

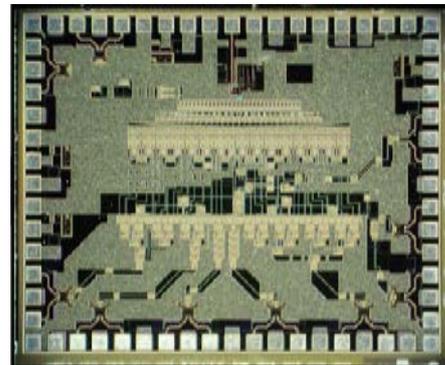
Von Attosekunden, Kiloradiant/s und Terabit/s: Modulation und Entzerrung optischer Datensignale

Die **Optische Nachrichtentechnik** verwendet Lichtwellenleiter (LWL) aus Quarzglas zur Informationsübertragung im weltweiten Datennetz. Die Dämpfung der Glasfaser für Laserlicht der Wellenlänge 1,5 Mikrometer ist so gering, daß nach 100 km noch 1/100 der eingespeisten Lichtleistung vorhanden ist. Die Bandbreite ist etwa 10% der Lichtfrequenz, also rund 20 Terahertz (20.000.000.000.000 Schwingungen pro Sekunde). Das ist fast 1000mal so viel wie das gesamte Radiofrequenzspektrum einschließlich Mikrowellenrichtfunk. Etwa 4 Terahertz lassen sich mittels optischer Verstärker sehr preisgünstig nutzen. Diese hervorragenden LWL-Eigenschaften haben die weltumspannende Vernetzung der Gesellschaft und kostengünstigen Telefonverkehr ermöglicht. Das Wachstum des Datenverkehrs ist enorm, rund 50% pro Jahr. Netzbetreiber und Industrie bemühen sich, vorhandene und neue LWL-Strecken bestmöglich und kostengünstig auszunutzen, woraus sich unsere Arbeitsschwerpunkte ergeben:

Kompensation von linearen optischen Verzerrungen – So wie ein kurzes Erdbeben ein entferntes Seismometer längere Zeit ausschlagen läßt, werden kurze Datenpulse im LWL durch **chromatische Dispersion** zeitlich zerstreut. Nachbarimpulse überlappen und werden undetektierbar. Zwecks Entzerrung (Kompensation) messen wir die Dispersion mit einem extrem kostengünstigen Verfahren, welches wiederholte regelmäßige Lichtpulslaufzeitänderungen mit einer Genauigkeit von **100 Attosekunden** (0,000.000.000.000.000.1 Sekunden) detektiert. Eine weitere, von der Polarisationsrichtung abhängige Zerstreung erhalten die Impulse durch ungewollt elliptische statt kreisförmiger LWL-Kernquerschnitte. Diese **Polarisationsmodendispersion** haben wir empfängerseitig mit einem von uns vorgeschlagenen integriert-optischen Lithiumniobatbauelement kompensiert. **Optische Polarisationsregelungen** haben wir mit einer konkurrenzlosen Nachregelgeschwindigkeit von bis zu **140 Kiloradiant/s** implementiert, entsprechend mehr als 10000 vollen Polarisationsdrehungen pro Sekunde (Ausgründung der Novoptel GmbH 2010).

Fortschrittliche optische Modulationsverfahren – Durch **2 Polarisationsrichtungen** und **≥4 Phasen** und **Amplituden** des Lichts übertragen wir in jedem Datensymbol **≥16** verschiedene Zustände statt der traditionellen 2 (Licht ein/aus). So haben wir einen Kapazitätsweltrekord von **5,94 Terabit/s** (5.940.000.000.000 Bit pro Sekunde) über 324 km Entfernung (2005) aufgestellt und mit schneller Polarisationsregelung einen Bitratenweltrekord von **200 Gigabit/s** über 430 km Entfernung für einen Einzelkanal (2010). Statt wie da in Interferometern kann man die 4 Phasenzustände auch in **kohärenten optischen Überlagerungsempfängern** synchron demodulieren, was die Empfindlichkeit erhöht und kostengünstige elektronische Signalentzerrung ermöglicht. Ein solches System haben wir als erste weltweit mit Standardlasern vorgestellt, mit einer elektronischen Polarisationsregelung versehen und auf 2 Polarisierungen erweitert, bei einer Nachregelgeschwindigkeit von **40 Kiloradiant/s**. Zur elektronischen Signalverarbeitung haben wir einen mikroelektronischen **5-Bit-Analog-Digital-Wandler mit 12,5 GHz Abtastfrequenz** und einen digitalen Signalprozessor entwickelt. Diese kohärente optische Übertragungstechnik hat den optischen Datenweitverkehr revolutioniert.

Rechts:
Echtzeit-
übertragung
von 5.940.
000.000.000
Bit/s über
324 km im
optischen
C-Band



Links: Elektro-
nischer Analog-
Digital-Wandler-
schaltkreis zur
Verarbeitung
detektierter
Datensymbole

Unten: Buch



**Deutschland
Land der Ideen**



Ausgewählter Ort 2011

GERMANY
AT ITS
BEST



NORDRHEIN-WESTFALEN

Links: Der Innovationspreis 2008 des Landes Nordrhein-Westfalen in der Kategorie Innovation wurde an Reinhold Noé und Ulrich Rückert verliehen.

