

Schwerpunktthema

Neueste und heißeste Trends der Netzwerktechnik: 10 Gigabit Ethernet

von Dr. Franz-Joachim Kauffels

Die gesamte verteilte Informationsverarbeitung benutzt vorwiegend das Client/Server-Paradigma. Das führt zu einer Unsymmetrie bei den Netzen, die besagt, dass in Richtung der Server die Bandbreite immer größer werden muss. Auch in Deutschland betreiben große Anwender bereits Gigabit Ethernet Systeme. Also ist es nur konsequent, über die nächste Stufe der Entwicklung nachzudenken, das 10 Gigabit Ethernet, kurz 10 GbE, welches den Backbone für Gigabit Ethernet Netze zunächst in der gleichen Weise bilden wird, wie es Gigabit Ethernet heute für Fast Ethernet Netze tut.

Allerdings gibt es eine erhebliche Erweiterung im Horizont dieser Entwicklung. 10 GbE ist nicht mehr auf den lokalen Bereich beschränkt, sondern findet gleichermaßen



10 Gigabit Ethernet,
kurz 10 GbE

auch im Metropolitan Area- und als Zubringersystem für den Wide Area-Bereich Verwendung.

Wir befinden uns in einer frühen Phase der Entwicklung von 10 GbE, allerdings haben wir bei 1 GbE gesehen, wie schnell es gehen kann, wenn alle Beteiligten an einem Strang ziehen und das Interesse der Anwender an einer Technik groß genug ist. Für diesen Artikel müssen wir also damit leben, dass sich bestimmte technische Einzelheiten noch ändern können, da die Standardisierung noch nicht abgeschlossen ist. Gleichermäßen ist es aber erforderlich, das gesamte Umfeld neu zu beleuchten, denn 10 GbE ist gleichzeitig auch ein wichtiger Meilenstein bei den Fernnetzen. Die verwendete Technologie zielt auf die Integration in rein optische Netze.

weiter Seite 13

ComConsult Akademie

10 Jahre ComConsult Akademie Jubiläumsangebot: Ausbildungspaket mit Palm Vx!

Bereits 4 Jahre nach Gründung von ComConsult im Jahre 1986 durch den international anerkannten IT-Experten Dr. Jürgen Suppan, entwickelte sich aus dem Unternehmensbereich 4, Seminare und Kongresse, als erste eigenständige Schwesterfirma die ComConsult Akademie. Heute besteht die ComConsult Unternehmensgruppe aus vier Firmen, neben der Akademie: ComConsult Kommunikationstechnik, ComConsult Beratung und Planung, ComConsult Technologie Information, die sich auf spezifische Themen konzentrieren, um dem Anspruch der technologischen Spitzenleistung gerecht zu werden.

Aus Anlass ihres 10jährigen Firmenjubiläums bietet die ComConsult Akademie allen Kunden, die sich bis zum Ende des Jubiläumsjahres 2000 für die Ausbildung zum ComConsult Certified Network Engineer entscheiden, neben dem günstigen Paketpreis einen Palm Vx™ Organizer als Bestandteil eines Jubiläums-Paketes.

In der Ausbildung zum ComConsult Certified Network Engineer sind die vier Spitzenseminare der Akademie, "Lokale Netze", "Internetworking", "Neue Ethernet-Technologien" und "TCP/IP und SNMP" enthalten, die den Teilnehmer stufenweise vom Einsteiger-Niveau in die aktuellsten Netzwerk-Technologien führen.

Neben Dr. Jürgen Suppan stehen mit Dipl.-Inform. Petra Borowka, Dr. Franz-Joachim Kauffels, Dr. Behrooz Moayeri und Dipl.-Ing. Detlef Weidenhammer weitere absolute Top-Experten der Branche hinter der Weiterbildung zum ComConsult Certified Network Engineer.

Ein Anmeldeformular finden Sie auf Seite 6

Die Terminübersicht finden Sie auf Seite 36

Im Geleitwort schreibt Dr. Jürgen Suppan über "Erfahrungen mit der Prüfung zum ComConsult Certified Network Engineer" ab Seite 2

Zum Geleit

Erfahrungen mit der Prüfung zum ComConsult Certified Network Engineer

Bitte beachten Sie unsere neuen Telefonnummern:

Zentrale:

02408/955-300

Telefax:

02408/955-399

Impressum

Verlag:
Dr. Suppan
International Institute b.v.
Ahornellaan 12
4493 DG Kamperland
Niederlande

Telefon 02408/955-400
Fax 02408/955-399

Herausgeber
und verantwortlich
im Sinne des Presserechts:
Dr. Jürgen Suppan

Gestaltung: Zweipfennig

Erscheinungsweise:
Monatlich, 12 Ausgaben im Jahr

Bezug:
Kostenlos
als PDF-Datei
über den eMail-
VIP-Service
der ComConsult Akademie

Für unverlangt
eingesandte Manuskripte
wird keine Haftung übernommen

Nachdruck,
auch auszugsweise
nur mit Genehmigung
des Verlages

© Dr. Suppan International Institute b.v.



Liegt das aber vielleicht daran, dass die Prüfung zu leicht ist und man sich einfach durchmogeln kann?

Klare Antwort: durch diese Prüfung mogelt man sich nicht so einfach durch. Es gab ein oder zwei Fälle, die mit Mindestpunktzahl bestanden haben, bei denen ich mir unsicher war, ob hier wirklich das ausreichende Wissen vorlag. Aber dies lässt sich nicht wirklich vermeiden und ist angesichts der Gesamtmenge an Prüfungen unerheblich. Im Gegensatz dazu hatte ich bei allen anderen Prüflingen das klare Gefühl, dass sie die Prüfung zurecht bestanden haben.

Einige der Prüflinge berichten von etwas hochnäsigen Kollegen (den alten Experten), die über diese Prüfung der "Neulinge" lästern und von "kaltem Kaffee" sprechen. In der Regel legen dann die Prüflinge diesen Kollegen einfach die Prüfungsfragen zur Beantwortung vor. Und kurze Zeit später herrscht dann Ruhe.

Die Prüfungsfragen haben es nämlich in sich. Sicher wird nahezu jeder die eine oder andere Frage beantworten können. Aber alle, und vor allem innerhalb von 60 Minuten ohne die Möglichkeit, dieses oder jenes nachzuschlagen?

Der Hauptschwierigkeitsgrad der Prüfung liegt in der Kombination der Fragen aus verschiedenen Fachgebieten: Grundlagen zu Verfahren, Komponenten, Kabel, TCP/IP, Netzwerk-Management, Architekturen usw. In den meisten Fällen arbeiten die Prüflinge in einem der Bereiche. Häufig beherrschen sie diesen. Aber bei 70% notwendiger Punktzahl zum bestehen und ca. 20% aus der mündlichen Prüfung reicht die Beherrschung eines Fachgebiets nicht aus. Man kann nur bestehen, wenn man alle in den Kursen behandelten Fachgebiete bearbeitet hat.

Ist bereits jemand durchgefallen, und warum?

Ja, es sind auch Teilnehmer durchgefallen. In der Regel waren diese schlecht vorbereitet, oder beherrschten eines der Fachgebiete gar nicht oder wollten mal sehen, ob man nicht eben so im Vorübergehen die Prüfung bestehen kann. Klare Aussage: dies gelingt nicht!

