

Praktische Aspekte eines Raman-Verstärkers

Inhalt

[Einführung](#)

[Hintergrundinformationen](#)

[Häufige Typen von Raman-Verstärkern](#)

[Grundsatz](#)

[Theorie Raman Gain](#)

[Geräuschquellen](#)

[Zugehörige Informationen](#)

Einführung

In diesem Dokument werden die praktischen Aspekte der Implementierung eines Raman-Verstärkers im optischen Netzwerk beschrieben. Raman wird einfacher zu verstehen, Listen finden Sie in Vorteile, Anforderungen und Anwendungen.

Unterstützt von Sanjay Yadav, Cisco TAC Engineer.

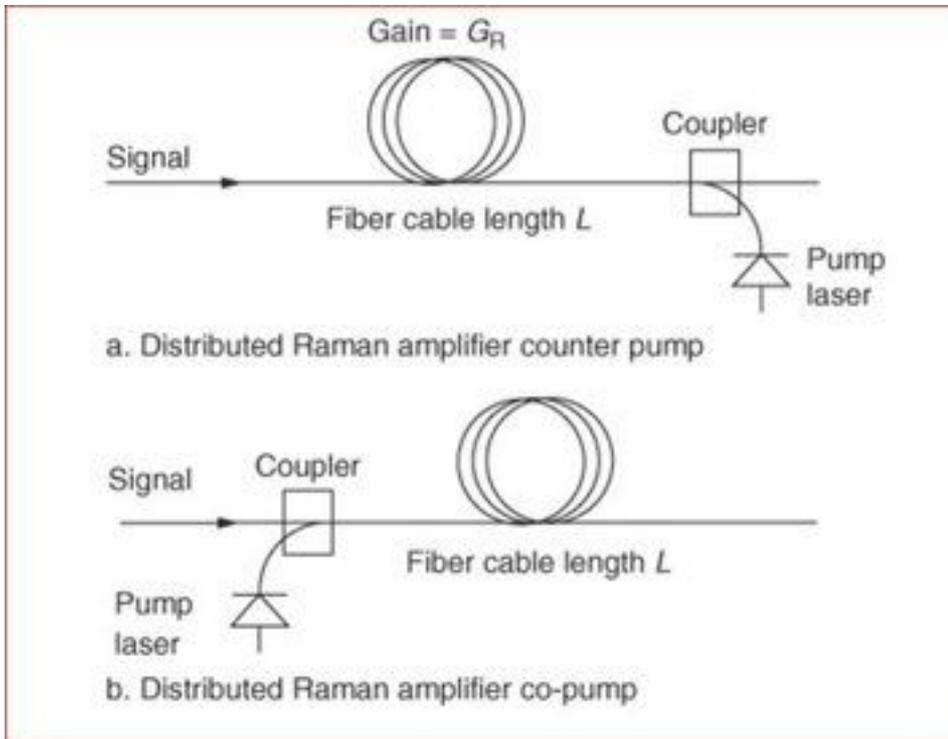
Hintergrundinformationen

1. Der Raman-Verstärker ist in der Regel viel teurer und hat weniger Gewinn als ein Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA)-Verstärker. Daher wird es nur für spezielle Anwendungen verwendet.
2. Der Hauptvorteil dieses Verstärkers gegenüber dem EDFA besteht darin, dass er sehr weniger Rauschen erzeugt und somit nicht so viel vom optischen Signal-Signal-Rausch-Verhältnis (OSNR) wie der EDFA herabsetzt.
3. Seine typische Anwendung findet in EDFA-Regionen statt, in denen zusätzliche Gewinne erforderlich sind, die OSNR-Grenze jedoch erreicht wurde.
4. Das Hinzufügen eines Raman-Verstärkers hat möglicherweise keine signifikanten Auswirkungen auf OSNR, kann jedoch eine Signalverstärkung von bis zu 20 dB bewirken.
5. Ein weiteres Schlüsselmerkmal ist die Möglichkeit, jedes beliebige Glasfaserband zu verstärken, nicht nur das C-Band, wie es bei der EDFA der Fall ist. Dadurch können Raman-Verstärker Signale in O-, E- und S-Bändern (für die CWDM-Verstärkungsanwendung (Coarse Wavelength Division Multiplexing) verstärken.
6. Der Verstärker arbeitet nach dem Prinzip Stimulated Raman Scattering (SRS), das eine nichtlineare Wirkung ist.
7. Es besteht aus einem Hochleistungspumpenlaser und einer Faserkopplung (optischer Zirkulierer).
8. Das Verstärkungsmedium ist die Spannungsverteiler-Faser in einem Raman Amplifier (DRA) mit verteiltem Typ.
9. Der DFB-Laser (Distributed Feedback) ist eine enge Spektralbandbreite, die als Sicherheitsmechanismus für die Raman-Karte verwendet wird. DFB sendet Puls, um alle Rückreflektionen zu überprüfen, die in der Länge der Glasfaser vorhanden sind. Wenn keine

