

Zeitschrift: Comtec : Informations- und Telekommunikationstechnologie = information and telecommunication technology

Herausgeber: Swisscom

Band: 79 (2001)

Heft: 10

Artikel: Neue Faserentwicklungen für höhere Bandbreiten

Autor: Hahn, Norbert

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-876587>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 26.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Glasfaser

Neue Faserentwicklungen für höhere Bandbreiten

Der Reichtum an Informationen, den das Internet birgt, droht deshalb nur schwer zugänglich zu werden. So sind vor allem für Multimedia-Anwendungen bis hin zur virtuellen Videokonferenz immer höhere Bandbreiten

NORBERT HAHN

ten zu deutlich geringeren Kosten gefragt. Bereits heute werden in den USA täglich 7,3 Mia. kommerzielle E-Mails verschickt. Der Internetverkehr verdoppelt sich alle 120 Tage und jeden Tag werden 65 Mio. Kurznachrichten verschickt.

Da die Übertragungskapazität der Glasfasern mit fortschreitender Entwicklung auf dem Gebiet der Glasfaser- und der optischen Systemtechnologien zunimmt, lassen sich mit steigender Übertragungskapazität Terabitnetze realisieren, die den breitbandigen Netzzugang an jedem Ort ermöglichen.

Die Glasfaser als Übertragungsmedium

Glasfasern haben sich zum vorherrschenden Übertragungsmedium für Hochgeschwindigkeitsnetze entwickelt und verdrängen dabei die Kupferkabeltechnik aus den Fern- und zunehmend auch aus den Stadtnetzen. In Zukunft werden auch die Netzanschlussleitungen aus Glasfasern bestehen. Der nächste Schritt wird die Glasfaser Verbindung bis hin zum Personal Computer sein.

Der Siegeszug der Glasfaser hat mehrere Gründe. Neben der Unempfindlichkeit gegen Störungen durch elektrische und magnetische Felder, zählen die Zuverlässigkeit und die Leistungsfähigkeit dazu. Ein wichtiger Punkt ist auch die Umweltverträglichkeit. Der Rohstoff, der Quarzsand, kommt überall auf der Welt vor und mit einem Kilo Glas lassen sich leicht bis zu 11 000 kg Kupfer einsparen. Die Glasfaser sorgte für eine enorme Er-

High-Speed-Glasfasern ermöglichen höhere Netzkapazitäten für den ständig steigenden Kommunikationsbedarf. Die konstant ansteigenden Nutzerzahlen beim Internet, zusammen mit immer aufwändigeren und breitbandigeren Anwendungen, führen schnell an die Grenze der installierten Übertragungskapazitäten.

Bild 1. Ein Glasstab wird in die Zieheinrichtung eingespannt.

weiterung der Übertragungskapazitäten. Als Claude Shannon seine Informationstheorie 1948 vorstellte, konnte das stärkste, in Betrieb befindliche Kabel ganze 1800 Telefongespräche übertragen. 25 Jahre später liessen sich über Kabel 230 000 Gespräche gleichzeitig übertragen. Heute werden über eine einzige WaveStar™-Glasfaser mehr als 6,4 Mio. Gespräche übermittelt. Dabei ist diese Faser nur so dick wie ein menschliches Haar. In nur einer Sekunde lässt sich somit der Inhalt von 90 000 Enzyklopädien übertragen. Selbst mit diesen hohen Übertragungsraten erreichen die heutigen Kommunikationssysteme nicht annähernd die theoretischen Kapazitätsgrenzen von Glasfasern.

Glasfasertechnologien

Bei den Glasfasern wird zwischen Stufenindex-, Gradientenindex- und Einmoden-Fasern unterschieden.

– Bei der Stufenindex-Faser haben die eingegebenen Lichtstrahlen je nach Reflexionswinkel unterschiedlich lange Wege. Der schmale Eingabeimpuls wird zum breiten Ausgangsimpuls und begrenzt damit die Bandbreite. Das Einsatzgebiet der Stufenindex-Faser

sind deshalb kurze Übertragungsstrecken (100 MHz x km).