Naturgemäß wird sich jeder Betroffene in der Vorbereitung zur Prüfung fragen, was sie oder ihn erwartet. Sinn der Prüfung ist der ernstzunehmende Nachweis einer vorhandenen Qualifikation zur Planung und zum Betrieb von Netzwerken. Wir verstehen dabei unter Qualifikation nicht die Fähigkeit zum Auswendig-Lernen schwachsinniger und Alltags-untauglicher Prüfungsfragen sondern vielmehr das Verständnis für die Funktionsweise und Hintergründe der für uns wichtigen Technologien und Verfahren mit allen Vor- und Nachteilen. Aus diesem Grund haben wir die Prüfung in einen schriftlichen und einen mündlichen Teil aufgeteilt. Und ebenfalls aus diesem Grund veröffentlichen wir die Prüfungsfragen und nicht die Antworten.

Die bisherigen Prüfungen zeigen, dass das Konzept sehr erfolgreich ist. Viele der Prüflinge sind mir ja aus den ersten Einstiegskursen bekannt. Und eine ganze Reihe von Teilnehmern/Innen haben mich ernsthaft verblüfft. Sie haben als völlige Neulinge angefangen ohne irgendwelche Vorkenntnisse über Netzwerke. Und zur Prüfung waren sie absolut fit und in der Lage, die kompliziertesten Verfahren auch mit den entsprechenden Hintergründen und den typischen Praxis-Szenarien zu erklären. So wurden die beiden bisher erreichten höchsten Punktzahlen genau von Personen erreicht, die als Neulinge eingestiegen sind.

Erfahrungen mit der Prüfung zum ComConsult Certified Network Engineer

Gutes Beispiel: Teilnehmer, seit mehreren Jahren aus dem Fach, unvorbereitet in die Prüfung, erreichte Punktzahl 28%, zum bestehen notwendig: 70%.

Ich weise an dieser Stelle auch noch einmal darauf hin, dass man die Prüfung nicht beliebig häufig wiederholen darf (dies ist ein Qualifikationsnachweis und kein Lotto-Spiel wie bei anderen Zertifizierungen) und nach der 3. nicht bestandenen Prüfung keine weitere Wiederholung möglich ist. Und zur Zulassung zur 3. Prüfung ist bereits eine Sondergenehmigung unter Würdigung der Gründe erforderlich.

Muss man Angst vor der Prüfung haben, wenn man schon lange keine mehr gemacht hat?

Nein. Wenn wir merken, dass ein Prüfling zwar den Inhalt beherrscht, aber mit dem Prüfungsverfahren oder dem Aufschreiben der Antworten Schwierigkeiten hat, dann wird die mündliche Prüfung ausgedehnt und in aller Ruhe über die Fragen gesprochen.

Muss man studiert haben, um die Prüfung bestehen zu können?

Erfreulicherweise gibt es in unserer Branche keinen messbaren Zusammenhang zwischen der formalen Ausbildung und der Qualifikation zum Betrieb von Netzwerken. Im Gegenteil, da der Betrieb von Netzwerken auch erhebliche praktische Qualifikationen erfordert, ist hier eine Mischung aus Handwerk, Hintergrundkenntnissen und pragmatischen Fähigkeiten gefordert. So gibt es genauso studierte wie nicht-studierte Teilnehmer an den Kursen mit Schwierigkeiten und umgekehrt.

Für den Beruf sollte nur eines klar sein: so attraktiv der Umgang mit Netzwerken ist, er erfordert eine kontinuierliche Weiterbildung. Man kann sich auf dem erreichten Niveau nicht lange ausruhen. Aus diesem Grund werden wir in Zukunft auch ein Kursprogramm zur gezielten und kompakten Weiterbildung für die zertifizierten Teilnehmer anbieten.

Wo haben die Prüflinge die meisten Schwierigkeiten?

Bisher dominieren Probleme in folgenden Bereichen:

- Nicht ausreichende Kenntnisse über Kabelstandards
- Nicht ausreichende Kenntnisse über Redundanz-Technologien im Switching-Bereich (Verfahren Spanning Tree, OSPF, HSRP/VRRP können in der Arbeitsweise nicht erklärt werden)
- Keine ausreichenden Kenntnisse über Netzwerk-Management

Wir werden in den nächsten Wochen darauf reagieren und auf dem Server des ComConsult Akademie Network Professional Clubs zu diesen Themen Hintergrundpapiere veröffentlichen. Bis dahin und generell gilt die Empfehlung: am besten im Team zusammen mit Leidensgenossen vorbereiten. Macht mehr Spaß und geht auch schneller, weil immer einer was weiß. Bei Bedarf vermitteln wir Kontakte zu Kollegen/Innen in der Nähe.

Viel Erfolg bei der Vorbereitung,
Ihr Dr. Jürgen Suppan

Dr. Suppan (rechts) und die Prüflinge nach der Prüfung



Neues Seminar

Sicherer Internet-Zugang für E-Mail, Web und E-Business



Zum Thema

Neben allen Vorteilen, die Unternehmen und Behörden durch Anbindung ans Internet erlangen, sind mit der technischen Verbindung auch ernstzunehmende und vor allem stark zunehmende Risiken verbunden. Web-Server von großen Firmen werden stundenlang durch massive Angriffe lahmgelegt. Alle PCs eines Unternehmens werden innerhalb von Minuten von einem Virus befallen. Tausende von Unternehmens-Dateien werden binnen Minuten verseucht und unbrauchbar. Personengebundene Daten werden aus den Unternehmens-Servern illegal gelesen.

Sehr ernst zu nehmen ist dabei neben der Bedrohung durch Hobby-Hacker die Gefahr einer bewussten Sabotage und Erpressung sowie des bewussten Einbruchs in ein bestimmtes Unternehmen. Seitdem der Microsoft-Chefdenker in den letzten Wochen seine Bedenken zu diesen Punkten öffentlich gemacht hat, ist in den USA eine heiße Diskussion um die Frage des sicheren Internet-Zugangs entstanden.

Ab September bietet die ComConsult Akademie das neue dreitägige Seminar »Sicherer Internet-Zugang für E-Mail, Web und E-Business«.

Das Seminar wendet sich die Verantwortlichen für die Planung und den Betrieb des sicheren Internet-Zugangs.

Die meisten der bestehenden Risiken sind beherrschbar. Dieses Seminar erläutert die technischen und begleitenden organisatorischen Maßnahmen, mit denen ein sicherer Internet-Zugang erreicht werden kann.

Sie erhalten Antworten auf die Fragen:

- Wie sieht der Angriff aus?
- Wie kann er erkannt und abgewehrt werden?
- Wie kann ein sicherer Mail-Zugang realisiert werden?
- Wie kann ein Web-Server sicher angebunden werden?
- Wie wird sicheres E-Business realisiert?
- Wie kann eine sichere VPN-Lösung aufgebaut werden?
- Welche Werkzeuge stehen zur Verfügung?
- Wie arbeiten diese Werkzeuge?
- Wie können sie effizient und erfolgreich eingesetzt werden?

Referenten aus der ComConsult Beratung und Planung mit langjährigen praktischen Erfahrungen bei der Konzipierung und Umsetzung von sicheren Internet-Zugängen berichten über ihre Projekterfahrungen und geben viele wertvolle Tipps und Tricks.

Dr. Behrooz Moayeri zeichnet für viele Seminare der ComConsult Akademie inhaltlich verantwortlich, so auch für dieses. Security-Projekte gehören zu seinen Schwerpunkten.

Dipl.-Inform. Andreas Meder bearbeitet Projekte in den Bereichen informatikorientierte Beratungsleistungen, insbesondere zum Thema Organisationsberatung im IT-Bereich und Datensicherheit.

Dipl.-Inform. Sven Schumann besitzt umfassende praktische Kenntnisse insbesondere auf den Gebieten Internet-Security, Verschlüsselung und Firewalls.

Da es sich bei diesem Seminar um ein Thema von hohem allgemeinen Interesse handelt, das in diesem Jahr nur an 2 Terminen stattfindet, bei denen die Teilnehmerzahl begrenzt ist, wird Interessenten eine rasche Anmeldung dringend empfohlen.