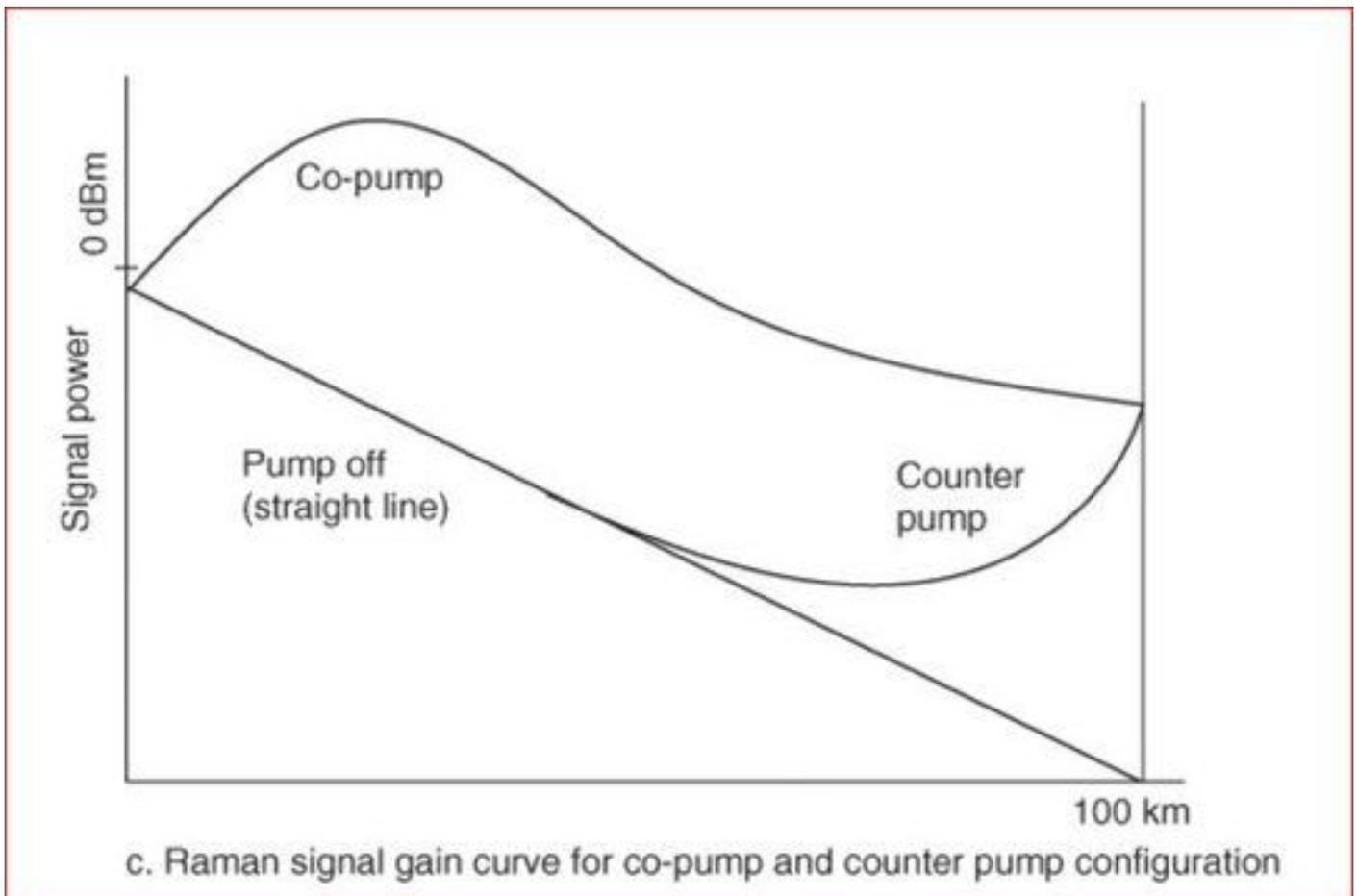
High Back Reflection (HBR) gefunden wird, beginnt Raman die Übertragung.

10. Im Allgemeinen wird HBR in den ersten paar Kilometern der Fasern auf erste 20 Km überprüft. Wenn ein HBR erkannt wird, funktioniert Raman nicht. Nach dem Auffinden des Problembereichs über OTDR ist eine gewisse Glasfaseraktivität erforderlich.