- Bei der Multimode-Gradienten-Faser wird die Verbreiterung der Eingangssignale durch das Gradientenprofil reduziert. Da der Brechungsindex der Faser im Aussenbereich kleiner ist als im Faserzentrum, bewegen sich die Lichtstrahlen in den Randzonen schneller. Es wird eine höhere Bandbreite erreicht als bei der Stufenindex-Faser (grösser 1 GHz x km).
- Die Einmoden-Faser hat einen Aussendurchmesser von 0,125 mm und entspricht damit etwa der Dicke eines menschlichen Haares. Der Kerndurchmesser, in dem sich die Lichtsignale ausbreiten, ist nur etwa 10 µm dick. Dieser muss von allerhöchster Reinheit sein. Dann lassen sich Bandbreiten grösser 10 GHz x km erreichen.

Ziehen von Glasfasern

Der Grundstoff für Glasfasern ist ein Quarzglasrohr mit einer Länge von etwa 1,5 m. Dieser Rohling wird mit Hilfe von Gasen zu einer Vorform umgewandelt. Dafür wird das Quarzrohr waagrecht eingespannt. Durch das Rohr werden Gase geleitet, die sich unter Hitzeeinfluss



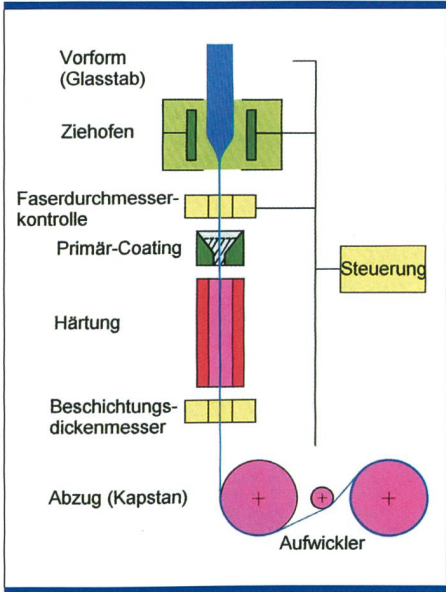


Bild 2. Glasfaserziehvorgang.

als reinstes Glas an der Innenwand niederschlagen. Auf diese Weise können hundert Schichten entstehen. Der Brechungsindex, der die Leistungsfähigkeit der Faser bestimmt, kann mit Hilfe des Gasgemischs beeinflusst werden. Nach der Innenbeschichtung wird das Glasrohr so erhitzt, dass es zusammenschmilzt (kolabieren). Diese massiven Stäbe werden nun in der Ziehvorrichtung des Ziehturms eingespannt und auf etwa 1900 °C erhitzt (Bild 1). Das nun weiche Glas fällt durch sein Eigengewicht nach unten, und es entsteht eine Faser mit 125 µm Durchmesser. Diese wird noch im Ziehturm mit einem Kunststoff zum Schutz gegen mechanische Einflüsse ummantelt (Primär-Coating). Am Fuss des Turms werden die Fasern nach einer Qualitätskontrolle aufgewickelt. Im Regelfall entsteht aus einer Glasstange eine etwa 140 km lange Glasfaser. Bei grösseren Rohlingen sind auch Faserlängen von 300 km möglich (Bild 2).

Bessere Nutzung von Glasfasern

So wie sich die Übertragungskapazität pro Glasfaser mit neuen Kommunikationssystemen jedes Jahr verdoppelt, nimmt auch die Menge an installierten Glasfasersystemen zu. Zwischen 1999 und 2000 wurden beispielsweise so viele Glasfaserkabel hergestellt, um dieses tausend Mal um die Erde legen zu können. Die Glasfaser begrenzt aufgrund von Nichtlinearitäten und Dispersionen die überbrückbaren Entfernungen für Über-