Sicherer Internet-Zugang für E-Mail, Web und E-Business

Sicherer Internet-Zugang für E-Mail, Web, E-Business, VPN

Inhaltlicher Aufbau:

Erster Tag

- Welche Anwendungen, Dienste und Protokolle werden am Zugang zum Internet benötigt?
Welche davon können sicher betrieben werden?
Welche Maßnahmen sind bei den anderen zu treffen?
- Verschlüsselung als wichtigstes Mittel bei der Sicherung des Internet-Zugangs
- Sicherheit im E-Business:
 - Certification Authorities
 - Stand der Technik
 - Realität heute
- Sicherer Internet-Zugang ist nicht nur Technik:
Wie die Sicherheit zu organisieren ist
- Internet-Sicherheit aus der Sicht des Bundesamt für Sicherheit der Informationstechnik (BSI)
- Klassifizierung der Firewall-Architekturen:
 - Paketfilter
 - Circuit Level Gateways
 - Application

Zweiter Tag

- Firewall-Konzepte am Beispiel konkreter Projekterfahrungen, Gestaltung von DMZ und Internet-Schleusen, Intrusion Detection
- Content Check am Zugang zum Internet:
Wie sind Viren und andere Schädlinge abzuwehren?
- Sicherer E-Mail-Zugang zum Internet:
Umgang mit Anhängen, Signaturen, Verschlüsselung
- Internet-Sicherheit aus rechtlicher Sicht
- Betrieb des sicheren Internet-Zugangs

Dritter Tag

- Wie sind die Internet-Zugangsrouten zu konfigurieren?
- Web-Sicherheit:
Schutz des Clients, Schutz der Daten, Schutz der Server
- Positionierung und Schutz von öffentlichen Servern des Unternehmens
- Ist das Internet für Sprachübertragung sicher genug?

Fax-Antwort an ComConsult 02408/955-399

Anmeldung

Sicherer Internet-Zugang für E-Mail, Web und E-Business

Ich melde mich an für das Seminar
**Sicherer Internet-Zugang für
E-Mail, Web und E-Business**
zum Preis von DM 2.990,-- (EUR 1.528,76)
zzgl. MwSt. zu folgendem Termin

☐ **11.09. - 13.09.00 Maritim Darmstadt**

☐ **27.11. - 29.11.00 Queens München**

☐ Bitte buchen Sie für mich ein Zimmer im
jeweiligen Veranstaltungshotel

Faxen Sie uns einfach diesen Abschnitt
an **02408/955-399** oder schicken Sie eine
eMail an **akademie@comconsult.de**
oder buchen Sie über unsere Web-Seite
<http://www.comconsult-akademie.de>

Name

Firma

Position

Straße

Telefon

eMail

Vorname

Abteilung

Funktion

PLZ, Ort

Fax

Unterschrift

10 Jahre ComConsult Akademie Jubiläums-Paket

Ausbildung zum ComConsult Certified Network Engineer mit Palm Vx

Mit dem "ComConsult Certified Network Engineer" erhalten Sie einen ernstzunehmenden Qualifizierungsnachweis, denn ComConsult ist als eines der führenden deutschen Netzwerk-Planungs- und Ausbildungs-Unternehmen bei seinen Kunden und im Markt hoch angesehen. Ca. 80% der Top 500 der deutschen Industrie sind Kunden von ComConsult. Die Seminare und Kongresse der ComConsult Akademie genießen bei diesen Unternehmen und in der Branche einen hervorragenden Ruf.

Die Weiterbildung zum ComConsult Certified Network Engineer das beste, was Sie für einen dauerhaften beruflichen Erfolg und einen optimalen Einsatz der Netzwerke Ihres Unternehmens machen können. Profitieren Sie von der Erfahrung und dem enormen Wissen eines der erfolgreichsten herstellerneutralen Beratungs- und Planungsunternehmen im deutschen Netzwerk-Markt.



Das Jubiläums-Paket:
Lokale Netze, Internetworking,
Neue Ethernet-Technologien,
TCP/IP und SNMP
und der Palm Vx

Der Palm Vx Organizer ist das eleganteste Gerät der Palm-Serie. Mit einem Gewicht von nur 114 g, einem Finish aus eloxiertem Aluminium und einem kontrastreichem LCD-Bildschirm ist er der ideale Organizer für den mobilen Anwender. 8 MB Speicherkapazität bieten ausreichend Platz für die gleichzeitige Speicherung von Terminen über 5 Jahre, 10.000 Adressen, 3.000 Aufgaben, 3.000 Memos und 400 E-Mails sowie viele Anwendungen von Drittanbietern, z.B. elektronischen Büchern, Übersetzungsprogrammen, Bildanzeigeprogrammen, Wörterbüchern, Spielen, Taschenrechnern und mehr.

* Kunden, die schon einen Palm haben, oder keinen wollen, buchen anstelle vom Jubiläums-Paket das Komplett-Paket und bekommen 200 Punkte auf ihr Punktekonto im ComConsult Akademie Network Professional Club gutgeschrieben, die gegen eine andere Zusatzleistung eingetauscht werden können.

Fax-Antwort an ComConsult 02408/955-399

Anmeldung Ausbildung zum ComConsult Certified Network Engineer

☐ Ich buche das Jubiläums-Paket
**Ausbildung zum ComConsult
Certified Network Engineer
mit Palm Vx**

zum Preis von DM 12.990,--
(EUR 6.641,68) zzgl. MwSt.

Bitte wählen Sie Ihre Seminar-Termine für
Lokale Netze
Internetworking
Neue Ethernet-Technologien
TCP/IP und SNMP

in der Übersicht auf der letzten Seite und
faxen sie zusammen mit diesem Abschnitt
an **02408/955-399** oder schicken Sie eine
eMail an **akademie@comconsult.de**
oder buchen Sie über unsere Web-Seite
http://www.comconsult-akademie.de

Name

Vorname

Firma

Abteilung

Position

Funktion

Straße

PLZ, Ort

Telefon

Fax

eMail

Unterschrift

"Das soll bei uns quasi als Grundausbildung eingeführt werden."

Die NCB Network Consulting Bazanella in Herrenberg schickte ihren neuen Mitarbeiter, Bernhard Schreiber sofort zur Ausbildung zum ComConsult Certified Network Engineer. Jetzt, ein halbes Jahr später, ist er der erste ComConsult Certified Network Engineer seiner Firma. Aber nicht mehr lange: Zwei weitere Kollegen folgen bereits seinen Fußstapfen.

Angefangen hat sein beruflicher Werdegang bei der Firma Heldele in Stuttgart. Dort ging er nach seiner Lehre bei der Deutschen Bundesbahn als Elektroinstallateur hin, machte seinen Elektromeister und "rutschte" dann in die Netzwerkabteilung rein: Messtechnik, Glasfaser-messtechnik und Auswertungen. Nach 7 Jahren Netzwerktechnik mit Verkabelung, Duchführung, Projektierung, Baubegleitung und Baubetreuung folgten dann 2 Jahre als Systemtechniker mit Störungssuche in aktiven Netzen als Haupttätigkeiten. Seit Jahresbeginn ist er bei der NCB mit technischer Ausführungsplanung, IP-Planung und IP-Konzeption beschäftigt.

Der Netzwerk Insider sprach mit ihm unmittelbar nach seiner erfolgreichen Prüfung zum ComConsult Certified Network Engineer.

Insider: Wie kamen Sie zum ComConsult Certified Network Engineer?

