

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

**Herausgeber:** Swisscom

**Band:** 83 (2005)

**Heft:** 4

**Artikel:** Ethernet weite im Aufwind

**Autor:** Sellin, Rüdiger

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-877130>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 04.02.2026

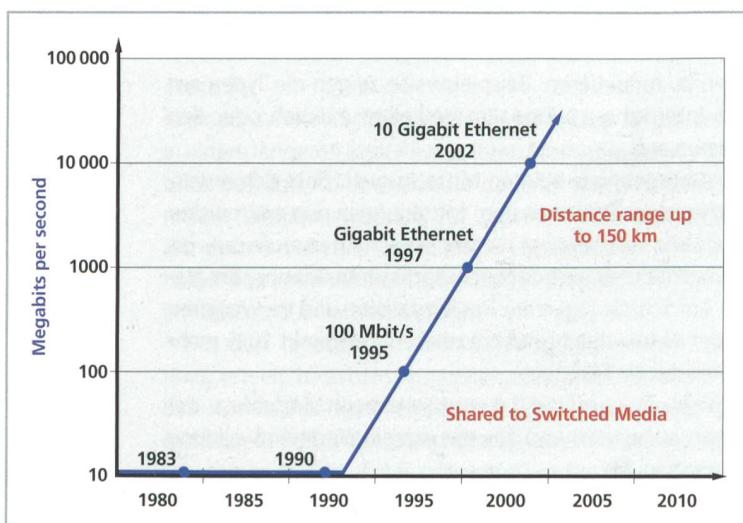
**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Ethernet weiter im Aufwind

**RÜDIGER SELLIN** Bereits die früheren Evolutionsstufen von Ethernet dominierten den lokalen Netzbereich. Bei noch mehr Speed und einer Direktanbindung an Glasfaserkabel steht mit dem «10 Gigabit Ethernet» (10 GE) eine Technik zur Verfügung, die sich auch als leistungsfähiges Backbone nutzen lässt. Datenhaltungsintensive Standorte lassen sich damit breitbandig vernetzen.

Die Evolution von Ethernet verlief über einen Zeitraum von rund zwanzig Jahren relativ ruhig. In diesem Zeitraum verteidigte das klassische Ethernet mit 10 Mbit/s (10 ME) seine Marktposition neben Token Ring, Token Bus und FDDI mit einem Marktanteil von über 85% aller LANs erfolgreich. Das Standardisierungsgremium IEEE hat durch eine kontinuierliche Pflege und Erweiterung der meist praxisnahen Ethernet-Spezifikationen dessen Ruf als einfache, robuste und zuverlässige lokale Netztechnologie gefestigt. Ab 1995 ging es dann Schlag auf Schlag: Die Datenübertragungsrate wurde auf 100 Mbit/s gesteigert, und die ersten drahtlosen lokalen Netze (Wireless LAN) entstanden. Im drahtgebundenen Bereich wurde bereits im Jahr 1997 die Übertragungsrate von 1 Gbit/s erreicht. Auch diese Evolutionsstufe nutzt das bei Ethernet-Kritikern umstrittene CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection), also weiterhin das Übertragungsmedium Kupferkabel. Die Statistik beeindruckt gewaltig: 98% aller im Jahr 1999 installierten LAN-Ports wurden mit Ethernet ausgerüstet. In absoluten Zahlen wurden 1999 weltweit rund 171 Mio. und im Jahr 2000 sogar rund 182 Mio. Ethernet-Ports installiert.