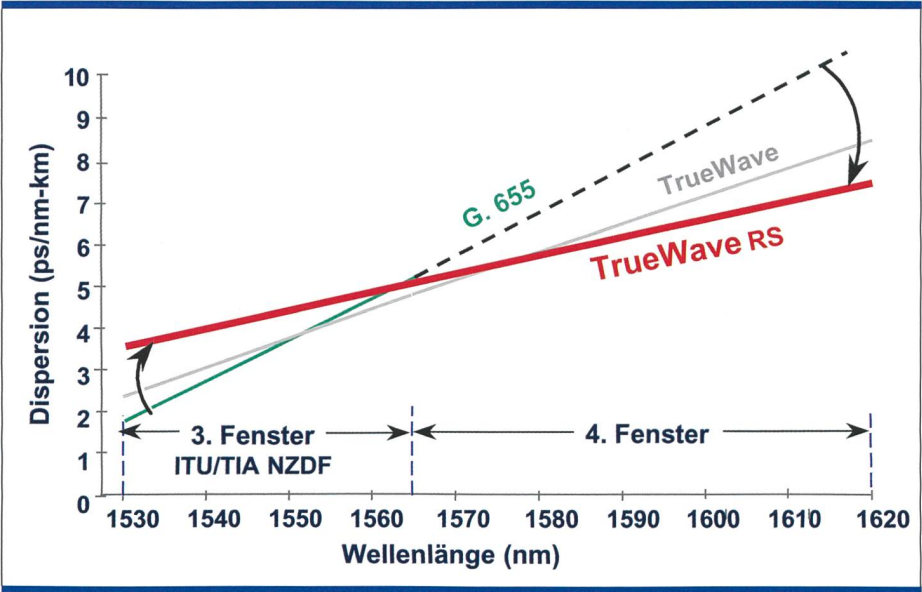


Bild 3. TrueWave®-RS-Faser.

tragungssysteme. Hierbei besteht ein enger Zusammenhang mit der Übertragungsrate. Zur Realisierung höherer Übertragungsbandbreiten verlegen die Netzbetreiber schon seit einiger Zeit verstärkt NZDF-Fasern (Non Zero Dispersion Shifted Fibre), mit denen sich hochkanalige Wellenmultiplexsysteme realisieren lassen. Entsprechend dem Trend in den USA nahm das Wachstum ausserhalb der USA von 1999 bis 2000 um mehr als 200% zu.

TrueWave®-RS-Faser (Reduced Slope)

Mit der TrueWave®-RS-Faser können Anbieter von Fernverkehrsdiensten höhere Kapazitäten und zukunftssichere Lösungen für die kommenden Wellenmulti-

plexsysteme wie High-Speed-DWDM-Systeme (Dense Wavelength Division Multiplexing) realisieren. Die TrueWave®-RS-Faser wurde als weltweit erste Einmodenfaser speziell für hochbitratige Fernverkehrsnetze mit optischen Verstärkern, die im dritten und vierten Fenster des Faserspektrums arbeiten, entwickelt. Das von den Bell Laboratories entwickelte System führt im Bereich von 1530 bis 1620 nm zu einer starken Verringerung der Dispersion, sodass sich zusätzliche Wellenlängen verwenden lassen (Bild 3). Heutige DWDM-Systeme mit optischen Verstärkern arbeiten im 1530- bis 1565-nm-Bereich, also dem dritten Fenster des Faserspektrums. Künftige Systeme wer-

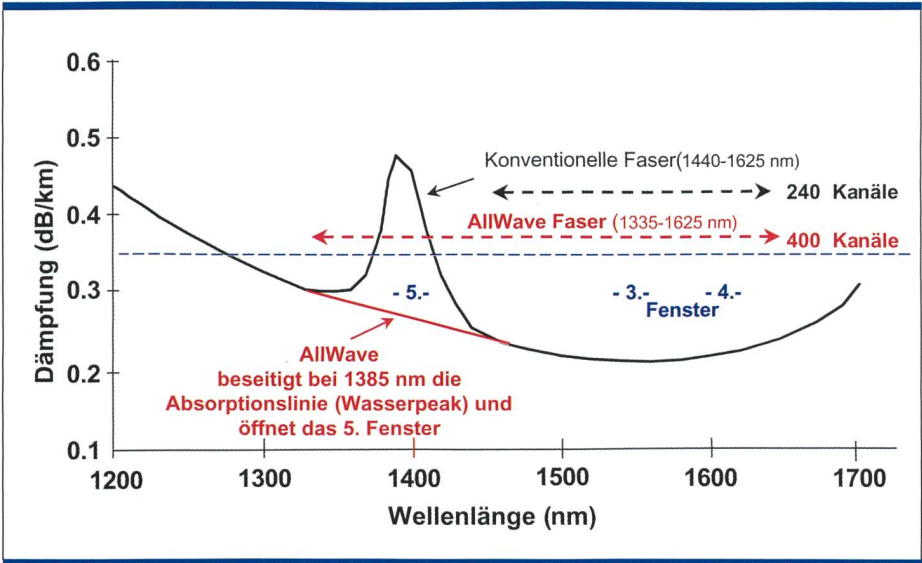


Bild 4. AllWave™-Glasfaser.

den das dritte und vierte Fenster zwischen 1565 und 1620 nm nutzen. Damit lässt sich die Netzkapazität und die Netzleistung erhöhen. Die TrueWave®-RS-Faser optimiert die Leistung in beiden Wellenlängenbereichen. Einer der wichtigsten Parameter bei der Entwicklung von Fasern für Hochgeschwindigkeitsnetze ist die Steigung der Dispersionskurve. Bei der TrueWave®-RS-Faser ist dieser Wert gegenüber anderen marktgängigen Fasern um 35 bis 55% geringer.