Bernhard Schreiber: Bei NBC hab ich direkt die ComConsult-Ausbildung angefangen. Das soll bei uns quasi als Grundausbildung eingeführt werden. Für neue Mitarbeiter, um die vergleichbar zu machen. So dass alle auf einen einheitlichen Wissensstand gebracht werden. Um dann darauf aufbauend verschiedene Weiterentwicklungen oder verschiedene Teilbereiche oder spezielle Themen anzugehen und in die Richtung dann auch weiter zu arbeiten.

Insider: Und Sie sind bei NCB aber der erste?

Bernhard Schreiber: Ich bin der erste, der das macht. Es müssten momentan noch zwei weitere in der Ausbildung zum ComConsult Certified Network Engineer sein. Die müssten das erste Seminar so weit ich weiß auch schon hinter sich haben. Ich denke, da werden noch weitere folgen.



Bernhard Schreiber
als frischgebackener "ComConsult
Certified Network Engineer"

Insider: Wie bewerten sie die einzelnen Kurse?

Bernhard Schreiber: Ich bin zum einen froh, dass ich nicht ganz blank in die Kurse gegangen bin. Also dass ich einzelne Sachen schon mehrmals gehört und gelernt habe. Insofern kann ich für mich persönlich jetzt aus jedem Kurs immer wieder Sachen rausziehen, mit denen ich Lücken schließe, die ich bis dato hatte oder wo man sich vielleicht nicht so eingehend mit befasst hat...

Allgemein sind die Kurse sehr gut verständlich, die Unterlagen sind okay, da kann man mit arbeiten.

Insider: Wie waren für Sie die Prüfungsvorbereitungen?

Schreiber: Das ist immer so das Problem, was man mit täglicher Arbeit und Zeit hat. Ich muss sagen, ich denke meine Vorbereitung war nicht unbedingt die beste aus zeitlichen Gründen ganz einfach.

Insider: Was bedeutet die Zertifizierung für Sie?

Bernhard Schreiber: Diese Zertifizierung ist die erste tatsächliche Zertifizierung, die man in dieser Thematik machen kann. So wird es ja den meisten gehen: viele haben schon eine ganze Menge Kurse besucht, man hat einen Haufen so Ein-, Zwei-Tages-Kurse und irgendwelche Zertifikate davon. Der Unterschied ist, dass das jetzt eine anerkannte Zertifizierung ist, mit dem Versuch sich zu etablieren und das finde ich vom Prinzip her auf jeden Fall richtig, um wirklich eine gewisse Vergleichbarkeit zu bekommen. Ich kann sagen, wenn er diese vier Kurse gemacht hat, dann kann er das und das und darauf kann ich mich verlassen und darauf kann man aufbauen. Insofern bedeutet das auch für mich persönlich was, dass ich das habe und dass ich zertifiziert bin und das auch belegen kann.

Bernhard Schreiber (links) im Kreise der Mitabsolventen (v.l.n.r.)
M. Ederer, K. Künstle, H. Kruse, B. Grieger, M. Schneemann, W. Humboldt



von Dr. Franz-Joachim Kauffels



Dr. Franz-Joachim Kauffels

The chart displays the percentage change in stock prices for six entities: EXTR, NT, JDSU, CS, Nasdaq, and CSCO. The X-axis represents time, from May 1 to July 24. The Y-axis represents the percentage change, ranging from -50% to 200%.

EXTR (thick black line) shows a significant upward trend, starting near 0% in May, rising sharply in June, and peaking near 180% in late July. A dotted box labeled "K-Channel" is shown for EXTR from May 8 to May 22, centered around 150%.

NT (light gray line), JDSU (medium gray line), CS (dark gray line), Nasdaq (white line), and CSCO (black line) show much smaller fluctuations, generally staying below 50%.

Date	EXTR	NT	JDSU	CS	Nasdaq	CSCO
May 1	0%	0%	0%	0%	0%	0%
May 8	10%	0%	0%	0%	0%	0%
May 15	10%	0%	0%	0%	0%	0%
May 22	10%	0%	0%	0%	0%	0%
May 29	0%	0%	0%	0%	0%	0%
June 5	20%	0%	0%	0%	0%	0%
June 12	40%	0%	0%	0%	0%	0%
June 19	60%	0%	0%	0%	0%	0%
June 26	70%	0%	0%	0%	0%	0%
July 3	80%	0%	0%	0%	0%	0%
July 10	100%	0%	0%	0%	0%	0%
July 17	140%	0%	0%	0%	0%	0%
July 24	180%	0%	0%	0%	0%	0%

Fundamentals: Price Earnings Growth Ratio PEG

Wenn der Markt nun schon die traditionellen Bewertungsschemata aus den Angeln hebt, muß man sich neue Kriterien einfallen lassen. Das beliebteste bei den "neuen" ist das PEG. Bei PEG teilt man das Kurs/Gewinnverhältnis durch das erwartete Wachstum.

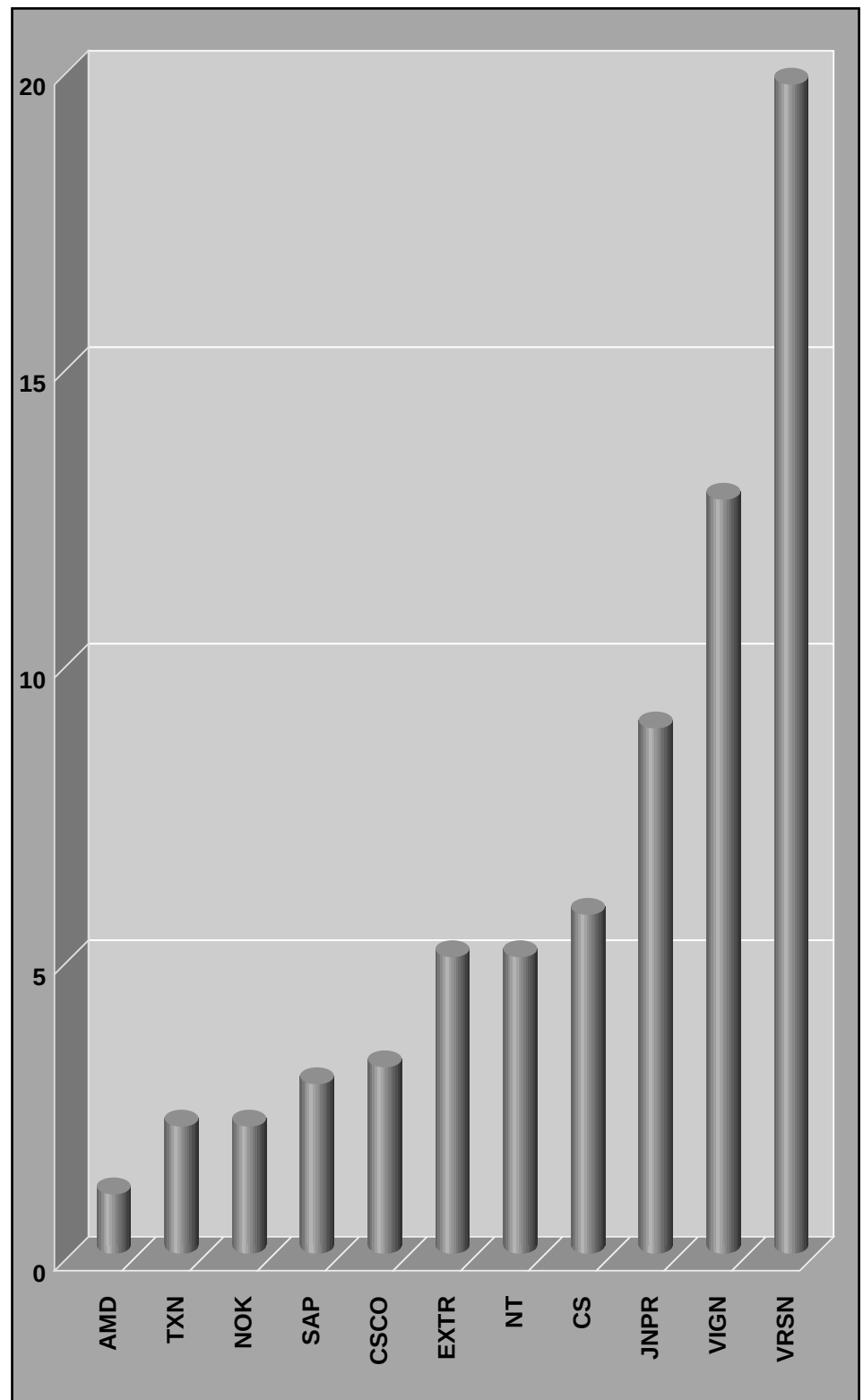
Wenn also eine Firma z.B. ein P/E von 150 hat und in 2001 50% wachsen wird, dann ergibt sich ein PEG von 3. Das PEG gibt an, wie günstig man das zukünftige Wachstum kaufen kann. Dabei wird es um so günstiger, desto näher der Wert an 1 liegt. Bei AMD ist die Zukunft mit einem PEG von 1,1 relativ preiswert, Cisco Systems mit 3,3 ist etwas teurer, befindet sich aber in guter Gesellschaft von z.B. SAP, während Extreme Networks mit 5 oder Juniper mit 8,9 schon sehr teuer sind.

