

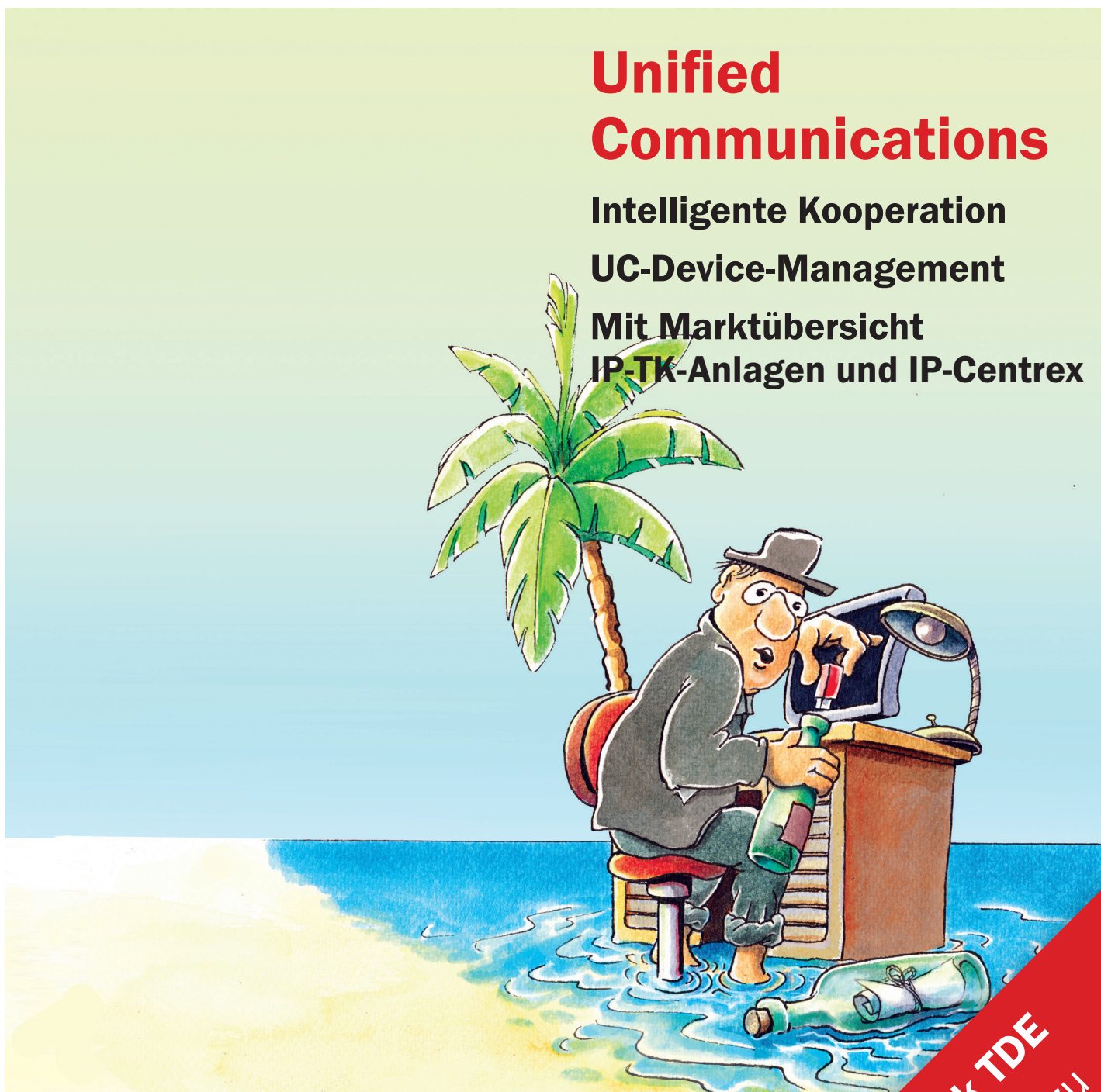
## Unified Communications

Intelligente Kooperation

UC-Device-Management

Mit Marktübersicht

IP-TK-Anlagen und IP-Centrex



**Citrix Synergy  
in Anaheim, USA**  
Business als App  
mit Security-Analyse

**Aagon VUM  
im Praxistest**  
Integrierter Scanner  
für Schwachstellen

**LWI  
M**

**Sonderdruck TDE**  
Highspeed bis zu  
Terabit-Werten

Zukunftsmodell Paralleloptik

# Highspeed bis zu Terabit-Werten

Um die heutigen enormen Datenmengen bewältigen zu können, geht an Glasfaser kein Weg vorbei. Dabei stößt die Standardübertragung auf einer Wellenlänge über zwei LWL-Fasern bei der Übertragungsleistung an technische Grenzen. Eine Alternative zur Vervielfältigung der Übertragungsleistung bietet die parallel-optische Übertragung. Mit einer darauf basierenden Infrastruktur bleiben alle Wege offen, und es lassen sich langfristig höhere Übertragungsraten realisieren.

2023 ist Schluss. Das Internet bricht zusammen. So prognostizierte es vor einigen Jahren ein britischer Forscher und schaffte es damit in die Boulevardblätter. Seine These begründete er zum einen mit der begrenzten Leistungsfähigkeit von Glasfaserkabeln und zum anderen mit dem stark zunehmenden Energiebedarf für den Betrieb des Internets.

Dass die Datenmengen steigen, ist eine Binsenweisheit. Bereits 2019 wird der gesamte monatliche IP-Datenverkehr in Deutschland auf 3,5 Exabyte klettern und die durchschnittliche Datentransferrate in Spitzenzeiten bis zu 41 TBit/s betragen. 163 Zettabyte – eine dreistellige Zahl mit 21 Nullen: Das ist die Prognose für die weltweite Datenmenge bis 2025. Sie verzehnfacht sich damit.