Bild 1. Evolution von Ethernet. *Foundry Networks*



## 10 GE bereits in zweiter Generation

Das Jahr 2002 brachte dann erstmals einen Bruch mit der Vergangenheit. Das neue 10 GE stieß in tiefere WAN-Bereiche vor und verliess die bisherigen lokalen Grenzen. Das 10 GE nutzt kein CSMA/CD mehr (wegen potenziell zu häufiger Kollisionen in diesem Geschwindigkeitsbereich), verwendet aber weiterhin die üblichen Ethernet-MAC-Frames. Im WAN besteht die Möglichkeit zur Verwendung von SDH als Transportmedium. 10 GE wurde zunächst ausschließlich in Kombination mit Glasfaserkabeln spezifiziert. In Verbindung mit den Singlemode-Glasfasertypen 10GBASE-LR wird bei einer Wellenlänge von 1310 nm eine Reichweite von mindestens 10 km spezifiziert. Die Singlemode-Glasfasertypen 10GBASE-ER bringen es bei einer Wellenlänge von 1550 nm zwar auf mindestens 40 km Reichweite, sind aber recht kostspielig. Die preiswerteste Variante ist 10GBASE-SR. Sie erreicht mit herkömmlichen Multimode-Fasern jedoch keine 100 m Reichweite. Eine Version mit herkömmlichen Kupferkabeln für sehr kurze Distanzen befindet sich in der Definitionsphase. Damit soll bewiesen werden, dass auch 10 GE auf Kupferkabeln einsetzbar ist. Der Nutzen dieser Variante ist allerdings höchst umstritten, weil in Datenzentren in der Regel grössere Distanzen als nur wenige Meter überbrückt werden müssen (Bild 1).

Gleichwohl ist die Evolution von Ethernet nicht aufzuhalten. Das erste Equipment für 10 GE wurde bereits Ende 2001 angekündigt. In dieser Zeit zeigten 22 Hersteller erste Labormuster ihrer 10-GE-Netzeinrichtungen auf amerikanischen Messen und demonstrierten deren Interoperabilität. Das Echo auf 10 GE fiel mit nur 500 installierter Ports in der ersten Hälfte 2002 trotzdem eher verhalten aus. Primäre Abnehmer waren Forschungseinrichtungen und Universitäten. 2003 kam schon die zweite 10-GE-Generation auf den Markt. Der wachsende Bandbreitenbedarf grösserer Unternehmen und Preissenkungen für 10-GE-Equipment tragen sicher zur Attraktivitätssteigerung von 10 GE bei. So soll dieses heute viel günstiger sein als die konkurrierende Sonet-/SDH-Hierarchiestufe OC 192 mit ebenfalls 10 Gbit/s. Für den nordamerikanischen Markt wird ein 10-GE-Port mit 17 000 US-\$ beziffert, mit Chassis werden 35 000 US-\$ genannt. Die relativen Kosten pro Port und pro Megabit Bandbreite sind zum jetzigen Zeitpunkt tiefer als beim GE. Diese Technologie verzeichnet aber über alle installierten Ethernet-Ports immer noch eine höhere Zunahme als dessen Nachfolger 10 GE, der sich nun anschickt, seine Nische zu verlassen. Ein wichtiger Pluspunkt für 10 GE ist beispielsweise die bisher nicht vorhandene Möglichkeit zur Vernetzung mehrerer Unternehmensstandorte mit einer durchgehenden Netzwerktechnik vom LAN bis zum WAN.

Hersteller	Chassis-Bezeichnung	Max. Anzahl von Blades pro Chassis	Max. I/O Bandbreite	Max. Switching Bandbreite	10 GE Blade	Anzahl 10 GE Ports pro Blade	Optisches Modul	10-GE-Port-Typen	Switching Bandbreite pro 10 GE Port	10 GE Ports per Chassis
Cisco	12400 Series	15	150 Gbit/s	160 Gbit/s	10 GE 10 km 10 GE 40 km	1	Proprietär	10GBase-LR 10GBase-ER	10 Gbit/s 10 Gbit/s	15 15
	Catalyst	12	120 Gbit/s	128 Gbit/s	10 GE 10 km	1	Proprietär	10GBase-LR or 10GBase-ER	10 Gbit/s	11
Extreme Force10 Networks	Black Diamond E Series	16	160 Gbit/s	128 Gbit/s	10GLRi	1	300 pin	10GBase-LR	8 Gbit/s	16
		14	280 Gbit/s	640 Gbit/s	2-port LAN 1310 2-port LAN 1550 2-port WAN 1310	2	300 pin	10GBase-LR 10GBase-ER	40 Gbit/s 40 Gbit/s	28 28
Foundry	BigIron	15	300 Gbit/s	120 Gbit/s	LAN 850	1	300 pin	10GBase-SR	8 Gbit/s	15
	NetIron FastIron				LAN 1310 LAN 1550 2 Port XENPAK	1 1 2	300 pin 300 pin XENPAK	10GBase-LR 10GBase-ER	8 Gbit/s 4 Gbit/s	15 30
Intel	PRO/10GE LR Server Adapter	1	10 Gbit/s	-	PCI-X Card	1	XENPAK	10GBase-LR	4 Gbit/s	1