Nutzbare Wellenlänge bei Glasfasern erweitert

Mit Hilfe eines neuen Fertigungsverfahrens ist es Lucent Technologies gelungen, eine Glasfaser herzustellen, die in einem bisher nicht genutzten Bereich des Glasfaserübertragungsspektrums einsetzbar ist. Die nach diesem neuen Verfahren gefertigte AllWave™-Faser bietet 50% mehr nutzbare Wellenlängen als die konventionellen Fasern. Die AllWave™-Glasfaser bietet den Netzbetreibern einen neuen Frequenzbereich für die Glasfaserübertragungstechnik. Mit diesem technologischen Durchbruch ist die Bereitstellung von zielgerichteten und schnellen Digitaldiensten, wie beispielsweise Multimedia, Internet und Video-on-Demand, für Kunden in der ganzen Welt möglich – und dies preisgünstiger als je zuvor (Bild 4). Bei der Fertigung von Glasfasern blieb bisher immer ein bestimmter Anteil an

Wasser in Form von Hydroxylionen in der Faser zurück, sodass bestimmte Lichtregionen im Faserspektrum aufgrund von Absorption nicht genutzt werden konnten. Mit Hilfe eines neuen patentierten Reinigungsverfahrens entfernt Lucent bei der AllWave™-Glasfaser praktisch alle Wasseranteile (Hydroxylionen) aus der Glasfaser. Damit stehen bei herkömmlichen Einmodenfasern 100 nm mehr Bandbreite als bisher zur Verfügung. So kann praktisch erstmals das gesamte Faserspektrum genutzt werden.

Bedarfsorientierte Kabel

Die Lucent-Accu-Ribbon-Kabel sind kompakte Produkte, die eine Anzahl von Glasfasern pro Kabelmantel (12 bis 864) in einem 1 Zoll starken Schutzmantel aus Metall beinhalten. Durch die Flachkabeltechnik lassen sich jeweils zwölf Glasfasern gleichzeitig spleissen, sodass sich die Installationszeit auf ein Viertel reduziert. Die Kabel bieten aufgrund der TrueWave™-Flachkabeltechnik bei gleichen Kabelabmessungen eine Kapazitätsverdoppelung (Bild 5). Für stark belegte Kabelkanäle in europäischen Glasfasernetzen bietet Lucent das neue Glasfaserkabel MiDia® an. Das neue MiDia®-Kabel wurde im Augsburgener Glasfaserkabelwerk von Lucent speziell für den europäischen Markt entwickelt. Dabei handelt es sich um den kleinsten, derzeit auf dem Markt befindlichen Hohler-Lichtwellenleiter, der trotz seiner

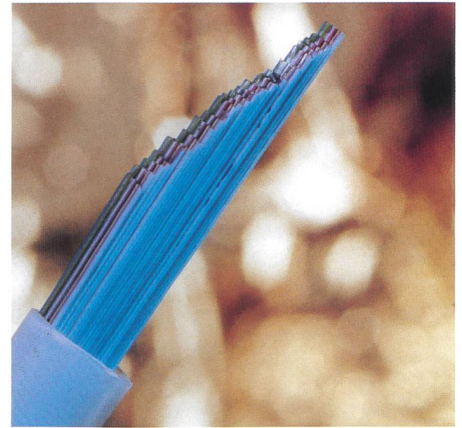


Bild 5. Accu-Ribbon-Kabel.

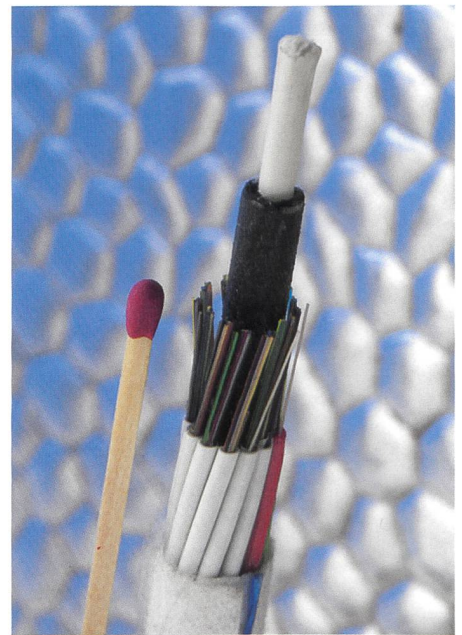


Bild 6. MiDia®-Kabel.