Das PEG kann man natürlich unterschiedlich ausrechnen, also z.B. das aktuelle P/E zum aktuellen Wachstum oder das erwartete P/E zum erwarteten Wachstum oder das durchschnittliche P/E der letzten Quartale zum durchschnittlichen Wachstum usf.

Man könnte sagen, dass dies doch eigentlich unwichtig sei. Aber die Manager großer Fonds, die ja letztlich im Markt für Bewegung sorgen, müssen sich an solchen Bewertungen orientieren, wenn sie die Technologie an sich nicht verstehen oder die Unterschiede zwischen an sich gleichartigen Unternehmen herausarbeiten wollen. Und wenn diese Fondsmanager z.B. sehen, dass in der Gruppe der Anbieter optischer Netzwerkkomponenten GLW Corning mit 3,3 und JDS Uniphase mit 3,4 die Zukunft deutlich billiger anbieten als Ciena mit 4,9 oder SDL Inc. mit 6,2, greifen sie eben bei den erstgenannten zu. Ein zu hohes PEG könnte auch der Grund für die Stagnation bei Cabletron sein, es liegt immerhin bei 5,8, also noch höher als bei Extreme Networks. Man fragt sich denn einfach, woher eine Zukunft kommen sollte, die so viel wert ist.

Für einige Werte, die im Netzwerk Insider besprochen worden sind, sehen wir eine Vergleichsgraphik. Angeführt wird dies übrigens von Vignette, die machen so etwas wie Intershop. Bei einem PEG von 20 müssten aber eigentlich alle Alarmglocken nur so aufschallen, das kann nicht gut gehen!

PEG: Price/Earnings/Growth Ratio



Dr. Kauffels Investment Insider

Unter der Lupe: Marconi (London: MNI, Nasdaq: MCONY, WKN 931041)

Vor über 100 Jahren hat Guglielmo Marconi die erste drahtlose Nachrichtenübertragung vorgenommen. Er hätte sich sicherlich nie träumen lassen, dass unter seinem Namen heute ein Kommunikationsanbieter erster Güte firmiert. Marconi PLC ist eine internationale Firmengruppe, die sich auf die stärksten Wachstumsbereiche innerhalb der Kommunikationstechnik konzentriert.

Mit etwa 50.000 Mitarbeitern in ca. 100 Ländern und 22 Fabriken in U.K., USA, Europa, Afrika, Asien und Australien entwickelt man Produkte im oberen Leistungsbereich hauptsächlich für ISPs und Carrier.

Ausgehend von einem sehr guten Ruf und einer entsprechenden Kundenbasis werden Produkte für den Aufbau ausfallsicherer skalierbarer Wide Area Netze für den integrierten Sprach/Datenverkehr hergestellt.

Kunden hierfür umfassen Bell South, British Telecom, Delta Airlines, MCI Worldcom (mit UUNET der größte Betreiber von Internet-Strecken), Microsoft, Sprint, Telecom Italia, Unisys usw..

Das wesentliche Merkmal der von Marconi aufgebauten Netze ist die vollständige Steuerbarkeit für den Aufbau, die Pflege, die Sicherung und die Abrechnung individueller Verbindungen völlig unabhängig von der zu Grunde liegenden Übertragungstechnologie. Man nennt dies "Softswitch".

Besonders auffällig ist die starke Präsenz bei optischen Netzen. Auch hier ist es so, dass es den optischen Switches, Line Interfaces und Add/Drop-Multiplexern letztlich gleichgültig ist, ob die Fasern mit 155 Mbps oder 2,5 oder 10 Gbps betrieben werden.

Das aktuelle Spitzenmodell der Reihe "Smart PhotoniX" unterstützt bis zu 40 Wellenlängen mit einer Übertragungskapazität von jeweils (!) bis zu 10 Gbps. Der Hersteller kann diese Leistung auf einer Monomodefaser ohne Zwischenverstärker 160 km, mit Zwischenverstärker bis zu 700 km übertragen. Darüber hinaus gibt es eine ganze Heerschar von Zugriffs-



systemen, die diese enorme Leistung auf die gewohnten Datenraten nach den Normen Gigabit Ethernet, SDH, ESCON usw. herunter brechen.

Teile der Technologie stammen von der einverleibten Firma FORE Systems, die der eine oder andere sicherlich noch aus dem ATM-Umfeld kennt.

Wie bei Cisco werden dauernd neue Firmen gekauft, zuletzt für über 250 Mio. DM "Albany Partnership Ltd.", ein Dienstleistungsanbieter für Mobilfunksysteme. Marconi kann in dieser Hinsicht als Komplettanbieter auftreten, von den Funkstationen für die Zellen bis hin zur optischen Infrastruktur für die Datenübertragung. Im Bereich des E-Commerce versucht man sich als Komplett-Anbieter zu positionieren: mit Erfolg, einer der wichtigsten Neu-

kunden ist Coca Cola, die interaktive Verkaufsterminals aufbauen werden.

Mit einer Marktkapitalisierung von ca. 50 Mrd. EUR ist der Wert ein europäisches Schwergewicht und im Londoner FTSE 30 sowie im DJ STOXX 50 enthalten. Die US Investmentbank Salomon Smith Barney hat den Wert zu Ungunsten von Vodafone Air Touch ins Musterdepot genommen. Momentan notiert das Unternehmen in der Nähe seines 52-Wochen Hochs vom Jahreswechsel, war aber Ende Mai auch schon über 35% billiger. Die Performance entspricht damit in etwa der von Nortel Networks.

In Deutschland wird der Wert in Stuttgart, Frankfurt, Berlin und München im Freiverkehr gehandelt, sonst in London oder in USA als ADS.

Dr. Kauffels Investment Insider

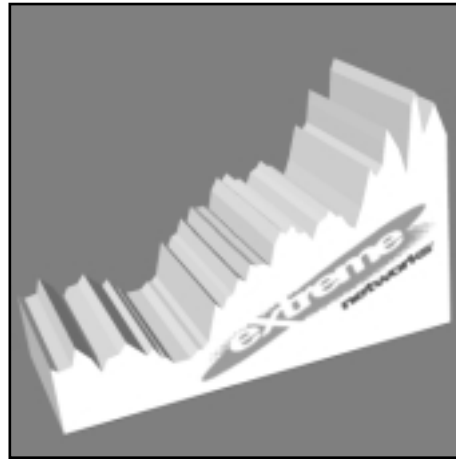
Besonderheiten im Netzwerkmarkt

Die Anleger sind momentan auf der verzweifelten Suche nach etwas dauerhaften Erfolgsgeschichten. Eine dieser Geschichten hat eindeutig Extreme Networks geliefert. Hier gab es wirklich ganz hervorragende Ergebnisse, die auf ein brummandes Wachstum und eine äußerst stabile Gesamtlage hinweisen.

