

# Licht in der Warteschleife soll Glasfasernetze schneller machen

**PHYSIK:** „Mit Lichtgeschwindigkeit radeln“ – titelte das britische Wissenschaftsmagazin Nature im Februar 1999. Bis heute versuchen Forscher, langsames Licht für die Technik zu nutzen. Zwar ist es gelungen, den physikalischen Effekt, der das Licht in kaltem Natriumgas abbremst, auf technisch nutzbare Materialien wie Glasfasern oder Halbleiter zu übertragen, doch musste mancher Traum begraben werden. Nun aber zeichnen sich realistische Anwendungsmöglichkeiten ab.

Es war eine wissenschaftliche Sensation: US-amerikanische Forscher hatten 1999 gezeigt, dass sich Licht in einem ultrakalten Gas von Natriumatomen 20 Mio. Mal langsamer fortbewegt als normalerweise – mit gut 60 km/h, statt mit 1 Mrd. km/h. So schnell wie ein Radrennfahrer.

Eine der ersten Anwendungsideen für dieses langsame Licht war eine Art Verkehrsampel für Glasfasernetze. Um den Datenverkehr in einem solchen Netz zu regeln, müssen Datenpakete zwischengespeichert werden. Dafür muss man sie in elektrische Signale umwandeln, denn nur diese lassen sich an einem Ort festhalten.

Könnten Lichtpulse verlangsamt werden, wäre diese Umwandlung nicht nötig, so die Idee. Das würde die Glasfasernetze deutlich schneller machen, denn die elektronischen Zwischenspeicher wirken wie ein Flaschenhals für Datenübertragungsstraten.

Auf rund ein Drittel der Vakuumlichtgeschwindigkeit haben Forscher Lichtpulse in Glasfasern abgebremst. Doch zu einem hohen Preis: „Je stärker man das Licht abbremst,

desto geringer ist die Bandbreite der Lichtpulse“, sagte der Schweizer Physiker Luc Thévenaz von der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Lausanne, ein Pionier der Lichtverlangsamung in Glasfasern.

Für die Praxis bedeutet das: Ein Zwischenspeicher, der mit langsamem Licht arbeitet, kann maximal 5 Bits Information speichern. Für den Einsatz in Datenautobahnen wäre mehr als das Hundertfache nötig. Langsames Licht konnte also den Flaschenhals nicht aufweiten.

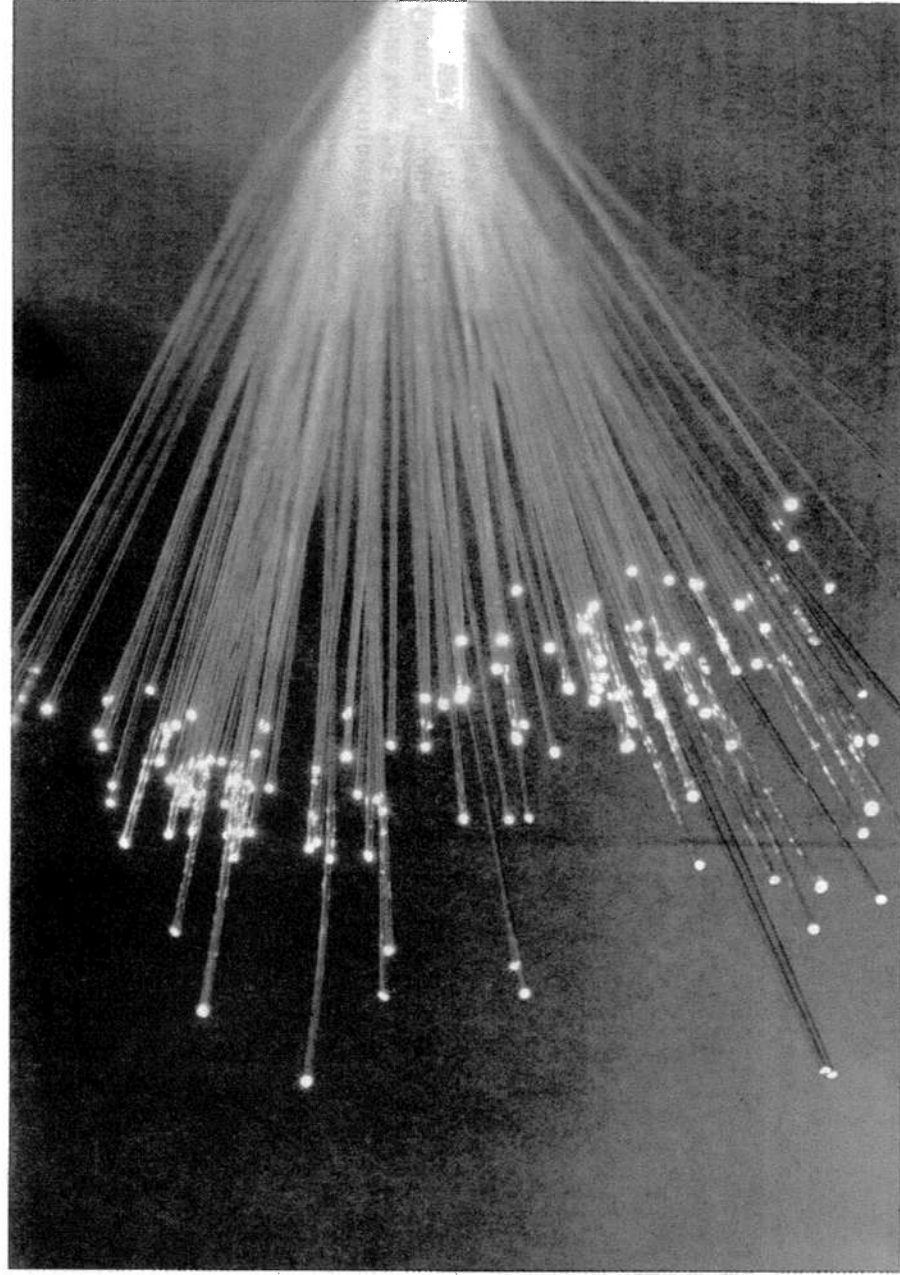
Doch das ist noch nicht das Aus für den möglichen Praxiseinsatz von langsamem Licht. Physiker erkannten, dass schon eine sehr kleine Verzögerung eines Lichtstrahls – die ohnehin Verlust der Bandbreite gelingt – nützlich sein kann.

