

# LICHT AUS DER STECKDOSE

Photos: Photodisc

## ZUKUNFTSTECHNIK OPTISCHE TELEKOMMUNIKATION

Licht aus der Steckdose? Haben wir doch längst. Stecker rein, Lampe an: Voilà! Im Prinzip ja, aber versuchen Sie mal, mit Ihrer Stehlampe ins Internet zu kommen. Das Licht der Zukunft dient nämlich nicht mehr nur ausschließlich zu Beleuchtungszwecken. Es wird riesige Datenmengen über extrem weite Strecken übertragen und so – schneller und umfassender als jede herkömmliche Technik – unseren Bedarf an Telekommunikation decken: sei es im Bezug auf Fernsehen, Internet oder Telefonie.

Die Nutzung optischer Technologien zur Datenübertragung ist eigentlich nicht neu – man denke nur an Glasfaseroptiken zur direkten Bildübertragung in der medizinischen Endoskopie. Doch erst mit der Verschmelzung von Optik und Elektronik zur Optoelektronik eröffnen sich Anwendungsfelder, die gleichermaßen effektiv und ökonomisch sind. An der Gerhard-Mercator-Universität erforschen und entwickeln Wissenschaftler am Zentrum für Halbleitertechnik und Optoelektronik Techniken für die Kommunikation von Morgen.

Mitte der 60er Jahre entwickelten Wissenschaftler erstmals ein optisches Kommunikationsverfahren mit einem bis dahin relativ neuen Übertragungsmedium, der optischen Glasfaser. Etwa 15 Jahre später, in den frühen 80er Jahren, führte der Einsatz dieser neuen Technologie zu einer wahren Revolution der Telekommunikationsnetze. Seitdem hat sich viel

geändert, denn der Einsatz der Glasfasertechnik hat zu enormen Kosteneinsparungen geführt. Viele technologische Entwicklungen der vergangenen Jahre waren erst die Basis für die heutige, deutlich verbesserte Übertragungsqualität der Netze, deren Vorteile wir erst jetzt langsam in ihrer vollen Breite nutzen.

### Das Taschenlampen-Prinzip

Warum aber hat weltweit ein Wechsel vom „Kupfer“ zum „Glas“ stattgefunden? Optische Übertragungstechnik bietet eine Reihe genereller Vorteile: Die Datenübertragungskapazität von Licht ist etwa 10.000 mal größer als die von höchsten Mikrowellenfrequenzen. Heute ist es technisch möglich, bis zu 8 Tera-Bit pro Sekunde über eine einzelne Glasfaser zu übertragen. Das ist die nahezu unvorstellbare Menge von 8.000.000.000.000 Informationseinheiten pro Sekunde. Dies entspricht der gleichzeitigen Übertragung von etwa 50 Millionen ISDN-Kanälen (mit je 2 mal 64kb/s und



Photo: Fakultät für Elektrotechnik

**Bild 1:** Das Zentrum für Halbleitertechnik und Optoelektronik, ZHO, zählt mit seinen knapp 500m<sup>2</sup> Reinraumfläche und der umfangreichen Technologie- und Messtechnikausstattung zu den Spitzeneinrichtungen für die Entwicklung und Herstellung optischer und elektronischer Chips.