Häufige Typen von Raman-Verstärkern



- Der blockierte oder diskrete Raman-Verstärker enthält intern einen ausreichend langen Spool mit Glasfaser, in dem die Signalverstärkung erfolgt.
- Der Laserdrucker der DRA-Pumpe ist entweder mit einer Gegenpumpe (Rückpumpe) oder einer Co-Pumpe (Vorpumpe) oder Konfiguration mit der Faserspanne verbunden.
- Die Zählerpumpenkonfiguration wird in der Regel bevorzugt, da sie zu Beginn der Faserspanne keine übermäßig hohen Signalkräfte bewirkt, was zu nicht linearen Verzerrungen führen kann, wie im Bild gezeigt.



Der Vorteil der Co-Pumpen-Konfigurationen besteht darin, dass sie weniger Rauschen erzeugen.

Grundsatz

Während sich die Pumpe-Laserphotonen in der Faser ausbreiten, kollidieren sie und werden von Fasermolekülen oder Atomen aufgenommen. Dadurch werden die Moleküle oder Atome zu höheren Energiewerten angeregt. Die höheren Energiespiegel sind nicht stabil, sodass sie schnell zu niedrigeren mittleren Energiespiegel, die Energie als Photonen in jede Richtung bei niedrigeren Frequenzen. Dies wird als spontane Raman-Streuung oder Stokes-Streuung bezeichnet und trägt zum Rauschen in der Glasfaser bei.

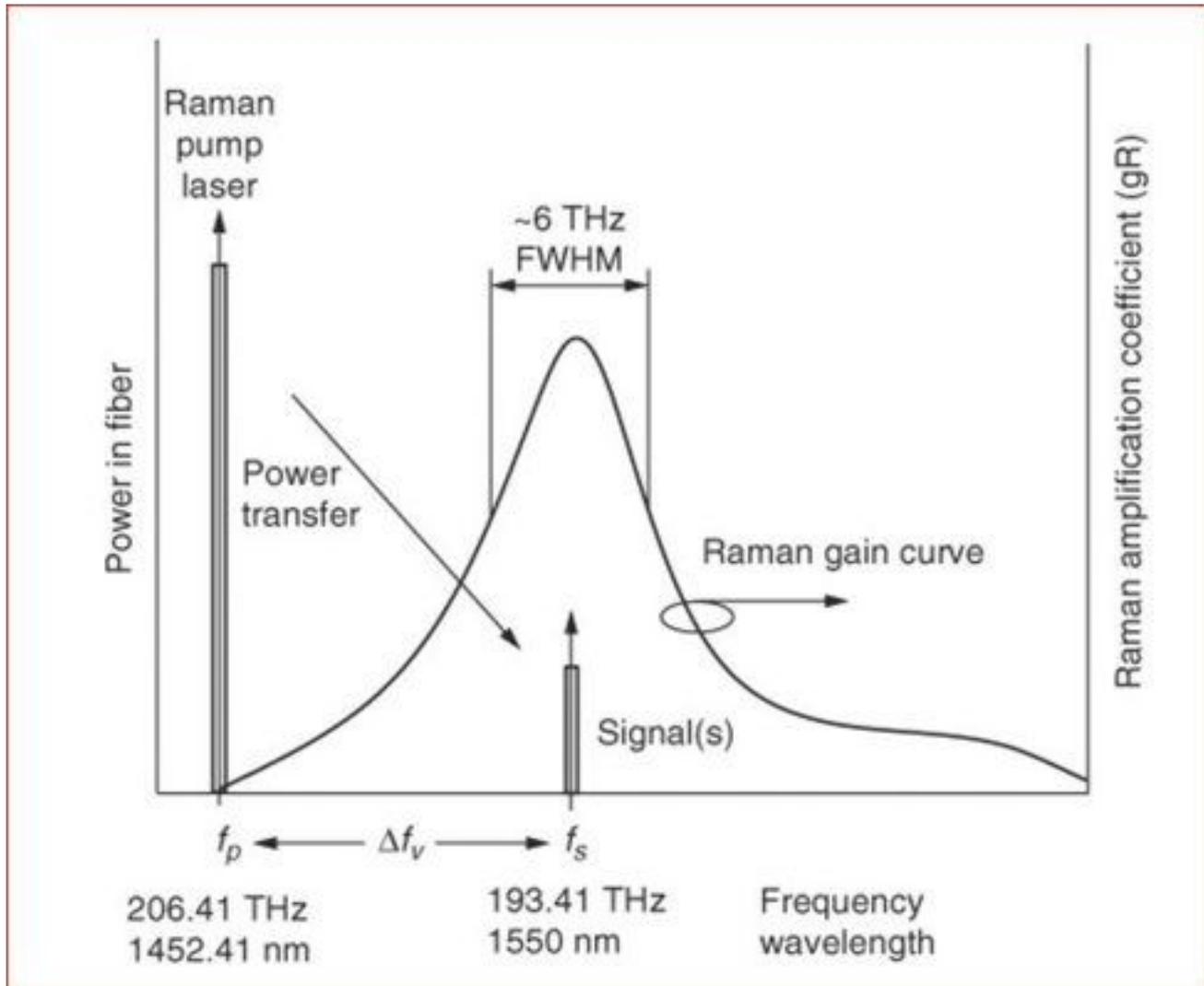
Da die Moleküle auf einen Zwischen-Energie-Vibrationspegel fallen, ist die Energieänderung geringer als die ursprüngliche empfangene Energie zum Zeitpunkt der Molekül-Anregung. Diese Änderung der Energie von der aufgeregten auf die mittlere Ebene bestimmt die Photonenfrequenz seit der Herstellung von $\text{IGF} = \text{IGE} / h$. Dies wird als Stokes-Frequenzverschiebung bezeichnet und bestimmt die Raman-Verstärkung im Vergleich zur Frequenzkurve Form und Position. Die Energie, die von der Zwischenebene bis zum Boden verbleibt, wird als molekulare Vibrationen (Phonone) in der Faser abgespalten. Da es eine breite Palette von höheren Energiespiegeln gibt, hat die Verstärkungskurve eine breite Spektrallbreite von ca. 30 THz.