Praktisch funktioniert die Lichtbremse in folgendem Szenario: Man spaltet eine Lichtwelle in zwei Teilstrahlen auf, von denen sich der eine ungehindert fortpflanzt. Der zweite wird so weit abgebremst, dass er um nur eine Wellenlänge oder noch weniger zurückfällt, und dann wieder auf normales Tempo beschleunigt. Anschließend überlagert man die Strahlen zu einem neuen Strahl.

## Die Dimensionen langsamen Lichts

- ▶ **Lichtgeschwindigkeit:** In Materie hängt sie ab vom Brechungsindex des jeweiligen Materials. Lichtpulse lassen sich extrem verlangsamen, wenn der Brechungsindex sich sehr stark mit der Wellenlänge des Lichtes ändert. In natürlicher Materie ist dieses Phänomen nicht beobachtbar.
- ▶ **Lichtmanipulation:** Materie, die von zwei Laserstrahlen unterschiedlicher Farbe beleuchtet wird, verhält sich anders. Dazu nutzt man einen starken, sogenannten Pump laser und einen schwächeren, den sogenannten Signallaser. Die Laser beeinflussen die Atome im Material so, dass ein neues Lichtmaterie-System entsteht, in dem sich der Brechungsindex sehr stark mit der Wellenlänge ändert.
- ▶ **Langsames Licht praktisch:** In der Praxis sendet man gleichzeitig zwei kurze Pulse von Pump- und Signalstrahl. Der Bremsseffekt wirkt sich auf den Signalstrahl aus. Nachweisen konnte man den Effekt in Gasen, Glasfasern, Halbleitern und anderen Festkörpern.
- ▶ **Licht ausgebremst:** Licht lässt sich stoppen, wenn die beiden Laserpulse so aufeinander abgestimmt werden, dass sie genau gleichzeitig abklingen. Der Signallaserpuls wird wieder in Gang gesetzt, wenn ein zweiter Pump laserpuls durch das Material gesendet wird. CM

**MEDIZINTECHNIK:** Die Biofeedbacktherapie hat ihr Esoterikimage mittlerweile abgestreift. Denn immer mehr wissenschaftliche Studien belegen die Wirkung des mentalen Trainings bei ausgewählten Krankheiten. Jetzt steigt sogar die Computer-spieleindustrie ins Geschäft ein.



Auf rund ein Drittel der Vakuumlichtgeschwindigkeit haben Forscher Lichtpulse in Glasfasern bereits abgebremst. Ein Zwischenspeicher, der mit langsamem Licht arbeitet, kann maximal 5 Bits Information speichern. Für den Einsatz in Datenautobahnen wäre aber mehr als das Hundertfache nötig. Foto: Imago

durch den Einsatz von Nanotechnologie verbessern. Diese Bauelemente erhalten sogenannte Quantenpunkte. Das sind dreidimensionale Inseln eines fremden Materials innerhalb des Halbleiterkristalls. Diese Inseln sind nur wenige Nanometer groß und haben daher ähnliche Eigenschaften wie Atome. Diese künstlichen Atome beeinflussen die optischen Eigenschaften des Materials. „Die Richtung, in die er gelenkt wird, hängt davon ab, wie weit man den einen Strahl abgebremst hat“, erklärte Johann Peter Reithmaier, Physiker am Institut für Nanotechnologie und Analytik der Uni Kassel. Umgewandelt in Mikrowellenstrahlung soll das abgelenkte Licht für Mobilfunk- und Radarsensoren eingesetzt werden, die den Empfänger aktiv anpeilen.