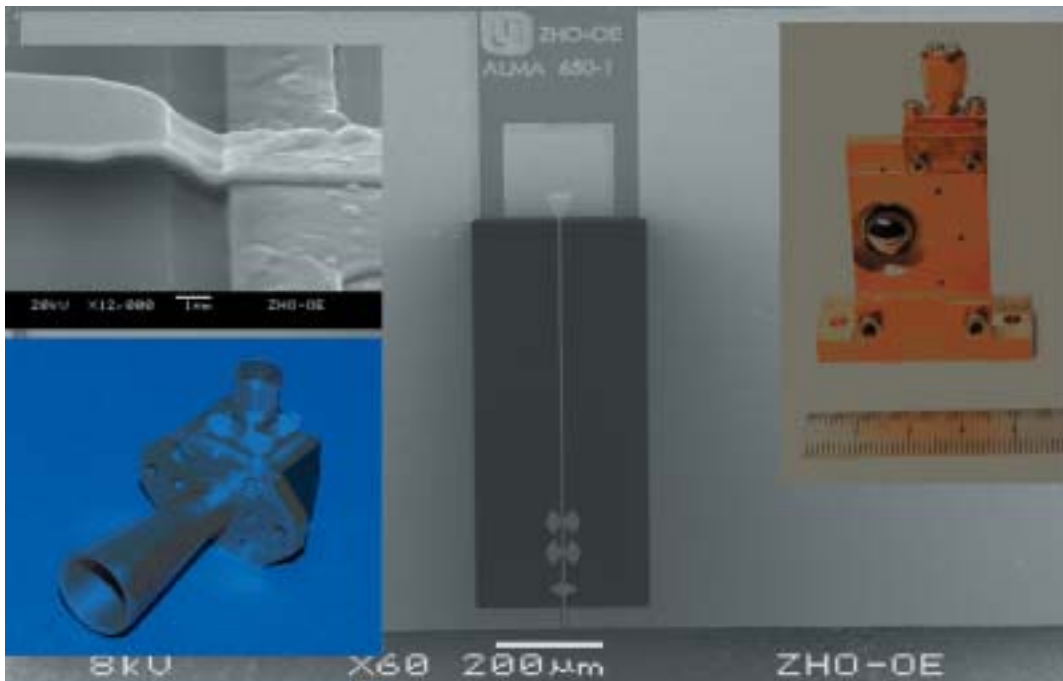
14kb/s). Ein weiterer Vorteil der Glasfaser gegenüber Kupferleitungen ist ihre Fähigkeit, Daten verlustfrei über extrem weite Strecken zu übertragen. Dies hat zum Beispiel den Aufbau interkontinentaler Netze ermöglicht, bei denen die Datenübertragung etwa zwischen Nordamerika und Europa durch ein im Ozean verlegtes Glasfaserkabel erfolgt. Hinzu kommen

darstellt. Am anderen Ende der Übertragungsstrecke wird dann nur noch jemand mit einem guten Auge benötigt, der die Lichtsignale erkennt. Dies entspricht der technischen Funktion einer Photodiode, welche die optischen Signale nach der Übertragung durch die Glasfaser „erkennt“ und wieder in elektrische Signale zurück verwandelt.

In den so genannten Teilnehmeranschlussnetzen, welche auch den privaten Hausanschluss beinhalten, ist dagegen der Einsatz optischer Technologien noch wesentlich schwächer ausgeprägt. Hier herrschen weiterhin konventionelle Kupfer- und Koaxialleitungen mit Standards wie dem analogen Telefonanschluss oder den digitalen ISDN- oder DSL-Anschlüssen vor. Der Grund hierfür liegt in den heute noch zu hohen Kosten für die elektro-optischen Laser und opto-elektronischen Wandler (Photodioden) sowie für das Verlegen der optischen Glasfasern. Viele würden zwar gerne die Vorteile eines optischen Hausanschlusses nutzen, sind aber nicht bereit, hierfür deutlich höhere Kosten zu zahlen. Es wird daher wohl noch einige Zeit dauern, bis wir in unseren Wohnungen mit einem Glasfaseranschluss rechnen können (englisch: Fiber to the Home, FTTH).

Dennoch laufen hierzu weltweit bereits erste Feldversuche. So ist in Japan die FTTH-Technologie bereits seit Mai 2002 mit derzeit 70.000 Anschlüssen und einer Übertragungsrate von 10 bis 100 Mega-Bit pro Sekunde im

kommerziellen Einsatz. Bei diesen Feldversuchen hat sich gezeigt, dass die benötigte Datenmenge pro Kunde bei einem FTTH-Anschluss im Vergleich zu ISDN etwa um den Faktor 9,1 größer ist. Der vielerorts beschriebene „Datenhunger“ ist demnach zwar nicht über alle Maßen groß, doch rechnen Marktforscher trotzdem mit einem Anstieg der benötigten Datenübertragungskapazität von 30 bis 50% pro Jahr. Das gibt ein wenig Hoffnung für die durch die allgemein schwache wirtschaftliche Lage der Telekommunikationsindustrie unter Druck geratenen Anbieter von optischen Komponenten und Systemen – und auch darauf, dass wir in Zukunft mit einem kostengünstigen privaten Glasfaseranschluss in unseren Wohnungen rechnen dürfen.