Zur Zeit der stimulierten Raman-Streuung, Signal-Photonen Co-Propagieren Frequenz-Zunft Kurve Spektrum und erwirbt Energie aus der Stokes-Welle, dass die Signal-Verstärkung.

Theorie Raman Gain

Die FWHM-Breite der Raman-Verstärkungskurve liegt bei etwa 6 THz (48 nm) mit einem Spitzenwert von etwa 13,2 THz unter der Pumpenfrequenz. Dies ist das nutzbare Spektrum der

Signalverstärkung. Um ein Signal im 1550-nm-Bereich zu verstärken, Die Laserfrequenz der Pumpe muss bei etwa 1452 nm 13,2 THz unter der Signalfrequenz liegen.



Zur Erweiterung der gesamten Raman-Verstärkungskurve werden mehrere Pumpenlaser mit parallelen Verstärkungskurven eingesetzt.

$$f_p = f_s + \Delta f_v$$

Wo f_p = Pumpenfrequenz, THz f_s = Signalfrequenz, THz-IGU v = Raman-Stokes-Frequenzverschiebung, THz.

Raman-Verstärkung ist der Nettosignalertrag, der über die effektive Länge der Glasfaser verteilt ist. Es ist eine Funktion der Pumpe Laser Leistung, Fiber effektive Länge und Glasfaserbereich.

Bei Fasern mit einem kleinen effektiven Bereich, z. B. in Dispersionskompensationsfaser, ist der Raman-Gewinn höher. Der Gewinn hängt auch von der Signaltrennung von der Wellenlänge der Laserpumpe ab, die Raman-Signalverstärkung ist ebenfalls spezifiziert und das Feld als Ein-/Aus-Verstärkung gemessen. Dies ist definiert als das Verhältnis der Ausgangssignalleistung mit dem Pumpenlaser ein- und ausgeschaltet. In den meisten Fällen hat das Raman-ASE-Rauschen wenig

Einfluss auf den gemessenen Signalwert, wenn der Pumpenlaser eingeschaltet wird. Wenn jedoch ein beträchtliches Geräusch auftritt, das bei einer großen Messspektralbreite auftreten kann, wird die mit dem Signal abgemessene Rauschleistung von der Pumpe auf die Signalleistung abgezogen, um einen genauen Ein/Aus-Verstärkungswert zu erhalten. Der Raman-Ein/Aus-Gewinn wird häufig als Raman-Gewinn bezeichnet.

$$G_{R.on/off} = 10 \log \left(\frac{P_s(\text{pump.on,signal.on}) - P_{\text{noise}}(\text{pump.on,signal.off})}{P_s(\text{pump.off,signal.on})} \right)$$

Geräuschquellen

Das in einem DRA-Bereich erzeugte Geräusch besteht aus:

- Verstärkte spontane Emissionen (ASE)
- Double Rayleigh Scattering (DRS)
- Pumpenlasergeräusche

Das ASE-Rauschen ist auf die Fotonenerzeugung durch spontane Raman-Streuung zurückzuführen.