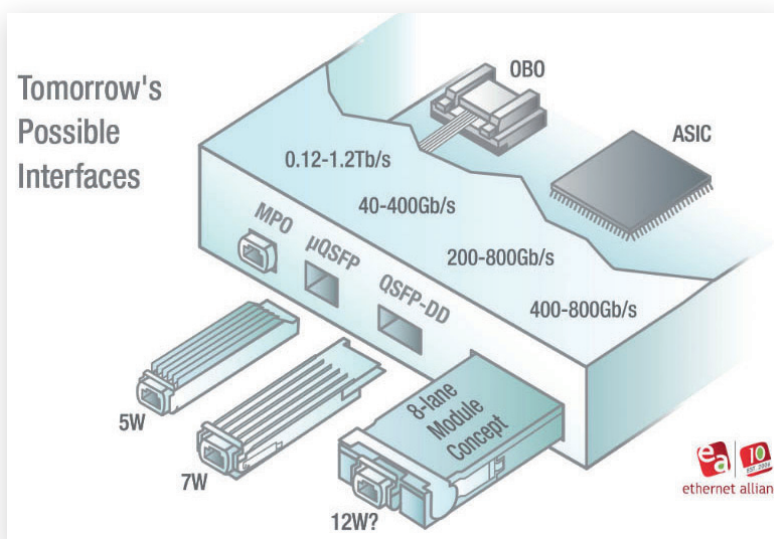
Es ist also nach Einschätzung der Experten höchste Zeit für ein tragfähiges Zukunftsmodell auf Basis der Glasfasertechnik. Heute existieren primär zwei Techniken zur Vervielfachung der möglichen Datenübertragung via Glasfaser: das Multiplexing und die parallel-optische Übertragung. Somit stehen Netzwerktechniker und Unternehmen vor der Frage, welche der Lösungen nachhaltig zukunftsfähig ist: Multiplexing oder Paralleloptik?

Aus technischer Sicht handelt es sich bei beiden Techniken um vollkommen unterschiedliche Vorgehensweisen, um das gleiche Ziel zu erreichen, nämlich eine Vervielfachung der über einen Kanal möglichen Übertragungsleistung. Laut IEEE-Standard lassen sich heute bis zu 25 GBit/s je Kanal übertragen. Während das Multiplexing diese Vervielfachung technisch sehr aufwändig mit unterschiedlichen Wellenlängen über einen Kanal realisiert, werden bei der Paralleloptik „einfach“ nur mehrere physische Kanäle (Faserpaar-

re) parallelgeschaltet. Dies hat zur Folge, dass WDM-Transceiver je nach Übertragungsgeschwindigkeit und Fasertyp bis zu fünfmal teurer sind als parallel-optische Transceiver mit identischer Leistung. Hinzu kommt, dass die parallel-optische Übertragung einen weiteren gravierenden Anwendungsvorteil mit sich bringt: Sie ermöglicht Breakout-Anwendungen.