„Bislang lenkt man die Strahlen mithilfe elektronischer Schaltungen“, sagte Reithmaier. Deren Rauschen verursache aber Ungenauigkeiten bei der Strahlaustrichtung. Reithmaiers Team entwickelt Halbleiterbauelemente in Chipgröße, welche das Licht bremsen und somit die Ablenkelektronik ersetzen sollen. Eine dänische Forschergruppe, die wie Reithmaiers Team zum europäischen Forschungsprojekt „Gospel“ gehört, hat vor Kurzem ein weiteres Etappenziel auf diesem Weg erreicht: Mithilfe von drei ineinandergereihten Halbleiterbauelementen hat es Licht um eine Wellenlänge verzögert. Die Kasselner wollen nun mit Projektpartnern die Halbleiterbauelemente

## Durch Stoppen der Lichtpulse lassen sich einfache Bilder in Gasen oder Festkörpern speichern, allerdings sind die gespeicherten Informationen flüchtig.

„Indem man die Dichte und die Größe der Quantenpunkte verändert, lassen sich die optischen Eigenschaften der Halbleiter maßschneidern“, sagt Reithmaier. Die Kasselner hoffen, auf diese Weise Halbleiterbauelemente zu konstruieren, die Licht wesentlich breiter abbremsen können als die Bauteile aus Dänemark. „Sie wären somit für

praktisch alle Frequenzen, die in der optischen Signalverarbeitung genutzt werden, geeignet“, erläuterte Reithmaier.

Andere Physiker gehen noch einen Schritt weiter und stoppen Lichtpulse vollständig. Das Ziel sind Speicher für Lichtpulse. Mit solchen Lichtspeichern ließen sich Computer bauen, die mit Lichtpulsen rechnen und optische Daten verarbeiten. „Sie wären viel schneller und effizienter als herkömmliche Rechner“, sagte Thomas Halfmann, Physikprofessor an der TU Darmstadt.

Halfmanns Team und anderen Forschergruppen ist es bereits gelungen, einfache Bilder durch Stoppen der Lichtsignale in Gasen oder Festkörpern zu speichern. Allerdings sind die gespeicherten Informationen flüchtig. In Gasen bleiben die Bilder bislang nur einige Millionstel Sekunden bestehen. Spezielle, auf Temperaturen knapp über dem absoluten Nullpunkt (-273 °C) gekühlte Festkörper speicherten gestoppte Bilder immerhin eine Tausendstel-Sekunde lang.

„Zukünftige Untersuchungen zielen auf die Entwicklung geeigneter Festkörper, die das Stoppen von Lichtpulsen für noch längere Zeit und bei Raumtemperatur ermöglichen“, wagt Halfmann einen Blick in die Zukunft. CHRISTIAN MEIER

den Griff zu bekommen suchten, sprechen auf Biofeedback an, meint die Marburger Psychologin.

Die Manipulation eigener Körperfunktionen soll neben Kopfschmerzen auch Rückenbeschwerden lindern. Ebenso wird sie gegen Muskelverspannung empfohlen, gegen Bluthochdruck und Schlafstörungen. Biofeedbacktherapien helfen Schlag-

Studien steigert Neurofeedback deutlich die Aufmerksamkeit und reduziert die Impulsivität der Kinder.

In Deutschland gibt es derzeit rund 250 ausgebildete Biofeedbacktherapeuten, in den USA sind es bereits einige Zehntausend. Die gesetzlichen Krankenkassen zahlen die Behandlung hierzulande allerdings in der Regel nicht.

Krombholz, der regelmäßig Therapeuten im Umgang mit den verfügbaren Geräten schult. Eine Empfehlung für ein bestimmtes Produkt will weder er noch die Deutsche Gesellschaft für Biofeedback aussprechen. Das Gerät sollte aber als Medizinprodukt zertifiziert sein, rät Krombholz. Mit einem chinesischen System ohne entsprechendes Gütesiegel hat er

# Virtuelle Krücken verhelfen zur Selbstheilung

Studien steigert Neurofeedback deutlich die Aufmerksamkeit und reduziert die Impulsivität der Kinder. In Deutschland gibt es derzeit rund 250 ausgebildete Biofeedbacktherapeuten, in den USA sind es bereits einige Zehntausend. Die gesetzlichen Krankenkassen zahlen die Behandlung hierzulande allerdings in der Regel nicht.