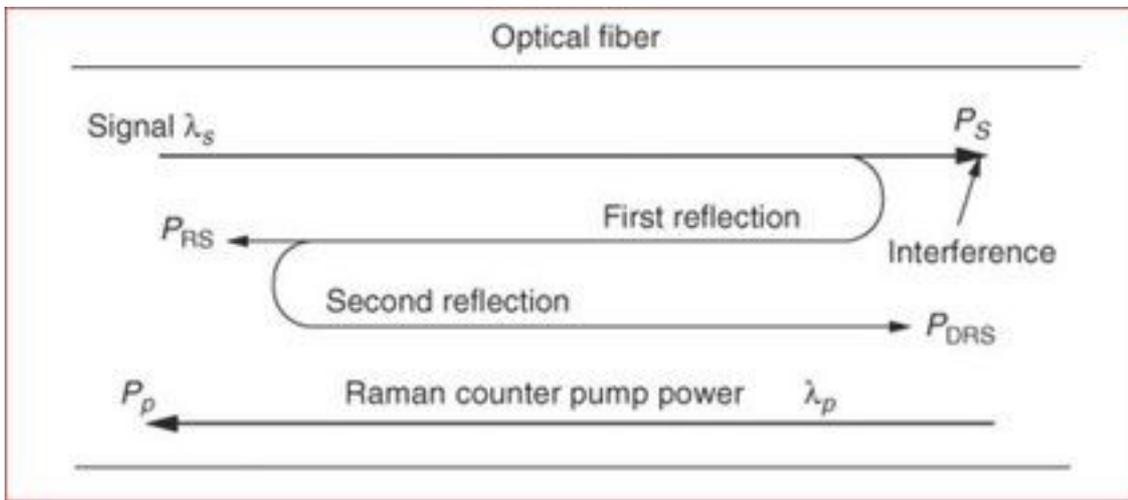
DRS-Rauschen tritt auf, wenn die doppelte reflektierte Signalstärke durch Rayleigh-Streuung verstärkt wird und das ursprüngliche Signal als Nebengeräusch stört.

Die stärksten Reflexionen entstehen durch Anschlüsse und fehlerhafte Spleiße.

DRS-Rauschen ist in der Regel weniger als ASE-Rauschen, aber bei mehreren Raman-Spans kann es sich als Ganzes erweisen. Um diese Interferenz zu reduzieren, können Ultra Polska Connectors (UPC) oder Angle Polska Connectors (APC) verwendet werden. Nach den Laserdioden können optische Isolatoren installiert werden, um die Reflexionen im Laser zu reduzieren. Span-OTDR-Spuren können auch bei der Suche nach hoch reflektierenden Ereignissen für die Reparatur helfen.

Die DRA-Konfiguration der Zählerpumpe verbessert die OSNR-Leistung bei Signalgewinnen von 15 dB und mehr. Das Lasergeräusch der Pumpe ist weniger Besorgnis erregend, da es in der Regel bei einem RIN von besser als 160 dB/Hz recht niedrig ist.

Nicht lineare Kerr-Effekte können durch die hohe Leistung der Laserpumpe auch zu Geräuschen beitragen. Bei Fasern mit niedrigem DRS-Rauschen ist die Raman-Rauschzahl aufgrund von ASE deutlich besser als die EDFA-Rauschzahl. In der Regel liegt das Raman-Rauschen bei -2 bis 0 dB, was etwa 6 dB besser ist als das EDFA-Rauschen.



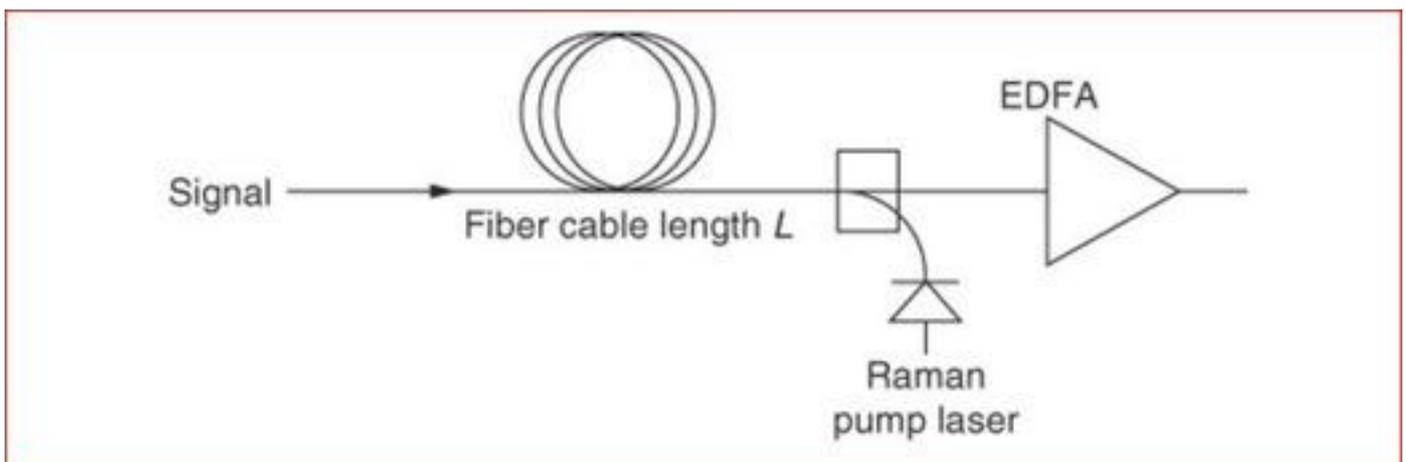
Der Raman-Verstärker-Rauschfaktor wird als OSNR am Eingang des Verstärkers zum OSNR an der Ausgang des Verstärkers definiert.