Extreme hat mit seinem Konzept, Layer 4-7-Switching genauso einfach zu machen wie Layer-2-Switching und den Aufbau von sehr leistungsfähigen Netzen z.B. für Serverfarmen damit wesentlich zu erleichtern, einen dankbaren Markt gefunden und sich hier auch dank eines entsprechenden technologischen Vorsprungs, der offensichtlich von den anderen nicht so schnell einzuholen ist, sehr gut positioniert. Extreme Networks setzt Forschungsergebnisse besonders schnell in Produkte und diese dann in Geld um. So macht man natürlich einen guten Eindruck auf Investoren.

Mit der Präsentation der Ergebnisse wurde ein 2:1 Aktiensplit angekündigt. Noch wenige Stunden vor der Bekanntgabe der Ergebnisse konnte man sich zu schlappen 110 \$ mit EXTR eindecken. Ein paar Tage später war der Kurs auf um 170 \$ hochgeschossen, um jetzt wieder auf ca. 130 \$ zurückzufallen.

Ich denke, ein paar Aktien dieser Firma sollte man sich längerfristig hinlegen.



**Dauerhafte Erfolgsgeschichte:
Extreme Networks**

Eine andere, wichtige Story kam in der 28. Woche von JDS Uniphase. Der Hersteller optischer Komponenten, besonders Lichtwellenleiter und Zwischenverstärker, hat sich im teuersten Deal der Nasdaq-Geschichte die Fa. SDL Inc., einen Hersteller von modulierbaren Strahlungsquellen, einverleibt.

Es handelt sich um eine freundliche Übernahme, die CEOs kennen sich seit vielen Jahren und haben früher zusammengearbeitet.

Für jede SDL Inc. Aktie gibt es 3,8 JDS Uniphase Aktien, vorbehaltlich der Zustimmung der Altaktionäre und der Kartellbehörde.

Die Kurse haben daraufhin wüst reagiert, SDL Inc konnte wegen des Hebels zulegen, aber insgesamt hat es beide kräftig verprügelt. Das ist völlig unverständlich, denn der Deal macht wirklich Sinn und zeigt, dass auch in den USA nicht alle Moneymaker wirklich etwas von Technologie verstehen. Bis jetzt hat es sich auch noch nicht beruhigt, immerhin liegt der Kurs der SDL Inc. noch weit unter 3,8 JDSU. Wenn man daran glaubt, dass beide anziehen, ist alleine die Differenz interessant.

Ich möchte aber darauf hinweisen, dass der Handel in diesen Werten in Deutschland sehr eingeschränkt ist und man mit ganz genauen Limits arbeiten muss. Auf der Site der comdirect-Bank kann man ja alle Umsätze an den Börsenplätzen sehen.

Sowohl mit SDLI als auch mit GLW habe ich alleine schon einmal für den halben Tagesumsatz in Frankfurt gesorgt. Es kann passieren, dass Sie auf Stücken sitzenbleiben, erhebliche Abschläge hinnehmen müssen oder gar keine Stücke bekommen. Wesentlich an dem Deal ist aber, dass der Markt der optischen Komponenten dabei ist, sich zu konsolidieren.

Dr. Kauffels Investment Insider

Handeln in bewegten Märkten

Auch wenn der K-Channel intakt bleibt, kann man an einzelnen Werten gut verdienen, wenn man die Volatilität für sich arbeiten lässt.

Das geht natürlich nicht immer gut, aber eine ganz erfolgreiche Vorgehensweise wäre z.B. die Folgende: ausgehend von einem bestehenden Portfolio schmeißen Sie zuerst die schlappesten Aktien raus, wenn es nicht allzu weh tut, mit dem Geld kann man Besseres anfangen. In zweiter Linie sollte man Firmen verkaufen, wenn deren technologischer Vorsprung dahinschmelzt oder undeutlich wird. In der Netzwerkwelt war das z.B. in 99/2000 die Firma Cabletron.

Wenn man eine neue Aktie kauft, sollte man sie genau beobachten. Fällt sie nach dem Kauf um mehr als 10%, sollte man sie sofort wieder verkaufen. Aussitzen kann Kopf und Kragen kosten, denken Sie immer daran, dass kurzfristig die Mehrheit der Anleger in erster Linie entscheidet, und nicht der wirkliche Wert.

Hat die Aktie 20% zugelegt, hat man Alternativen: wenn man glaubt, dass der Wert noch weiter zünden kann und der Markt positiv oder neutral bleibt, kann man dabei bleiben. Hat man eine noch bessere Investmentidee, kann man den Gewinn mitnehmen.

Ich persönlich nehme in einer Phase wie dieser den Gewinn fast immer mit, weil ich auf schlechtere Tage spekuliere und die gleichen Werte dann später wieder kaufe.

Dran denken: so kurzfristige Gewinne müssen versteuert werden. Es kann natürlich passieren, dass der Wert immer weiter wegläuft. Das ist ärgerlich, aber eine Rendite von 20% ist auch nicht übel!

Eine ganz wichtige Regel ist, "den Hals vollzukriegen". Nur so vermeidet man fürchterliche Einbrüche und behält den Spaß an der Sache.

Dr. Kauffels Investment Insider

Schnäppchenecke

Nach den guten Zahlen verbunden mit einer Gewinnwarnung für das nächste Quartal kann ich nur noch einmal die Empfehlung für Nokia vertiefen.

Die um ca. 20% zurückgekommenen Kurse bieten eine gute Einstiegsmöglichkeit für eine mittel- bis langfristige Anlage. Momentan leidet das Unternehmen etwas an unterschiedlichen Entwicklungen des Mobilfunkmarktes in USA und Europa. In USA ist das mobile Telefonieren wegen unterschiedlicher Standards längst nicht so komfortabel wie z.B. in Deutschland, wo sich alle Teilnehmer an unterschiedlichen Netzen leicht erreichen können. Die Kosten in USA können höher sein und der Angerufene trägt immer einen Teil der Kosten mit. Man kann aber leider auch mit der Clip-Funktion nicht immer erkennen, ob man von einem Handy angerufen wird oder vom Festnetz. Die Amerikaner haben also noch Geduld mit der Einführung der nächsten Mobilfunkgeneration. Wie schwierig der Markt ist, kann man auch an dem Gezerre um Qualcomm sehen.

Aber: der südamerikanische Markt und viele andere Länder haben noch nicht so einen hohen Ausrüstungsgrad wie USA oder Eu-



Hat den 500 Kilo Gorilla in den letzten 3 Monaten outperformed: der Coca Cola Bär

ropa. Nokia ist Technologie- und Marktführer und hat kein Problem, überall das zu liefern, was benötigt wird. Also auch hier eine gute mittel- bis langfristige Anlage.

Auch Nortel Networks gehört weiterhin zu meinen Favoriten. Hier stützt auch der ka-

nadische Nationalstolz den Kurs. Immerhin stellt Nortel ca. 30% des kanadischen TOPIX-Indexes und seit der einmal nach Zahl höher war als der Dow Jones, ist selbst der kanadische Premierminister nicht mehr zu halten. Dabei stört niemanden die Kleinigkeit, dass der kanadische Dollar weit unter dem US\$ liegt und deshalb alle Zahlen einfach größer sind.