**Bild 2:** Im ZHO / Optoelektronik hergestellte optische Photodioden mit Wanderwellen-Konzept. Die entwickelten Chips sind für Arbeitsfrequenzen bis oberhalb von 0,6 Terahertz (600.000.000 Kilohertz) geeignet. Der in der Abbildung gezeigte Chip enthält neben der eigentlichen Photodiode ein elektrisches Filternetzwerk sowie eine integrierte planare Antenne. Die Chips werden nach ihrer Herstellung in anwendungsspezifische Module integriert, um sie für technische Anwendungen nutzbar zu machen. Im Vordergrund stehen hierbei radioastronomische Antennensysteme und optische angebundene Funkssysteme, die bei allerhöchsten Frequenzen arbeiten.

die gute elektromagnetische Verträglichkeit, die hohe Übertragungssicherheit und nicht zuletzt das geringe Gewicht und die geringen Kosten der Glasfaser.

Wie funktioniert die digitale Datenübertragung von „0“ und „1“ mit Licht? Die Daten entstehen in Form eines elektrischen Signals beziehungsweise einer Serie elektrischer Signale, die die zu übertragenden „Nullen“ und „Einsen“ repräsentieren. Diese elektrischen Signale werden dann beispielsweise mit Hilfe eines Lasers in ein optisches Signal gewandelt. Das ist ungefähr so, als würde man im Dunkeln Informationen mit Hilfe einer Taschenlampe übertragen. Hier entsteht durch das Ein- und Ausschalten der Taschenlampe ein Code, der die zu übertragende Information

### Wann kommt die Revolution im Haushalt?

Obwohl diese optischen Technologien seit 25 Jahren intensiv in Telekommunikationsnetzen eingesetzt werden, ist dieser Technologiewandel für die meisten von uns unbemerkt vorstatten gegangen. Der Grund hierfür liegt in der unterschiedlichen Hierarchie der Netze. Denn optische Technologien werden überwiegend in den so genannten Kernnetzen (englisch: Backbone Networks) eingesetzt, bei denen die durchschnittliche Entfernung zwischen Sender und Empfänger im Bereich zwischen 600 und 1000 km liegt. Doch diese in den Backbone-Netzen eingesetzte Technologie ist für die meisten nicht sichtbar, da sie nur den entsprechenden Spezialisten zugänglich ist.



## Neue Energie entsteht im Kopf.

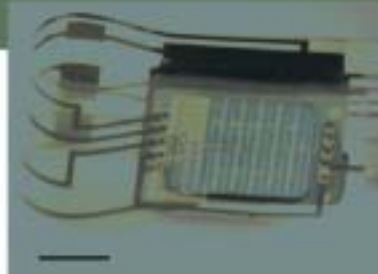
Genauer gesagt in den Köpfen der Mitarbeiter von E.ON Engineering. Hinter diesem Namen verbirgt sich das gesamte technische Know-how des E.ON Konzerns. Und unser Angebot, dieses auch Ihnen zur Verfügung zu stellen. Zum Beispiel beim Bau und bei der Ertüchtigung von Kraftwerken, bei der Planung und Realisierung von Anlagen zur Erzeugung regenerativer Energie, bei der Erarbeitung von zukunftsorientierten Lösungen für Stadtwerke und Regionalversorger sowie bei der Beratung von Finanz- und Förderinstituten. Gern reden wir einmal mit Ihnen darüber. Sie erreichen uns unter **Tel. 02 09 - 6 01 50 10** oder unter **[www.eon-engineering.com](http://www.eon-engineering.com)**.

**e.on**  
Neue Energie

## Für Genießer: Optische Chips aus Duisburg

An der Forschungsfront arbeiten die Fachleute der optischen Telekommunikation insbesondere an der Entwicklung von schnelleren, leistungsfähigeren und vor allem kostengünstigeren optischen Komponenten und Systemen. Aus technologischer Sicht haben sich dabei in Industrie und Forschung Glas und Verbundhalbleiter wie z.B. Indium Phosphide gegenüber anderen Materialien durchgesetzt. Glas dient als Grundstoff für die Faserherstellung, während die Verbundhalbleiter das Basismaterial für die Herstellung optischer Chips darstellen.