$$F_R = \frac{\text{OSNR}_{\text{in}}}{\text{OSNR}_{\text{out}}}$$

$$\text{NF}_R = 10 \log(F_R)$$

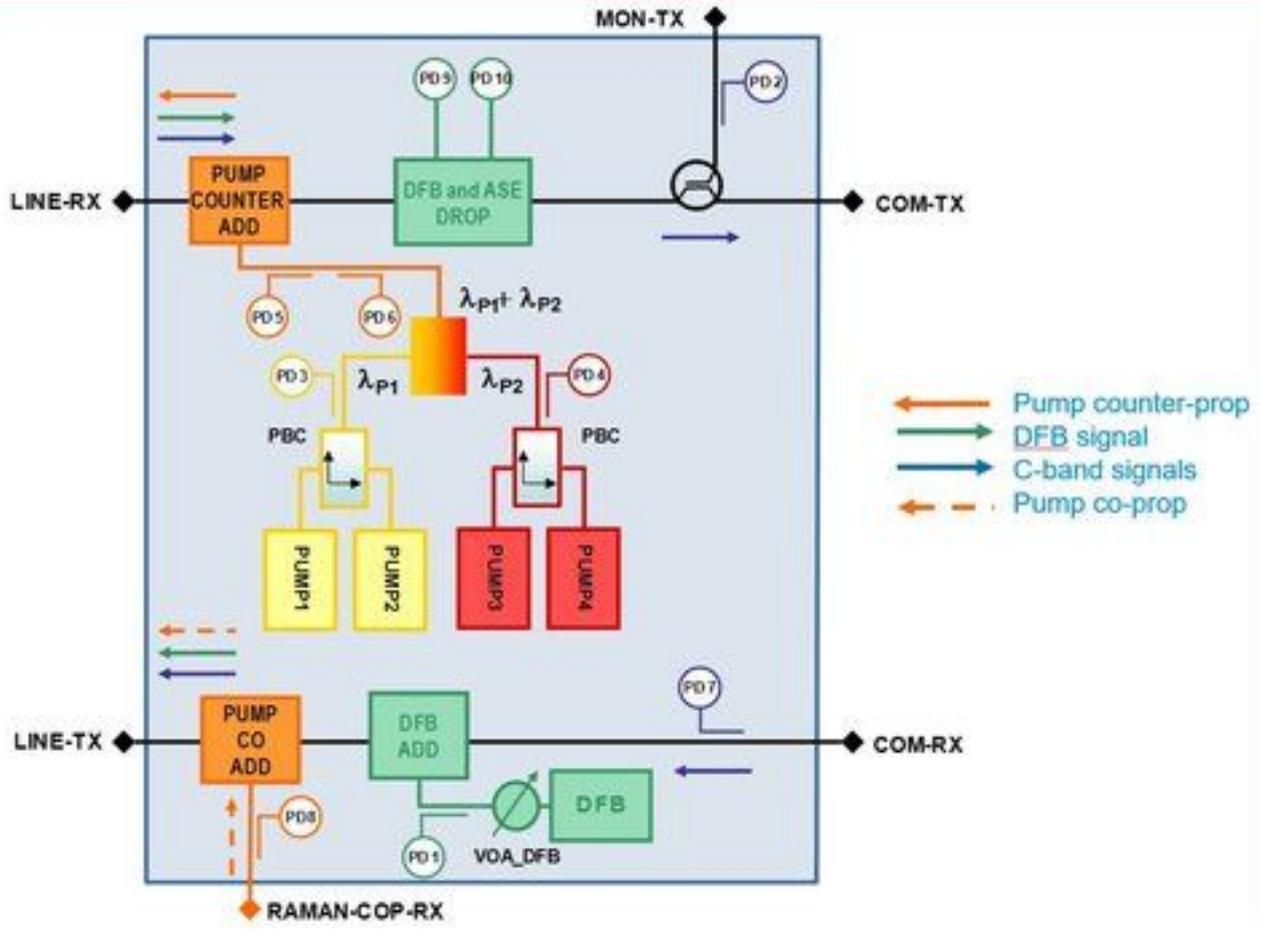
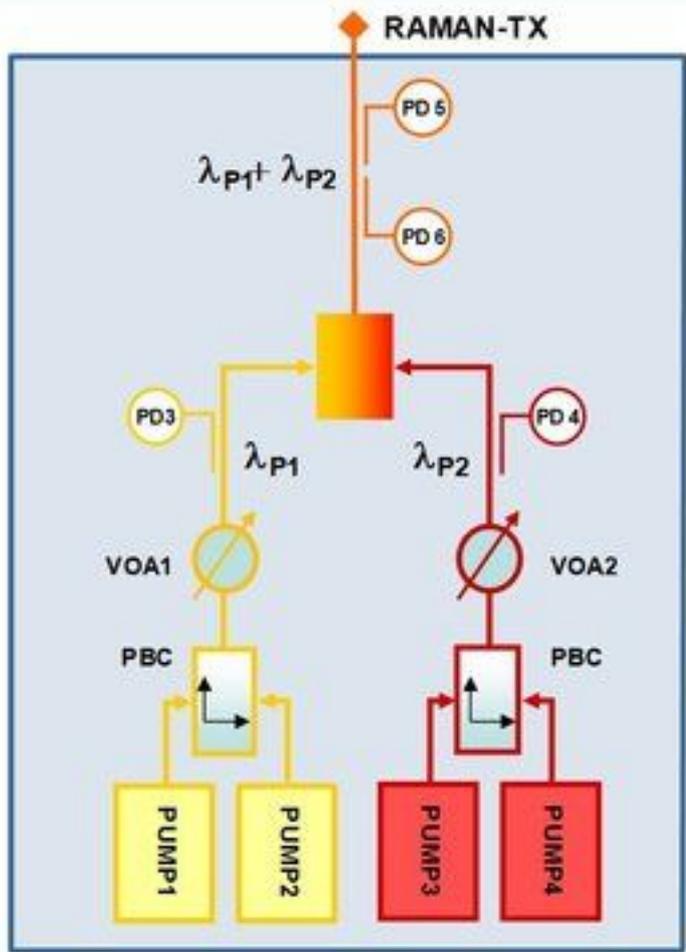
Die Rauschzahl ist die dB-Version des Rauschfaktors.