Unbehagen macht mir nach wie vor die Entwicklung bei Cisco. Der Wert dümpelt sogar noch schwächer als der allgemeine Markt vor sich hin. In dieser Woche kommen Ergebnisse. Wir können nur hoffen, dass sie überragend sind, denn sonst könnte der Wert tatsächlich baden gehen. Man hat ja schon fast Hemmungen, sich von Cisco Systems zu trennen, vor allem, wenn keine größeren Gewinne aufgelaufen sind.

Man muss aber auch bedenken, dass Cisco Systems in den letzten drei Monaten von Coca Cola leicht outperformed wurde. Und Coca Cola ist ein sehr defensiver Old Economy Wert für die Altersvorsorge! Über die letzten drei Jahre sieht das natürlich anders aus: 10.000 \$ in Coca Cola sind jetzt immer noch 10.000 \$. Der gleiche Betrag vor drei Jahren in Cisco führt zu ca. 80.000 \$.

Dr. Kauffels Investment Insider

Investment Insider Top Performer

Ich bespreche pro Ausgabe mehrere Firmen. Es wird nicht möglich sein, auf die Dauer eine Tabelle damit anzulegen, wie

sie sich alle entwickelt haben. Die führe ich natürlich intern.

Aber ich möchte wie immer die Top 5 nennen, heute sind es sogar sechs:

Rang	Company	genannt am:	Kurs	Kurs 29.07.	Gewinn %
1.	Extreme Networks	04.05.	60	130	116 %
2.	Nortel Networks	25.05.	48	73,6	53 %
3.	Verisign	25.05.	125	160	31 %
4.	BEA Systems	25.05.	34	43,5	28 %
5.	Sun Microsystems	04.05.	85	102,5	21 %
6.	Coca Cola	25.05.	53	62,7	18 %

Dass Coca Cola in die High Tech Oberliga aufgestiegen ist, zeugt von der unsicheren Stimmung der Anleger.

Extreme hat sich überdurchschnittlich entwickelt. Ärgerlich für mich ist, dass es am

Stichtag kräftig abwärts ging, sonst sähe die Bilanz deutlich besser aus. So hatte Extreme seinen Kurs inzwischen schon fast verdreifacht. Der Durchschnitt über alle Firmen liegt bei einem Gewinn von mageren 6,5%. Das liegt daran, dass praktisch alle

Firmen der letzten Ausgabe den Rückwärtsgang eingelegt haben. BVSN, TXN, CS, JDSU, CIEN, JNPR, AMD, DIGL, GLW und NOK sind alle im Minus. Der NASDAQ Composite Index hat vergleichsweise seit 4.5. ca. 2,5% verloren.

10 Gigabit Ethernet

In meiner Schwerpunktartikel-Serie "Neueste und heißeste Trends der Netzwerktechnik" möchte ich einen Überblick über verschiedene aktuelle Themen geben.

Diesmal:

- 10 Gigabit Ethernet
- ›Strukturelle Änderungen bei Carrier-Netzen‹ und ›Optische Netze‹ waren in der Insider Mai-Ausgabe.



Der Autor

Dr. Franz-Joachim Kauffels ist einer der bekanntesten und erfahrensten Referenten der Netzwerkszene. Bekannt geworden durch vielfältige Publikationen, Seminare und Kongresse setzt sich der selbständige Unternehmensberater für eine fortschrittliche und wirtschaftliche Nutzung der neuen Technologien ein.

Fortsetzung von Seite 1

1 Zur Entwicklung von Anforderungen und Märkten

Seit den guten Erfahrungen mit Gigabit Ethernet (oder den negativen bei ATM) versucht man zu Beginn einer Entwicklung zunächst herauszubringen, wie und in welchem Umfang der Markt entsprechende Produkte aufnehmen wird. Das ist offensichtlich wesentlich erfolgreicher, als die Anwender immer wieder mit einer neuen Technologie zu beglücken, die dann doch niemand haben will.

Unabhängig vom allem anderen kann man auch für 10 GbE sagen, dass die Kunden nicht extra umziehen werden, um eine neue Technologie verwenden zu können, sondern nach wie vor den Betrieb auch einer neuen Technologie im Rahmen der bestehenden Infrastruktur wünschen. Sie sind in den letzten Jahren glücklicherweise schlauer geworden und lassen sich nicht immer Sachen andrehen, die nachher zu nichts anderem mehr passen. Es ist klar, dass 10 GbE vorwiegend auf Glasfasern laufen wird, aber man arbeitet tatsächlich an der Spezifikation von Kupferverbindungen für den Einsatz z.B. in Serverfarmen.

Andererseits ist der Druck in Richtung 10 GbE stärker, als viele vielleicht vermuten. 75% aller neuen LAN Clients sind nach Aussagen von Intel oder zdnets mit 100 Mbps Karten ausgestattet. Die installierte Basis besteht mittlerweile aus über 250 Millionen Ethernet Switch Ports und die Industrie liefert z.Zt. über 250.000 Gigabit Ethernet Ports pro Monat aus. Das Gigabit Ethernet hat in den entsprechenden

Umgebungen keine drei Jahre benötigt, um sich durchzusetzen.

Wodurch kommt dieser Hunger nach Bandbreite? Natürlich hauptsächlich durch die neuen Anwendungen im Rahmen des E-Business und durch die allgemeine drastische Steigerung des Vernetzungsgrades. E-Business hat letztlich zwei Bereiche, Business-to-Customer (B-to-C) und Business-to-Business (B-to-B). Letzterer wächst mit einer atemberaubenden Geschwindigkeit, seit man begriffen hat, dass sich im B-to-B-Bereich massiv Geld sparen lässt. Die Einkäufer üben mit entsprechenden Zusammenschlüssen starken Druck auf die Anbieter aus, und zwar nicht nur hinsichtlich der Preise, sondern auch hinsichtlich der technischen Infrastruktur. Wer keine B-to-B-Lösung mit nachgelagerter automatisierter Prozesskette und Logistik hat, wird praktisch vom Markt ausgeschlossen.

Hier beginnen die gravierenden Unterschiede zwischen Europa und den USA. B-to-B funktioniert natürlich nur dann reibungslos, wenn auch Fernverbindungen die nötige Bandbreite haben. Während Mitte 2000 in Deutschland Ron Sommer auf ein paar lächerlichen Gigabit Bandbreite sitzt wie ein Scheich auf den letzten Ölfässern, haben die Amerikaner ihre Internet Infrastruktur schon ganz öffentlich auf das Terabit getestet. Im Mai hat die bekannte Firma "Victorias Secrets", Vertreter äußerst geschmackvoller Damenunterwäsche, ihre Fashion-Show aus Cannes mitten im US-Arbeitsstag über das Internet übertragen. Da bei einem vorhergehenden Versuch die Server des Anbieters völlig zusammengebrochen waren, hat man sich jetzt Hilfe bei Sun Microsystems, IBM, Yahoo usw. gesucht und diese auch bekommen. Durch eine

immense Verstärkung der Serverkapazität haben schließlich 2,5 Millionen US-Bürger gleichzeitig die 20 minütige Show als Video-Stream der Bandbreite 200 kbps live gesehen, und zwar ohne nennenswerte Verzögerungen. Allein das macht ein halbes Terabit/s! Aber es waren ja auch noch zwei oder drei andere Dinge im Internet unterwegs, so dass man von einer aggregierten Gesamtleistung des US-Internet jenseits des Terabits/s ausgehen kann. Etwa alle 100 Tage wird sich diese Leistung verdoppeln.