Im Kontext der parallel-optischen Übertragung bedeutet der Begriff der Breakout-Anwendung die Aufteilung einer Übertragungsstrecke mit dem Ziel, mehrere Geräte über einen Port ansteuern zu können. Jeder heute erhältliche parallel-optische QSFP oder CFP lässt sich über die Software so konfigurieren, dass entweder eine Punkt-zu-Punkt-Übertragung oder eine Breakout-Anwendung realisierbar ist. So lassen sich etwa über einen 40G-Port eines Switches vier Server mit 10G ansteuern. Dadurch sind die oft kostspieligen Switches und Router effizienter nutzbar, da sie eine höhere Port-Zahl und entsprechend höhere Packungsdichten bieten.

Konkret bedeutet dies auf der Switch-Seite eine „Vervielfachung“ der 10G-Ports und zugleich auch eine deutliche Reduzierung des Energiebedarfs, da ein QSFP nur geringfügig mehr Energie verbraucht als ein SFP+. Transceiver-Hersteller nutzen diese Funktion heute schon voll aus. Auf dem Markt gibt es bereits parallel-optische Transceiver, die die verfügbare Leistung von 120G entweder auf dreimal 40G oder auf zwölfmal 10G aufteilen. Außerdem



**Mögliche künftige Interfaces: Transceiver-Hersteller haben den Mehrfaserstecker in die Planung aufgenommen.**

Bild: Ethernet Alliance

gibt es kombinierte Anwendungen. Diese Optionen sind nur dann möglich, wenn auch die physische Trennung der Kanäle in Form separater Anschlussstrecken gegeben ist. Beim Multiplexing ist diese Funktion technisch nicht möglich.

### Wermutstropfen höherer Faserbedarf

Die paralleloptische Übertragung bringt auch einen Nachteil mit sich: Durch das Parallelschalten mehrerer Kanäle ist der Bedarf an Fasern entsprechend höher als beim Multiplexing. Dies ist sicher auch ein wesentlicher Grund dafür, dass die paralleloptische Übertragung bisher im Regelfall über Multimode-Fasern realisiert ist, also auf kürzeren Übertragungstrecken mit hoher Port-Dichte wie zum Beispiel in Rechenzentren. PSM4 heißt eine neue Übertragungsform für den Singlemode-Bereich. PSM4 bedient sich der QSFP-Schnittstelle der IEEE und ist in den Funktionen identisch mit Multimode-SR4-Transceivern. Als paralleloptische Singlemode-Übertragung ist PSM4 für Übertragungslängen von bis zu 500 Metern gedacht und damit gezielt für das Anwendungsfeld Datacenter konzipiert. Im Gegensatz zu WDM-Singlemode-Transceivern ist der Preis eines PSM4-Transceivers in etwa identisch mit dem eines vergleichbaren Multimode-QSFP-Transceivers.

Bislang kommen Multimode-Fasern überall dort zum Einsatz, wo es um die Überbrückung kürzerer Entfernungen geht – etwa innerhalb von Gebäuden oder in Rechenzentren. In Verbindung mit paralleloptischer Übertragung von 40 bis 100G lassen sich so Reichweiten von bis zu 150 Metern überbrücken. Die Singlemode-Faser hingegen ist die erste Wahl für große Entfernungen: Sie kommt bei der Campusverkabelung oder bei Weitverkehrsverkabelungs-Anbindungen zum Einsatz. Da Multimode-Fasern in der Anschaffung signifikant teurer sind als Singlemode-Fasern, gibt es in der Branche immer wieder Überlegungen, die Single-

mode-Faser der Multimode-Übertragung auch in Rechenzentren vorzuziehen. Die aktuellen Entwicklungen zeichnen jedoch ein anderes Bild.