Tabelle 1. Typische 10-GE-Anbieter und deren Produkte. [www.lightreading.com](http://www.lightreading.com)

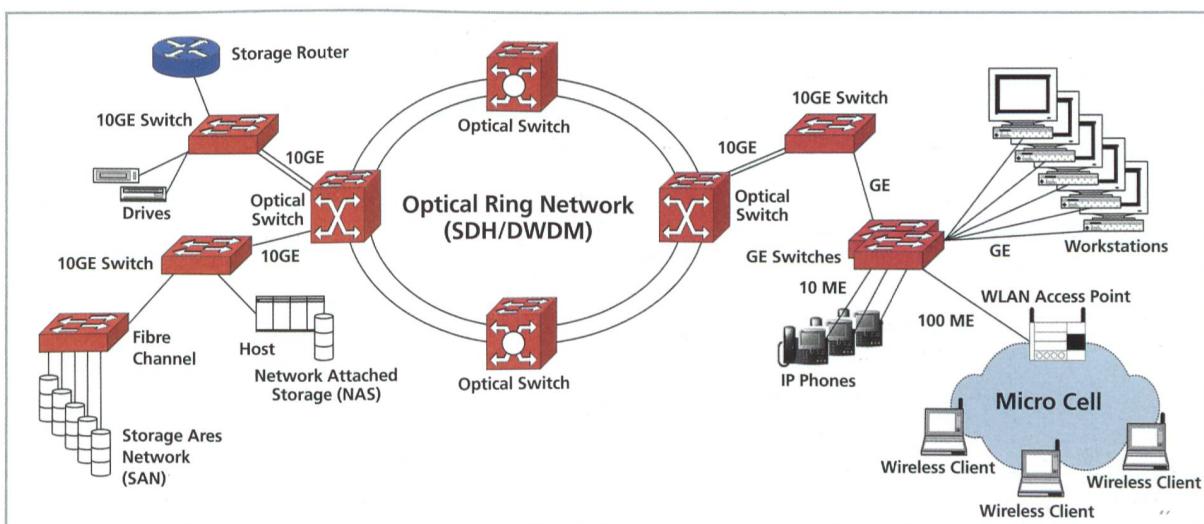
Besonders speicherintensive Anwendungen wie SANs (Storage Area Networks) und NAS (Network Attached Storage) wecken Bedarf für 10 GE (Bild 2). Hier liegt zurzeit auch der Hauptanwendungsbereich. Aber auch nutzungsintensive Datencenter mit Server-Farmen gehören zu den potenziellen Umgebungen für 10-GE-Installationen. Für eine direkte Anbindung von Desktop-PCs oder Workstations an 10 GE existieren kaum Anwendungen, da deren Bustechnik und Peripherie viel zu langsam ist. Hier bleiben 10 ME oder 100 ME vorerst die Regel. Workstations im anspruchsvollen CAD-Bereich oder High-End-PCs hingegen werden zunehmend via GE an die Server-Infrastruktur angebunden. Auch das Grid-Computing, bei dem ein Rechnerverbund, der über einen Kontinent oder den Globus verteilt ist, beispielsweise an wissenschaftlichen Rechenaufgaben arbeitet, mutiert vom GE- zum 10-GE-Anwender. Prognosen sehen 10 GE zudem als Kommunikations-Backbone mittlerer und grösserer Unternehmen, und zwar sowohl unternehmensintern als auch für die Standortvernetzung.

Mit der vermehrten Installation von 10-GE-NICs (Network Interface Cards) in File-Servers und deren Vernetzung untereinander wird die Netz-Performance markant gesteigert. Unternehmen können so ihre zahlreichen File Server konsolidieren und sich auf wenige Datencenter hoher Kapazität konzentrieren. Tiefere Aufwendungen für Betrieb und Unterhalt führen im Verbund mit dem gesteigerten Systemdurchsatz zu spürbaren Kosteneinsparungen.

### Zunehmendes Angebot

Switches und Routers mit 10-GE-Einschubkarten sind von einer grossen Anzahl von Anbietern erhältlich. Dazu gehören unter anderem Cisco, Extreme Networks, Force10 und Foundry. Intel war die erste Firma, die 10-GE-NICs bis zur Marktreife entwickelte. Die Tabelle 1 zeigt eine Marktübersicht mit den wichtigsten 10-GE-Herstellern und den Leistungsmerkmalen ihrer Lösungen.

