



Abb. Schema zum Prinzip des optischen Verstärkers.

### Vorteile

- Kostengünstiges Design basierend auf DFB Diodenlasern
- Kontinuierliche Nachverfolgung der Brillouin-Frequenzverschiebung
- Ohne Hardwaremodifikationen flexibel für verschiedene Glasfaserverbindungen und Frequenz Layouts einsetzbar
- Frequenztransfer-Unsicherheiten von unter  $10^{-20}$  demonstriert

### Ansprechpartner:

Dr. Nataša Lalović  
Technologietransfer  
Telefon: +49 531 592-8306  
Telefax: +49 531 592-69-8306  
E-Mail: [Technologietransfer@ptb.de](mailto:Technologietransfer@ptb.de)

Jaffar Kadum  
4.34 Frequenzübertragung mit Glasfasern



Physikalisch-Technische  
Bundesanstalt  
Bundesallee 100  
D-38116 Braunschweig

[www.technologietransfer.ptb.de](http://www.technologietransfer.ptb.de)

## Flexibler optischer Verstärker für die optische Frequenzübertragung

Die Kompensation optischer Verluste stellt für die optische Frequenzübertragung über Glasfaserverbindungen für lange Distanzen eine große Herausforderung dar. Die herkömmlichen optischen Verstärker basierend auf Erbium dotierten Fasern bieten eine limitierte Verstärkung von  $< 20\text{dB}$  und sind anfällig gegen Rückstreuung und -reflexion, die zu unvermeidlichen Phasensprüngen in dem übertragenen Signal führen. Das neue Konzept der PTB basiert auf einem Brillouin Verstärker, der eine besonders hohe optische Verstärkung und Schmalbandigkeit aufweist. Kernpunkt der Neuentwicklung ist ein kostengünstiger und flexibel einsetzbarer Aufbau, der Frequenztransfer-Unsicherheiten von unter  $10^{-20}$  erlaubt. Der neue Brillouin-Verstärker ist für verschiedene Frequenzbänder geeignet und kann optische Signale außerhalb des ITU C-Bands verstärken.

In einem Brillouin Verstärker wird das Phänomen der stimulierten Brillouinstreuung in der optischen Faser ausgenutzt. Die Brillouinstreuung basiert auf der nichtlinearen Wechselwirkung zwischen dem Signallicht und einer gegenläufig propagierenden stärkeren Pumpwelle. Vermittelt durch einen optoakustischen Prozess kann die Verstärkung des Signallichts erreicht werden, wenn der Frequenzunterschied der Pump- und der Signalwelle der Brillouin Frequenzverschiebung von  $\approx 11\text{ GHz}$  entspricht. Der innovative optische Aufbau wird inklusive Phasenstabilisierung so aufgebaut, dass er für eine kommerzielle Anwendung als bidirektionaler einstellbarer Brillouin Verstärker ausgelegt ist und die kontinuierliche Nachverfolgung der zeitlich variablen Brillouin Frequenzverschiebung ermöglicht. Dabei ist keine Hardware-Anpassung notwendig, um den Verstärker auf verschiedenen Glasfaserverbindungen einsetzen zu können. Darüber hinaus kann der optische Aufbau optional so ausgelegt werden, dass Pump- und Signalwelle die gleiche Polarisationsrichtung aufweisen, um den kürzlich experimentell beobachteten Unsicherheitsbeitrag resultierend aus der Polarisations-Nichttreuziprozität zu minimieren.

### Wirtschaftliche Bedeutung

Das Verfahren ist in den Bereichen optische Frequenzübertragung mittels Glasfasern von großer Relevanz und ermöglicht eine Vielzahl von Anwendungen. Das in dieser Erfindung vorgeschlagene Schema eines Brillouin Verstärkers eignet sich für die Hersteller von ultra-stabilen optischen Laserquellen. Ebenso denkbar ist der Ansatz auf dem Gebiet der optischen Sensorik, sowie für andere nationale Metrologie-Instituten.

### Entwicklungsstand

Die Erfindung wurde zum deutschen Patent angemeldet. Lizenzen für die Nutzung sind verfügbar.