### Single- oder Multimode?

Im Gegensatz zu Singlemode-Fasern, bei denen sich in den letzten 15 Jahren außer biegeoptimierten Fasern kaum etwas geändert hat, gab es bei der OM-Standardisierungen für Multimode-Fasern viel Bewegung: Ausgehend von OM1 ist die Entwicklung inzwischen bei OM5 angekommen. Mit den Faserklassen OM3/OM4



**Der MPO wird nach Einschätzung von Experten auch in Zukunft der strategische Steckverbinder bleiben, sowohl in Verbindung mit Multimode- als auch Singlemode-Technik.**

Bild: TDE – trans data elektronik

und OM5 eröffnen sich gegenüber den ersten beiden OM-Standards Möglichkeiten in Bezug auf die Short Wavelength Division Multiplexing (SWDM) genannte Wellenlängentechnik, die mit kurzen Lichtwellenlängen arbeitet. Damit hat die WDM-Technik auch die Multimode-Faser als Übertragungsmedium erschlossen. Allerdings gilt auch dabei genau wie im Singlemode-Bereich, dass Multimode-WDM-Transceiver um ein Vielfaches teurer sind als vergleichbare paralleloptische Geräte.

Die Verfechter der Singlemode-Technik werfen mit der Möglichkeit des Multiplexings ein scheinbar starkes Argument in die Waagschale. Allerdings vernachlässigen sie dabei die nach wie vor deutlich höheren Kosten für die Singlemode-Übertragung. Insbesondere bei der Energieeffizienz

schneiden Singlemode-Fasern und die damit verbundene aktive Technik besonders schlecht ab: Singlemode-Transceiver benötigen gravierend mehr Energie. Ein weiterer Grund, weshalb sie – bei Betrachtung aller Kosten über den Lebenszyklus – im Regelfall deutlich teurer sind als Multimode-Transceiver. Denn auch, wenn die Industrie 100G-PSM 4-Transceiver mit MPO-Anschluss und acht Singlemode-Fasern für Übertragungen mit 100G teilweise zu denselben Preisen wie 100G-SR4-Multimode-Transceiver anbietet, liegt ihr Energieverbrauch um mindestens 50 Prozent

höher. In Verbindung mit herkömmlichen 100G-LR4-Transceivern kann der Verbrauch sogar mehr als doppelt so hoch sein.

Der höhere Stromverbrauch zieht einen weiteren Aspekt nach sich. Netzwerktechniker müssen Server-Räume und Rechenzentren stärker klimatisieren. Zudem kann es beim Einsatz von Singlemode-Fasern auf kurzen Strecken zu Dämpfungsproblemen kommen, weshalb Dämpfungsglieder zur Verminderung der optischen Leistung eingesetzt werden müssen. Ein weiterer Grund für die aktuell steigenden Preise im Singlemode-Bereich ist die weltweit herrschende Faserknappheit durch den

derzeitigen Ausbau von FTTH-Netzen. Höherer Stromverbrauch, aufwändigere Klimatisierung, teils höhere Preise bei aktiven Komponenten, fehlende Breakout-Anwendungen bei WDM-Anwendungen – all diese Eigenschaften von Singlemode-Lösungen sprechen dafür, bei kurzen Distanzen auf Multimode-Fasern zu setzen. Dennoch propagieren manche Hersteller

Vielfaches vom Vielfachen		
24-Faser MPO/MTP	12 Kanäle	
Leistung pro Kanal	Potenzial (rechnerisch)	Kombination mit SWDM
10 GBit/s	120 GBit/s	480 GBit/s
25 Gbit/s	300 GBit/s	1,2 TBit/s

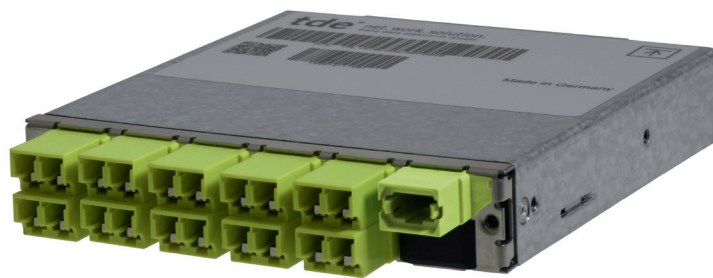
weiterhin die Singlemode-Technik als die einzig optimale Lösung für die Verkabelung von Rechenzentren. Die Gründe dafür sind häufig Bedenken gegenüber der Mehrfasertechnik. Dabei sind diese völlig unbegründet.