Im 10-GE-Umfeld stellt sich stets die Frage, wie die Hochgeschwindigkeitsinseln vernetzt werden sollen. Glasfaser-

Bild 2. SAN und NAS als 10-GE-Anwendung. [Sellin](http://www.sellin.com)

netze sind besonders in städtischen Geschäftszentren, oft aber auch überregional vorhanden und zwar entweder passiv als Dark Fiber (unbeschaltet) oder aktiv mit definierten Schnittstellen wie SDH. Glasfasern lassen sich mit WDM (Wavelength Division Multiplexing) beschalten. Damit ist es vereinfacht gesagt möglich, auf dem optischen Kabel verschiedene Wellenlängen verschiedenen Kanälen zuzuordnen. Für überwiegend lokal oder regional agierende Firmen stellt WDM eine durchaus praktische Technik dar, weil sie die Wahl der darüber liegenden Protokolle kaum einschränkt. Problematisch sind aber oft die hohen Kosten für WDM und dessen unflexible Skalierbarkeit. Hinzu kommt die fehlende Möglichkeit zur Anbindung der LANs und MANs in WDM-Technik an WANs zur landesweiten oder globalen Vernetzung. Hier stellt Sonet/SDH nach wie vor die am weitesten verbreitete und die reifste Technik dar – auch in MANs. So fährt beispielsweise Nortel zweigleisig und

offeriert ihren Kunden neben der WDM-Technik für lokale und regionale Netze (Bild 3, unten) Sonet/SDH für die Vernetzung von Storage Networks über MANs und WANs (Bild 3, oben). Den abgedeckten Geschwindigkeitsbereich gibt der kanadische Hersteller mit 51,84 Mbit/s (STS-1) bis zu 10 Gbit/s an und sichert damit eine hohe Skalierbarkeit. Nortel ermöglicht mit dieser Lösung die Verlinkung der Netzplattformen SONET (USA) bzw. SDH (Europa) mit CWDM und DWDM (Erläuterung zu WDM siehe Kasten). Werden Ethernet-Frames in SDH-Rahmen eingepackt, so bleibt aufgrund der notwendigen Kennzeichnung der SDH-Rahmen (Overhead) noch eine Netto-Datenübertragungsrate von 9,58464 Gbit/s (netto Payload) übrig.

Viele Service Provider dehnen ihre GE-Netze via Dark Fiber auf Randgebiete ihres Versorgungsgebiets aus. Die auf einer Glasfaser mögliche Bandbreite ist jedoch auf ein Gigabit pro Sekunde beschränkt. Mit DWDM-Equipment sind zwar höhere Datenübertragungsraten möglich, für einen Metronetzbetreiber sind die Mehrkosten aber kaum tragbar. Nach Angaben von Foundry Networks lässt sich der Wunsch nach preiswerter Bandbreite mit Hilfe von 10 GE erfüllen. Metronetze in 10-GE-Technologie können entweder in Stern- oder in Ringtopologie ausgelegt werden. Im Gegensatz zum Resilient Packet Ring (RPR) verwenden diese 10-GE-Netze das Standard-Ethernet-MAC-Protokoll, sodass die Anbindung an das LAN problemlos gelingt. Die neusten 10-GE-Metro-Switches bieten nach Angaben von Foundry eine zu Sonet-/SDH-Ringen vergleichbare Zuverlässigkeit und Sicherheit. Der Hersteller nutzt dabei das so genannte Metro Ring Protocol (MRP), das mit Standards basierend auf GE und 10 GE zusammenarbeiten soll.

## Fazit

10 GE als vorerst schnellste Evolutionsstufe beginnt sich langsam auf dem Markt zu verbreiten. Von einer grossen Marktdurchdringung ist es noch weit entfernt, was nicht zuletzt an den zwar gesunkenen, in absoluten Zahlen aber immer noch hohen Kosten liegt. So wird sich zunächst das normale GE auf den Schreibtischen ausbreiten und 10 GE sich erst einmal hinter den Kulissen in ausgewählten LANs und MANs verstecken. Im WAN-Bereich beginnt die Verbreitung von 10 GE durch einen langsamen Ersatz von SDH. Auf diesen Netzplattformen werden dann häufiger als bisher Vernetzungen in durchgehender 10-GE-Technik anzutreffen sein – ein schlagendes Argument für 10 GE. ■