Optische Komponenten werden heute mit annähernd den gleichen Technologien hergestellt wie elektronische Chips. Doch die hierfür notwendige Reinraumtechnologie ist mit hohem Aufwand und hohen Kosten verbunden und daher auf nur wenige Forschungseinrichtungen in Deutschland beschränkt. Das Duisburger Zentrum für Halbleitertechnologie und Optoelektronik, kurz ZHO, zählt mit seinen knapp 500 m<sup>2</sup> Reinraum- und 800 m<sup>2</sup> Laborfläche sowie seiner modernen und vielseitigen Technologie- und Messtechnikausstattung weltweit zu den Spitzeneinrichtungen. Das Fachgebiet Optoelektronik, das gemeinsam mit dem Fachgebiet Halbleitertechnologie (vgl. den Beitrag „Schneller, kleiner, spezieller“ in diesem Heft) im ZHO



**Bild 3:** Auch für medizinische Anwendungen sind optische Kommunikationstechnologien von großem Interesse. So erfolgt beispielsweise die Kommunikation zwischen dem in der oberen Abbildung gezeigten Augenimplantat und der externen Steuereinheit (nicht in der Abbildung dargestellt) auf optischem Wege. Die auf einer flexiblen Folie angebrachten Chips wurden am ZHO / Optoelektronik entwickelt und hergestellt. Sie sind nicht nur in der Lage, die übertragenen optischen Signale zu empfangen, sondern sie wandeln zusätzlich optische Strahlung in elektrische Energie um, und versorgen damit die elektronischen Schaltkreise des Implantates mit Energie (**weitere Informationen: [www.iova.net](http://www.iova.net)**).

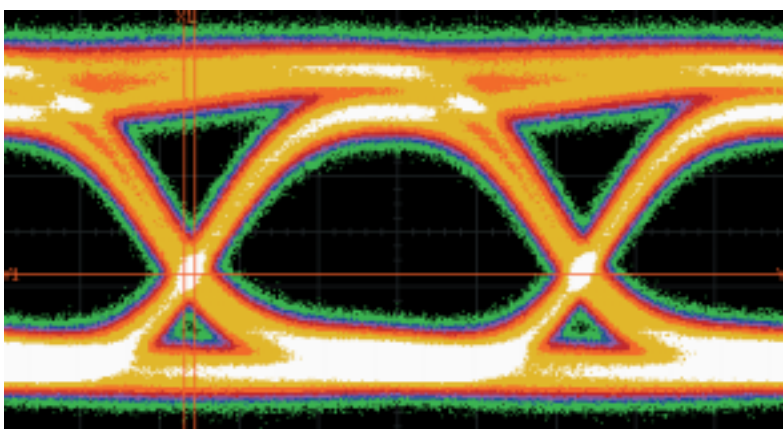
angesiedelt ist, forscht seit über 10 Jahren an innovativen Komponenten und Subsystemen für optische Telekommunikationssysteme. Im Vordergrund stehen hierbei optische Photodioden, optische Modulatoren sowie optische Transceiver. Zudem wird seit einiger Zeit auch an der Entwicklung kostengünstiger Laserdioden für optische 40 Gigabit/s-Übertragungssysteme gearbeitet.

Im Lauf der Jahre ist eine Vielzahl von Veröffentlichungen und Patenten entstanden. So wurden unter anderem in Duisburg die derzeit weltweit schnellsten Photodioden entwickelt, die einen Einsatz bis zu Frequenzen von über 0,6 Terahertz ermöglichen. Sie sind damit etwa zehn mal schneller als alle derzeit kommerziell erhältlichen Photodioden. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde ein neuartiges so