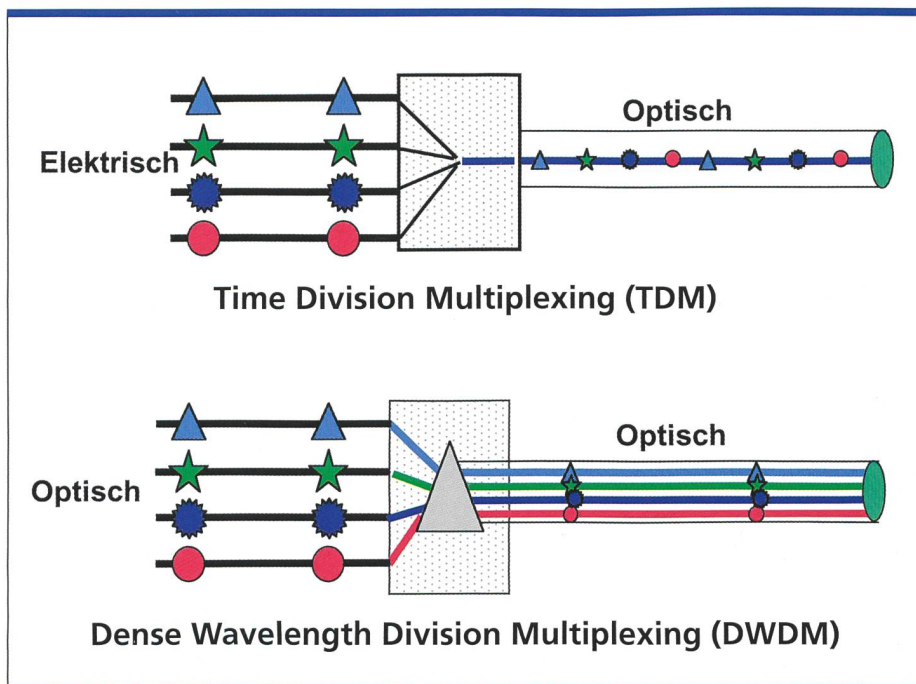


Bild 7. Übertragungstechniken: Erhöhung der Übertragungskapazität.

minimalen Abmessungen von 13 mm Durchmesser bis zu 144 Glasfasern aufnehmen kann (Bild 6).

Mehrfachnutzung des Übertragungswegs

Der Nachfrage nach mehr Übertragungskapazität begegnen die Systemhersteller für Übertragungsraten bis 40 Gbit/s mit der Zeitmultiplex-Technik (Time Division Multiplex, TDM). Die hier zur Anwendung kommende Synchron Digital Hierarchy (SDH) wurde für weltweit einheitliche Übertragungsnetze konzipiert. Für höhere Bitraten wird die in den Bell Labs entwickelte Wellenlängenmultiplex-Technologie (WDM) eingesetzt (Bild 7). Dabei handelt es sich um ein optisches Multiplexverfahren, bei dem die einzelnen Kanäle über unterschiedliche Wellenlängen des genutzten optischen Übertragungssystems transportiert werden.

Dies ist möglich, da sich Lichtwellen unterschiedlicher Länge gegenseitig nicht beeinflussen. Sie lassen sich gemeinsam und fehlerlos über eine Glasfaser übertragen.

Neue Übertragungsgrenzen

Bei der WDM-Übertragung werden die elektrischen Signale zunächst in Licht-

signale einer bestimmten Wellenlänge (Lichtfarbe) umgewandelt. Dafür verwendet man lichtemittierende Dioden oder Laser. Ein passives optisches Koppel-element (Sternkoppler) führt die wellenlängendiskreten Signale der einzelnen Kanäle zusammen und überträgt sie als optisches Multiplexersignal. Am Empfangsort erfolgt die Aufteilung in die ein-

zelnen Kanalsignale durch wellenlängen-abhängige, passive Filter oder opto-elektrische Empfangselemente.

