiges Messverfahren entwickelt, das selbst Signallaufzeitsschwankungen von nur 10^{-16} s (100 Attosekunden) detektiert.

Prof. Dr.-Ing. Reinhold Noé

(Foto links unten) ist Professor (C4) im Institut für Elektrotechnik und Informationstechnik. Unterstützt von der Studienstiftung des deutschen Volkes studierte er Elektrotechnik an der TU München (1979–1984). 1987 promovierte er dort. Nach einem Postdoc-Jahr bei Bellcore in New Jersey forschte er ab 1988 bei Siemens in München über kohärente optische Datenübertragung. 1992 wurde er nach Paderborn berufen, 1995 lehnte er einen Ruf der Univ. Linz ab, und 2001 verbrachte er ein Praxissemester bei Infineon in Berlin. Prof. Noé hat über 170 internationale wissenschaftliche Beiträge veröffentlicht und ist in 149 Patentanmeldungen/Patenten als Erfinder genannt. Er ist Mitherausgeber der Zeitschrift „Electrical Engineering“, Mitglied der Programmkomitees mehrerer Tagungen und der DFG-Forschergruppe „Integrierte Optik in LiNbO₃: neue Bauelemente, Schaltkreise und Anwendungen“, und Koordinator des EU-Projekts „Key Components for Synchronous Optical Quadrature Phase Shift Keying“.

<http://ont.upb.de/>

INSTITUT FÜR ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK
INFORMATIONSTECHNIK

19



Erstmalige optische QPSK-Datenübertragung mit Standardlasern und Synchrondemodulation (<http://ont.upb.de/synQPSK>). Ein digitaler optischer Überlagerungsempfänger gewinnt Träger und Daten in Echtzeit zurück.



Hier wird Duobinärmodulation in zwei Quadraturen für eine dispersionstolerante vierstufige Intensitätsmodulation eingesetzt.



Hier werden 40 Laserfrequenzen mit jeweils 40 Gbaud moduliert, und zwar durch differenzielle Quadratur-Phasenumtastung kombiniert mit Polarisationsmultiplex. Je Symbol werden so 4 Bit übertragen. Bei Einsatz von Fehlerkorrektur Elektronik entspricht das einer Gesamtdatenrate von 5,94 Tbit/s (5.940.000.000 Bit pro Sekunde), wobei lediglich das optische C-Band gebraucht wird. Außer dem Sender umfasst der Aufbau 324 km Lichtwellenleiter in vier Strecken von je 81 km Länge, optische Erbium- und Ramanverstärker, einen schaltbaren optischen Dispersionskompensator, eine optische Polarisationsregelung, ein Interferometer zur Datendemodulation und einen optischen Gegentaktempfänger mit Takt- und Datenrückgewinnung.

NRW International Graduate School

„Dynamic Intelligent Systems“

Die im Herbst 2001 vom Land Nordrhein-Westfalen gegründete NRW International Graduate School „Dynamic Intelligent Systems“ der Universität Paderborn hat das Ziel, hoch qualifizierte Absolventen in sehr kurzer Zeit in den Fächern Informatik, Elektrotechnik, Mathematik, Maschinenbau oder Wirtschaftsinformatik zur Promotion zu führen. Alle Doktoranden nehmen an speziellen Vorlesungen und Seminaren auf Promotionsniveau teil und werden in ihrer wissenschaftlichen Arbeit durch jeweils drei der insgesamt 16 beteiligten Professoren interdisziplinär betreut.

72 Doktoranden aus 16 Ländern wurden bisher in die International Graduate School aufgenommen, 20 von ihnen haben diesen dreijährigen englischsprachigen Promotionsstudiengang bereits erfolgreich abgeschlossen und arbeiten nun bei namhaften deutschen Unternehmen oder forschen an Universitäten in Deutschland, Frankreich, Polen und Taiwan.

Forschungsschwerpunkt der International Graduate School ist die Weiterentwicklung dynamisch-vernetzter intelligenter Systeme (Embedded Systems). Diese bestehen aus selbstständig agierenden Systemen, die miteinander kommunizieren und ihre Entscheidungen untereinander automatisiert abstimmen. Im Rahmen des Internationalen Promotionsprogramms (IPP) von DAAD und DFG wird die International

Graduate School seit 2002 als Zentrum wissenschaftlicher Exzellenz gefördert. Als eines von 50 geförderten Programmen wurde sie als „Best Practice“ in den Bereichen Interdisziplinarität, Verstärkung und Unternehmenskooperation ausgezeichnet.

Seit 2004 beteiligt sich die Industrie an der Finanzierung einzelner Promotionsprojekte. Patenschaften für insgesamt 14 Doktoranden wurden inzwischen durch die Dr.-Arnold-Hueck-Stiftung, DaimlerChrysler AG, Deutsche Lufthansa AG, Fraunhofer-Gesellschaft, Hella KGaA Hueck & Co., Siemens AG, Unity AG und die Wincor Nixdorf International GmbH übernommen.

Gründungsvorstand (v. l. n. r.)

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Rückert, Prof. Dr.-Ing. Joachim Lückel, Prof. Dr.-Ing. Jörg Wallaschek, Prof. Dr. Michael Dellnitz, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, Prof. Dr. Wilhelm Schäfer, Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Dangelmaier, Prof. Dr. Friedhelm Meyer auf der Heide, Prof. Dr. Leena Suhl, PD Dr. Eckhard Steffen, Prof. Dr.-Ing. Reinhold Noé, Prof. Dr. Hans Kleine Büning, Prof. Dr. Franz J. Rammig, Prof. Dr. Gregor Engels, Prof. Dr. Uwe Kastens, Prof. Dr.-Ing. Andreas Thiede, Prof. Dr. Burkhard Monien



Die Studierenden der International Graduate School stammen aus zahlreichen Ländern, der erste Jahrgang wurde zum Wintersemester 2001/2002 aufgenommen; seitdem steigen die Bewerberzahlen kontinuierlich an.

Mittlerweile haben sich über 1000 Absolventinnen und Absolventen um eine Aufnahme in den Promotionsstudiengang beworben, von denen sich 72 im mehrstufigen Bewerbungsverfahren für die Aufnahme qualifizierten.