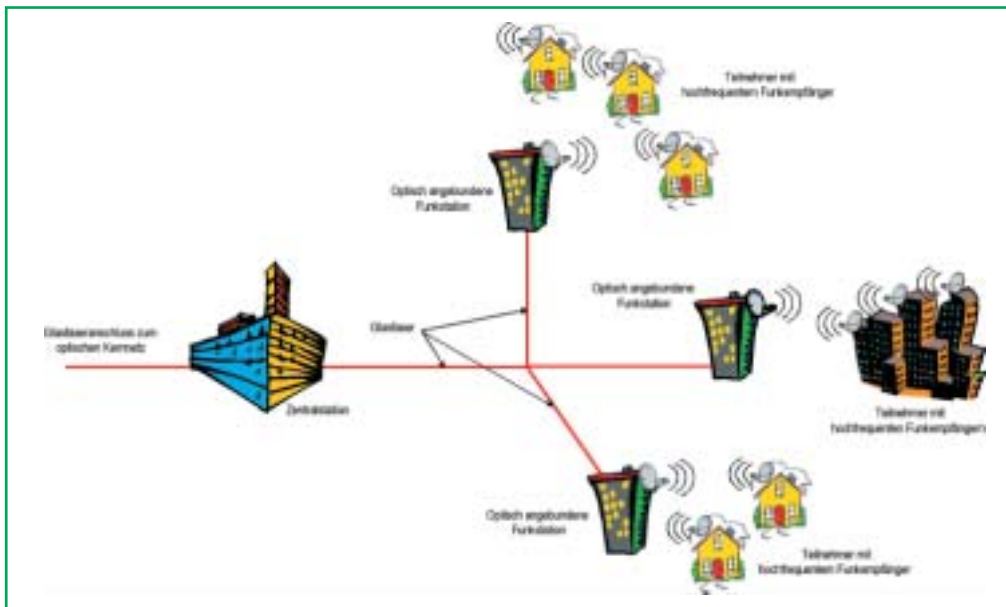
genanntes Wanderwellen-Konzept entwickelt, bei dem sich das Licht und die erzeugten elektrischen Signale in der Photodiode gleich schnell ausbreiten. Hierdurch wird ein optimaler Wirkungsgrad erreicht, der letztlich dazu führt, dass die Photodioden bis zu solch hohen Frequenzen einsetzbar sind.

## Kommunikation auf höchster Frequenz

Sicherlich sind optische Komponenten für Terahertz-Frequenzen aus der Sicht heutiger Telekommunikationssysteme noch reine Zukunftsmusik – insbesondere, wenn man berücksichtigt, dass der Schwerpunkt der industriellen Entwicklungsarbeiten sich zur Zeit im Frequenzbereich bis zu 40 Gigahertz (= 0,04 Terahertz) bewegt. Dennoch können aus den hier geleisteten Forschungsarbeiten erste generelle Erfahrungen über die Einsatzfähigkeit der verwendeten Materialien, Technologien und Konzepte gewonnen werden, die für zukünftige Anwendungen von großem Interesse sind. Weiterhin zeichnen sich bereits jetzt technische Anwendungen für solch extrem schnelle Photodioden in den Bereichen Messtechnik und Radioastronomie ab, und es existieren weltweit Szenarien zur Schaffung optisch angebundener, breitbandiger Funkssysteme, die bei allerhöchsten Frequenzen (0,06 Terahertz) arbeiten



**Bild 4:** So genanntes optisches Augendiagramm. Dargestellt ist die gemessene optische Leistungsverteilung in einer Glasfaser für eine 10 Gb/s (10.000.000.000 bit pro Sekunde) Übertragung. Die hierfür notwendigen optischen Sendee- und Empfangskomponenten wurden am ZHO realisiert. Die geöffneten Augen (schwarzer Bereich) kennzeichnen eine fehlerfreie Datenübertragung: Der Empfänger kann eindeutig zwischen einer „Null“ (untere farbige Kennlinie) und einer „Eins“ (obere farbige Kennlinie) unterscheiden.