### Steckverbinder der Zukunft

Aktuell lassen sich Übertragungsraten von 100 GBit/s mit einem MPO-Steckverbinder erreichen. Zukunftsfähige Hochleistungsdatennetze im Datacenter-Umfeld mit Übertragungsgeschwindigkeiten von mehr als 100G sind wirtschaftlich nur mit der Mehrfasertechnik realisierbar. Längst haben sich MPO-Stecker mit bis zu 24 Fasern in Bezug auf Transceiver-Technik bewährt. Ein 200-GBit/s-Übertragungsstandard über acht Fasern und ein 400-GBit/s-Standard über 32 Fasern stehen kurz vor der Verabschiedung. Klar ist: Der MPO wird auch in Zukunft der strategische Steckverbinder bleiben – sowohl in Verbindung mit Multimode- als auch Singlemode-Technik. Nur mit ihm lassen sich Migrationen von 400/800 GBit/s und mehr realisieren. Dies zeigen auch die künftigen möglichen Interfaces im Bild auf Seite 27.

Die auf der Mehrfasertechnik basierende Infrastruktur bringt mit der MPO-Anschlussstecktechnik nicht nur in Verbindung mit

den paralleloptischen Transceivern Vorteile mit sich. Als durchgängige Plug-and-Play-Lösung lassen sich mit dieser Technik auf einfachem Weg schnell komplexe Infrastrukturen aufbauen. Derzeit werden bis zu 24-Fasern pro Verbindung mit einem einzigen Steckverbinder in einem Kabel mit 3,6 mm Durchmesser in einem einzigen Arbeitsschritt gesteckt. Somit lassen sich höchste Packungsdichten nach dem „Lego-Prinzip“ realisieren. Ganz nebenbei bleibt viel Platz auf den Kabeltrassen, was eine deutliche Reduzierung der Brandlasten ergibt.



**In Verbindung mit Breakout-Modulen lässt sich die Übertragungsrate auf 4 × 10 oder 10 × 10 GBit/s splitten, wodurch eine Vervier- oder Verzehnfachung möglich ist. Dadurch sind die Chassis der verbauten Switches und Router effizienter, mit größerer Port-Zahl und höheren Packungsdichten nutzbar.**

Bild: TDE – trans data elektronik

Ganz gleich, ob Zukunftsmusik oder Realität: Damit es zu keinen Einbußen bei den Datenübertragungsraten kommt, müssen Netzwerktechniker auf qualitativ hochwertige Komponenten achten. Beim MPO-Stecker sowohl in der Multimode- wie auch in der Singlemode-Ausführung ist dies besonders wichtig. Professionelle

Hersteller berücksichtigen die passende Polarität und das Geschlecht der Steckverbinder und achten auf die exakte Geometrie der Faserendflächen. Damit lassen sich etwa für Multimode-Fasern Einfügedämpfungen von weniger als 0,15 dB und eine Rückflussdämpfung von mehr als 30 dB realisieren. Die Interferometer-Messung sollte für jeden Mehrfaserstecker ein absolutes Muss sein.

Bereits jetzt ist es mit real existierender Technik, möglich über einen einzigen Multimode-Anschluss 1,2 TBit/s zu übertragen. Dies funktioniert wie folgt:

Heutige Transceiver können bis zu 25 GBit/s pro Kanal (Faserpaar) übertragen. In einem standardisierten 24-Faser-MPO befinden sich zwölf Kanäle. Für diesen Anschluss ergibt sich ein Übertragungspotenzial von 300 GBit/s. Die paralleloptische Infrastruktur mit Modultechnik schließt den Einsatz von WDM-Techniken keinesfalls aus. Da der Einsatz eines 100G-SWDM-Transceivers

problemlos möglich ist, lässt sich darüber das vorgenannte Übertragungspotenzial nochmals vervierfachen. Damit lassen sich 1,2 TBit/s über einen Anschluss realisieren. Rainer Behr/jos

Rainer Behr ist als Sales Consultant bei TDE trans data elektronik tätig. [www.tde.de](http://www.tde.de).