Das DRA-Geräusch und die Signalverstärkung werden über die effektive Länge der Span-Glasfaser verteilt.

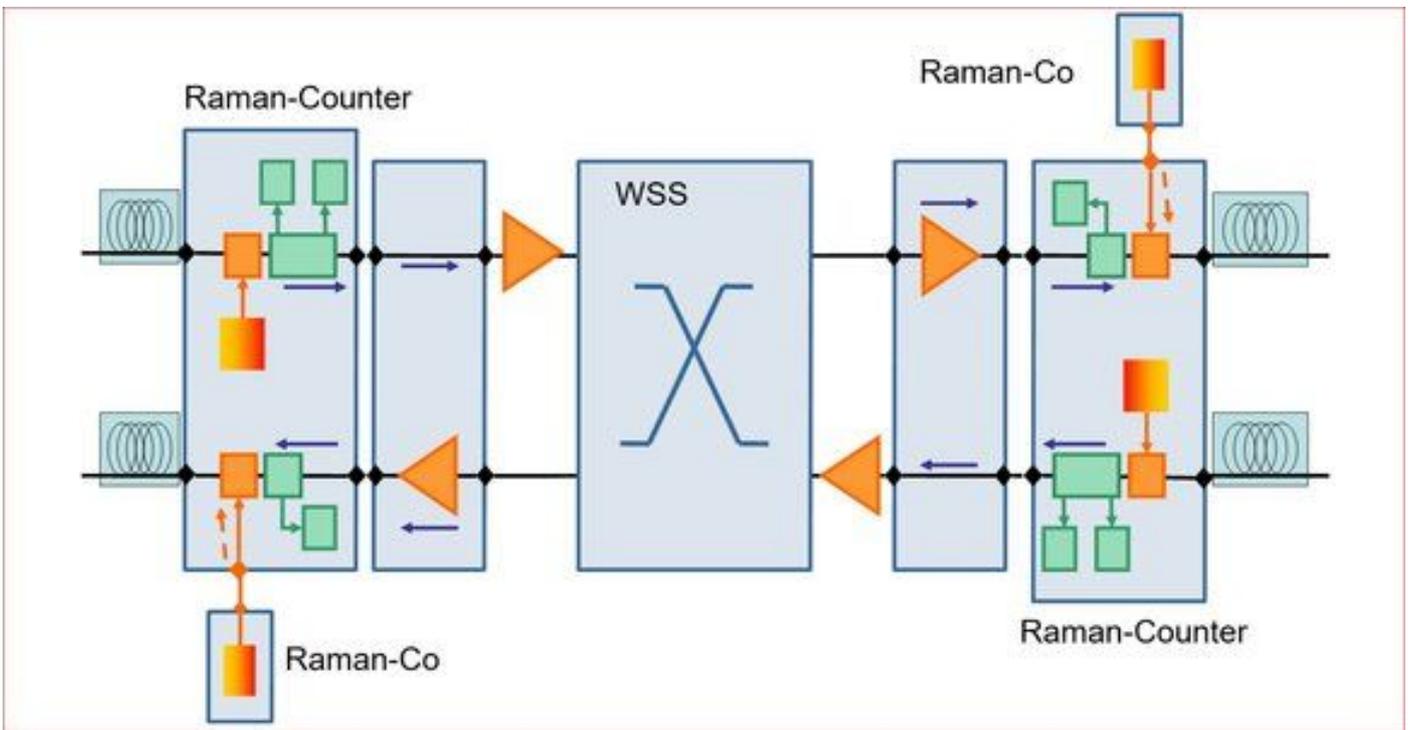


Verteilte Raman-Verstärker für Zählerpumpen werden häufig mit EDFA-Vorverstärkern kombiniert, um Reichweiten zu verlängern. Diese Hybridkonfiguration kann eine Verbesserung des OSNR um 6 dB bewirken, wodurch die Spannweiten erheblich verlängert oder das Budget für Span-Verluste erhöht werden kann. Die Zählerpumpe DRA kann auch helfen, nichtlineare Effekte zu reduzieren und eine Reduzierung der Kanalstartleistung ermöglichen.

[Funktionsbaustein-Diagramm für Co-Propagierung und Gegenüberstellung eines Raman-Verstärkers](#)



Field Deployment-Architektur von EDFA und RAMAN Amplifiers:



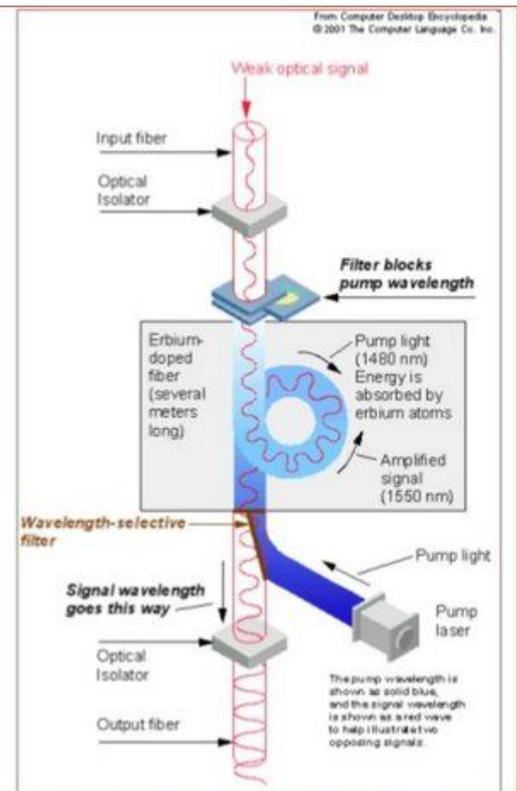
Interessant zu wissen:

Simplified Explanation on Raman Amplification:

Based on stimulated Raman scattering (SRS) effect, the weak light signal gets amplified while passing through a Raman gain medium (**the fiber**) in presence of a **strong pump laser**. It's the power transfer from lower to higher wavelengths.

EDFA vs. Raman Amplifier:

A Raman optical amplifier is not an amplifier "in a module"; instead, the optical amplification relies on the transmission "**fiber**" itself. In other words, whoever is deploying a Raman amplifier means he/she is building the amplifier on-site basically with a **high-power laser pump + existing fiber (any type of fiber)**!



Zugehörige Informationen

- Planung von Glasfasernetzwerken durch Bob Chomycz
- https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/optical-networking/ons-15454-series-multiservice-provisioning-platforms/data_sheet_c78-658538.html
- [Technischer Support und Dokumentation - Cisco Systems](#)