**Bild 5:** Szenario eines optisch angebundenen Funknetzes. Die einzelnen Zellen des Funknetzes umfassen jeweils nur wenige Teilnehmer (Pikozellen), so dass nur geringe Strahlungsleistungen nötig sind, die deutlich unter den Abstrahlleistungen heutiger Funksysteme liegen. Die Funkfrequenzen hingegen sind im Vergleich zu heutigen Systemen wesentlich höher. Hierdurch können wesentlich höhere Datenraten übertragen werden, um moderne Telekommunikations-Dienstleistungen wie Internet anbieten zu können. Am ZHO / Optoelektronik wurden spezielle optische Chips für optisch angebundene Funknetze entwickelt, die anschließend in einem ersten Pilotversuch eingesetzt wurden. In Kooperation mit japanischen Forschungseinrichtungen ist ein System aufgebaut worden, mit dem zu jedem Teilnehmer eine Datenrate von bis zu 155 Megabit/s (155.000.000 Bit pro Sekunde) übertragen werden kann.

werden. Diese werden zudem im Vergleich zu heutigen Systemen wie GSM oder UMTS mit deutlich niedrigeren Strahlungsleistungen auskommen.

Die Motivation hinter der Entwicklung solcher optisch angebundener Funknetze liegt in dem erwähnten schwach ausgeprägten Einsatz optischer Technologien in den Teilnehmeranschlussnetzen. Es ist zwar offensichtlich, dass die derzeitige Infrastruktur dieser Anschlussnetze auf der Basis von Kupfer und Koaxialleitungen dem stetig steigenden Bedarf an Übertragungsbandbreite mittelfristig nicht mehr gewachsen sein wird, und diese Tatsache hat auch zu weltweiten Forschungsaktivitäten geführt mit dem Ziel, moderne optische Technologien auch im Teilnehmeranschlussbereich nutzbar zu machen. Doch ist der Glasfaser-Festanschluss (FTTH) u. a. wegen der hohen Kosten für das Verlegen neuer Glasfasern zur Zeit noch viel zu teuer, um eine realistische Chance als Massenlösung zu haben.

Statt dessen zeichnet sich ab, dass innovative Funktechnologien im direkten Teilnehmeranschlussbereich (englisch: Wireless in the Local Loop, WLL) eine bedeutende wirtschaftliche Al-

ternative sein werden. Denn bei einem Funknetz müsste nicht für jeden Haushalt ein Glasfaseranschluss bereitgestellt werden. Vielmehr könnte man mit nur einer Glasfaser einen ganzen Wohnbereich versorgen, indem man die so genannte „erste Meile“, also die Strecke von der Wohnung zur Glasfaser durch ein breitbandiges und strahlungsarmes Funksystem überbrückt. Ein solches optisch angebundenes Funksystem müsste natürlich aufgrund der Konkurrenzsituation zu den Festnetzanbietern eine deutliche Steigerung der Übertragungsrate gegenüber heutigen Richtfunknetzen bis weit in den Megabit/s-Bereich ermöglichen, damit auch per Funk vergleichbare Telekommunikationsdienstleistungen wirtschaftlich angeboten werden können. In diesem Zusammenhang existiert am ZHO ein von der Europäischen Union geförderter Forschungsschwerpunkt zur Entwicklung moderner optischer Techniken und Technologien für zukünftige breitbandige Richtfunknetze mit geringer Strahlenbelastung.

Im Rahmen dieser Aktivitäten werden von den Duisburger Optoelektronikern die drei Forschungsfelder „Teil-

nehmeranschlusseinheit“, „optisch angebundene Funkbasisstation“ und „optisch angebundene Zentralstation“ intensiv untersucht und beispielhaft aufgebaut. Eingeschlossen sind neben der Entwicklung von Basistechnologien auch die Entwicklung innovativer optischer Chips bis hin zu systematischen Untersuchungen an Prototyp-Netzen. In der ersten Phase werden zur Übertragung der für die Luftschnittstelle erforderlichen Mikro- und Millimeterwellensignale die optischen Prinzipien eingesetzt, während die Signalverarbeitung und Steuerung der Antennen mit herkömmlichen elektronischen Mitteln erfolgt. Damit erhält man eine sehr anwendungsnah und von der Industrie schnell zu realisierende innovative Lösung, die sowohl Hardware- als auch Softwareentwicklungen umfasst. In der zweiten Stufe wird untersucht, inwieweit photonische Techniken zur Steuerung unter anderem der Antennen eingeführt werden können. Ziel ist, die Bandbreite bzw. Zahl der erreichbaren Teilneh-

mer zu erhöhen und eine allmähliche Erhöhung der Mobilität des Teilnehmeranschlusses (Mobilterminal) bei gleich bleibend hoher Datenrate zu erhalten.