Wissenschaftler der Bell Labs von Lucent Technologies haben mit 100 Terabit/s die Informationsmenge berechnet, die sich über eine Glasfaserverbindung übertragen lässt. Damit wurde theoretisch bewiesen, dass diese Technologie als Basis für noch leistungsfähigere Kommunikationsnetze einsetzbar ist. Bei der Berechnung des Übertragungsgrenzwerts haben die Bell-Labs-Wissenschaftler die Aufgabe etwas vereinfacht, indem sie sich einer Analogie aus der Quantenphysik bedienen und diese mit bestimmten Konzepten der Informationstechnologie kombinierten. Dazu untersuchten sie ein Telekommunikationssystem, das mit der Wellenmultiplex-Technik (Wavelength-Division-Multiplexing) arbeitet, bei der Lichtwellen unterschiedlicher Frequenzen gleichzeitig über eine Faser übertragen werden. Dann schätzten sie die Datenmenge, die zwischen Sender und Empfänger übertragen werden kann. Sie fanden heraus, dass ein Signal vom Systemrauschen überlagert wird, wenn es mit einer zu geringen Sendeleistung auf den Weg geschickt wird. Hingegen führen Signale mit zu hoher Sendeleistung zu Interferenzen mit anderen Signalen. Auf Basis der Wellenlängen und Parameterwerte, wie sie für Kommunikationsnetze typisch sind, konnten die Wissenschaftler dann ermitteln, dass es theoretisch – und ohne übermäßige Interferenzen oder Rauschanteile – möglich sein müsse, eine Datenmenge von 100 Terabit/s zu übertragen.

6

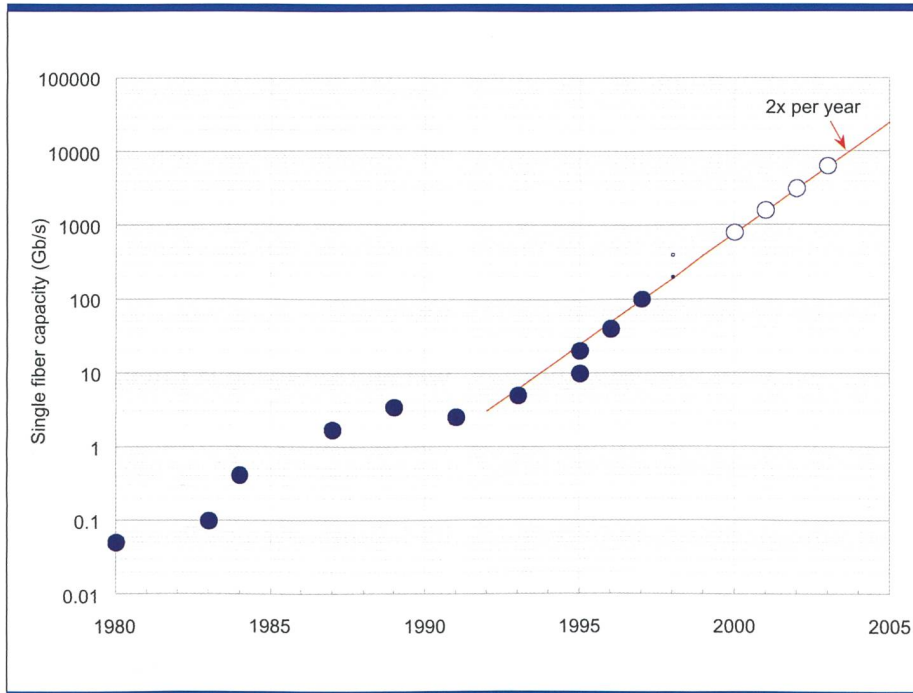


Bild 8. Wachstum der Übertragungskapazität.

Summary

Development of new type of fibre for greater bandwidths

High speed fibre optics enable network capacities to be expanded to meet continually growing communication requirements. The constantly increasing numbers of Internet users together with applications that are becoming more expensive and making greater use of broadband very quickly exhaust the transmission capacities installed. There is a risk that the wealth of information available on the Internet may become difficult to access. As a result greater and greater bandwidths at considerably lower costs are required in particular for Multimedia applications right up to virtual video conferencing. 7,3 billion business e-mails are now being sent every day in the USA. Internet traffic doubles every 120 days while 65 million short messages are sent per day. The increase in the transmission capacity of fibre optics, underlined by the progress made on fibre optics and optical system technologies means that terabit networks can be established which enable broadband networks to be accessed from any location.

Norbert Hahn, Leiter Presseabteilung,
Lucent Technologies,
Josef-Wirmer-Strasse 6, D-53123 Bonn,
Tel. +49 228 243 1210,
Homepage: www.lucent.com
Lucent Technologies, Hertistrasse 31,
CH-8304 Wallisellen, Tel. 01 832 84 00