Rüdiger Sellin, Dipl. Ing., PR-Manager, Swisscom Mobile und freier Autor

## Hersteller von 10-Gigabit-Ethernet-Komponenten

Cisco: [www.cisco.com](http://www.cisco.com) (search «10 Gigabit Ethernet»)

Enterasys: [www.enterasys.com/products](http://www.enterasys.com/products)

Foundry: [www.foundrynet.com/technologies/10Gig/index.html](http://www.foundrynet.com/technologies/10Gig/index.html)

Extreme Networks: [www.extremenetworks.com/technology](http://www.extremenetworks.com/technology) (search «10 Gigabit Ethernet»)

Force10: [www.force10networks.com/products](http://www.force10networks.com/products)

## Industrieforen zu 10 Gigabit Ethernet

Metro-Ethernet-Forum: [www.metroethernetforum.org](http://www.metroethernetforum.org)

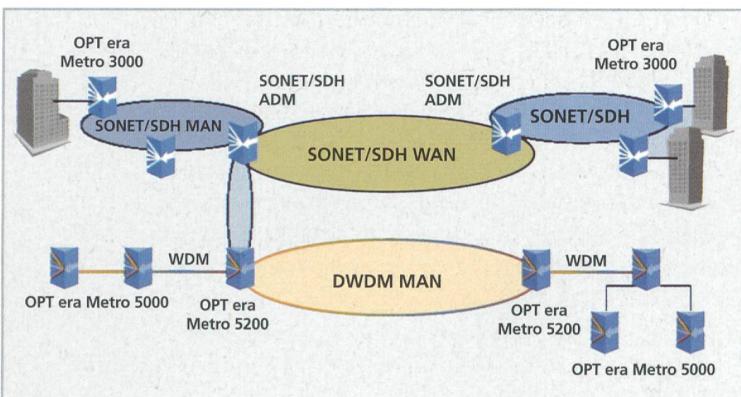
10 Gigabit Ethernet Alliance: [www.10gea.org](http://www.10gea.org)

Ethernet in the First Mile Alliance (EFMA): [www.efmalliance.org](http://www.efmalliance.org)

Gigabit Ethernet Alliance: [www.gigabit-ethernet.org](http://www.gigabit-ethernet.org)

Optical Internet Forum: [www.oiforum.com](http://www.oiforum.com)

Bild 3. SANs und NASs als 10-GE-Anwendung. Nortel Networks



## Evolution der WDM-Technologie

Wavelength Division Multiplexing (WDM) bezeichnet eine spezielle Übertragungstechnik zur Nutzung von Glasfasern. WDM ermöglicht eine deutliche Steigerung deren Übertragungskapazität. Das wird durch die Verwendung verschiedener Lichtströme unterschiedlicher Wellenlängen erreicht. Diese werden auf der Seite des Senders zu einem einzigen Lichtstrom gebündelt und auf der Empfängerseite wieder in einzelne Wellenlängen separiert. Die CWDM Technologie (Coarse Wave Division Multiplexing) baut auf der gleichen Technologie auf. Sie bietet aber eine kosteneffektive Alternative zur DWDM-Technologie (Dense Wave Division Multiplexing). Bei CWDM kann auf thermisch überwachte Laser verzichtet werden, wodurch der Energieverbrauch gesenkt wird. Zudem entfällt die Signalverstärkung, um grössere Distanzen zu überwinden. Trotzdem wird die Sicherheit, Rentabilität und Qualität der DWDM-Systeme auch bei den CWDM-Systemen beibehalten. Ein CWDM-Lieferant ist die LAN Technik GmbH. Sie bietet CWDM Multiplexer und Interface-Module als kosteneffektive Wavelength Bundling Solution für den optischen Transport an. Daten verschiedener Quellen mit unterschiedlichen Bit-Raten und Protokollen (z. B. ESCON, Ethernet, Fiber Channel, ATM) werden auf einen optischen Link zusammengefasst. Dadurch wird die effektive Bandbreite existierender Fiber-Verkabelungen erweitert und somit hohe Installationskosten, die durch aufwändiges Einbauen zahlreicher Fiber-Stränge entstehen, verringert.

Weitere Infos unter: [www.lan-technik.de/index.html](http://www.lan-technik.de/index.html).