### Global vernetzt – regional verankert

Aufgrund der Komplexität moderner optischer Telekommunikationssysteme ist eine sinnvolle Forschungsarbeit nur in Kooperation mit anderen Forschungseinrichtungen und Unternehmen möglich. Denn ein einzelnes Institut ist sicherlich nicht in der Lage, alle notwendigen Entwicklungen voranzutreiben. Auch das ZHO mit seinem Bereich Optoelektronik kooperiert eng auf regionaler, nationaler und europäischer Ebene. So wurde auf regionaler Ebene im vergangenen Jahr der privatwirtschaftliche Verein „OpTech-Net e.V.“ von Dieter Jäger aus der Gerhard-Mercator-Universität heraus ins Leben gerufen.

Optech-Net e.V. ist speziell auf die Belange der regionalen mittelständischen Industrie zugeschnitten. Der Verein wurde mit finanzieller Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) ge-



*A Brand Like a Friend\**

## **Menschen machen Marken erfolgreich!**

### **Denken Sie in neuen Dimensionen?**

Dann sind Sie bei uns richtig.

### **Faszinieren Sie innovative Technologien?**

Biotechnologie

Nanotechnologie

Systemtechnologie

Die erschließen wir

in der Henkel-Forschung.

### **Sind Sie neugierig und kreativ?**

Dann können Sie sich bei uns in einem  
interdisziplinären Netzwerk entfalten.

### **Interesse?**

Nehmen Sie Kontakt auf!



\* Weitere Informationen: [www.henkel.de](http://www.henkel.de) oder +49 211 797 6702 :-)

gründet, um die Verbreitung optischer Technologien in der regionalen Industrie zu fördern und die hier ansässigen Unternehmen mit Fachkenntnissen und Messtechnikausstattung zu unterstützen.

Auf europäischer Ebene koordiniert das ZHO unter der Leitung von Andreas Stöhr und Dieter Jäger die deutschen Forschungsaktivitäten zu optisch angebotenen Funksystemen im Rahmen des europäischen Forschungsprojektes NEFERTITI, an dem sich 20 Partner aus sieben Ländern beteiligen. Das ZHO ist darüber hinaus aktiver Partner im kürzlich gegründeten Europäischen Institut für Telekommunikation eITT und unterhält langjährige Kooperationen mit japanischen Forschungseinrichtungen.

#### Weiterführende Informationen

##### WorldWideWeb

- <http://www.oe.uni-duisburg.de/>
- <http://www.microwave-photonics.de/>
- OpTech-Net e.V. => <http://www.optech-net.de/>
- NEFERTITI => <http://www.france-optique.org/>

#### KONTAKT

Dr. Andreas Stöhr  
Dr. Rüdiger Buß  
Prof. Dr. Dieter Jäger

ZHO / Optoelektronik

☎ 02 03 / 3 79-23 41 u. 28 28  
<http://www.oe.uni-duisburg.de/>



Anzeige

«Unsere Innovationskultur ist der Rahmen, um neueste Technologien, zukunftsorientierte Konzepte und erfolgreiche Produkte in einem internationalen Kommunikationsunternehmen entstehen zu lassen. Dabei ist das Zusammenwirken mit Hochschulen ein zentraler Erfolgsfaktor. Die Transferstelle Hochschule-Praxis der Universität Duisburg hat mit Engagement und Professionalität neue Wege gefunden, Kontakte und Forschungsprojekte entstehen zu lassen, und hat damit als unser Partner im Technologietransfer neue Maßstäbe gesetzt.»



Dr.-Ing. Bernd Wiemann  
Geschäftsführer der Vodafone  
Pilotentwicklung GmbH, München

iasch . multimedia

## Innovationen brauchen Netzwerke.

Die Transferstelle Hochschule-Praxis der  
Gerhard-Mercator-Universität Duisburg  
<http://www.uni-duisburg.de/THP>