In diesem Licht sind die ca. 30 Gbps, mit denen die Telekom immer wirbt (z.B. im T-Online Emissionsprospekt), fast schon gar nicht mehr wahrnehmbar. Die Telekom wird sich nicht mehr lange mit dieser Einstellung halten können, wenn die Migration der Endkunden von einfachen Modemanschlüssen zu xDSL-Technik in größerem Maße beginnt und der Wettbewerb auf diesem Sektor hierzulande endlich auch losgeht.

Durch die mittelfristige Verfügbarkeit der optischen Netze werden die Preise für Bandbreite dramatisch fallen, vielleicht auf Werte so um die 5% der heutigen Kosten auf die Sicht von ca. 5 Jahren.

Für den lokalen Bereich ergeben sich folgende Randbedingungen für die Entwicklung von 10 GbE:

- MAC: vollständige Unterstützung der installierten Ethernet-Basis durch Beibehaltung des 802.3 Frame Formats und der Frame-Größe. Lediglich die Geschwindigkeit soll skaliert werden.
- PMD: Unterstützung von Distanzen um 100 m auf installierter Multimode-Faser und bis zu 40 km auf Single Mode Faser.

10 Gigabit Ethernet

- LAN PHY: im LAN-Bereich Unterstützung der Datenübertragung auf "Dark Fiber", also einer Glasfaser, die man ohne weitere Zwischenverstärker und Infrastruktur verlegt oder der Benutzung von Wellenlängenmultiplexern für rein optische LANs der nächsten Generation.
- WAN PHY: Unterstützung für die Übertragung von Ethernet auf der installierten Transportsystem-Basis mit SONET (US) oder SDH (EU)-Spezifikationen, Benutzung gemieteter Dark Fiber Wege und spezifischer (gemieteter) Wellenlängen bei optischen Netzen.

Hält man diese Prämissen ein, wird man bis zum Jahr 2004 schon ca. 1 Million 10 GbE Switchports verkauft haben können. An einen Rohrkrepierer wie ATM braucht man in diesem Zusammenhang gar nicht zu denken.

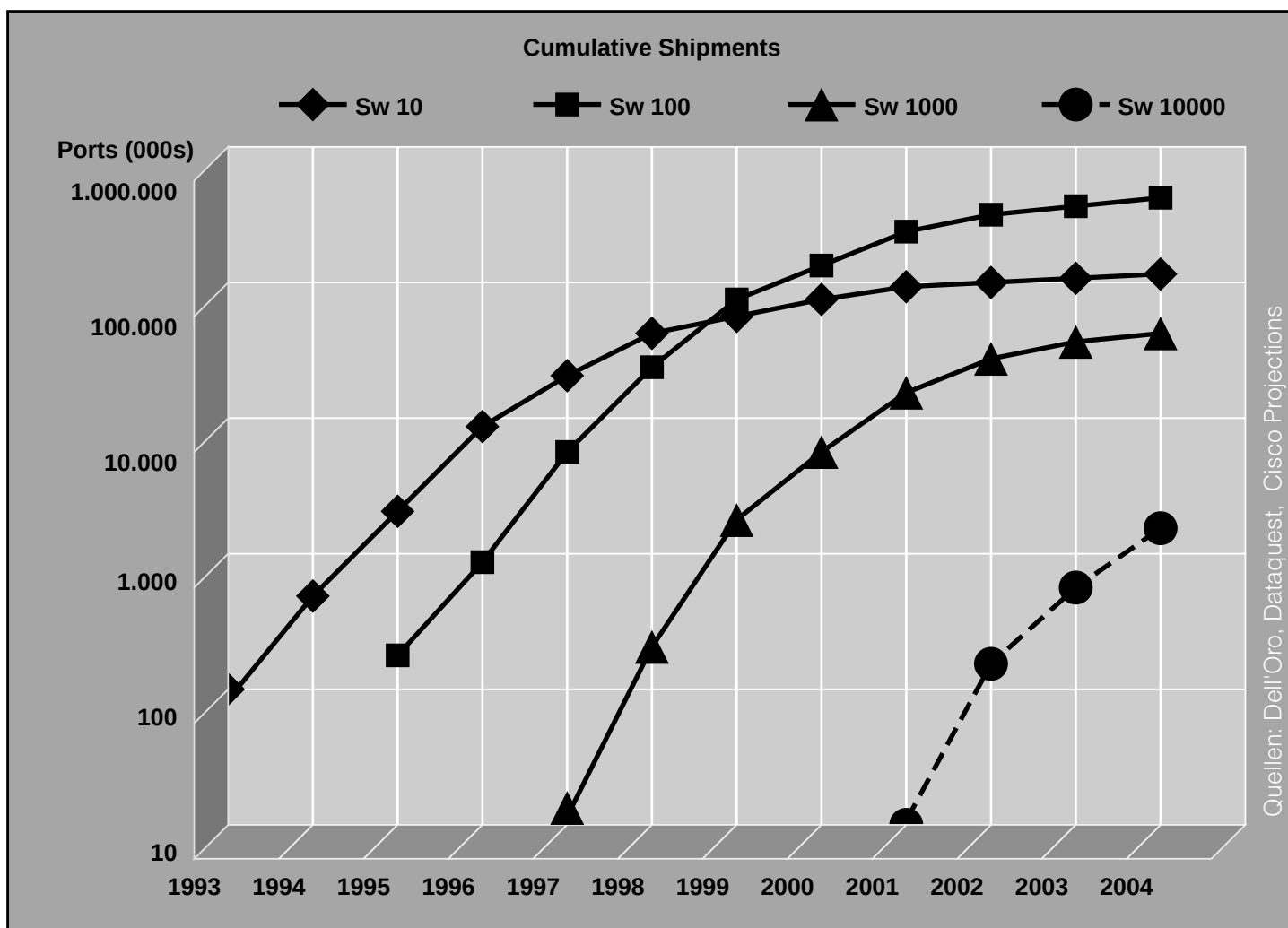
10 GbE wird drei Haupt-Einsatzbereiche haben: im LAN als Backbone für Großunternehmen und Service-Provider, im MAN auf Dark Fiber und DWDM und im WAN als Kante und Zugriffssystem im Rahmen der OC-192 Infrastruktur. Im LAN wird 10 GbE die absolut dominierende (einzige!) Technik für die Verbindungen zwischen Switches, zwischen Switches und Servern, aber auch zwischen Gebäuden und Daten Centern sein. Außerdem kann man sich vorstellen, über Single Mode Fiber andere Gelände anzuschließen, wenn diese nicht weiter als 40 km entfernt sind und es einen Weg mit Glasfasern dorthin gibt. Eine ganz interessante Anwendung ergibt sich letztlich durch die Integration von Sprach- und Datenverkehr in diesem Zusammenhang. Auch in Deutschland bietet die Liberalisierung der Telekommunikation schon seit vielen Jahren hierfür einen passenden Rahmen, der aber noch recht we-

nig genutzt wird. Hat ein Unternehmen oder eine Behörde die Leitungen nicht selbst, müssen sie eben von einem Carrier angemietet werden. Hier kommt das Prinzip der Dark Fiber besonders zur Anwendung

Im Gegensatz zur heute meistens vorzufindenden Vorgehensweise, bestimmte Bandbreiten zu mieten, mietet man eben eine Glasfaserstrecke, von der letztlich nur die optischen Eigenschaften (Dämpfung über den Frequenzbereich) bekannt sind, und schickt dann über diese Glasfaserstrecke, was man mag. In diesem Zusammenhang ist es natürlich besonders unsinnig, auf der Dark Fiber andere Datenformate zu verwenden als im Unternehmen ohnehin. Also bleibt man bei Ethernet-Paketen, die jeder braucht und jeder versteht. Das könnte man übrigens auch schon mit 1 GbE machen. Eine an-

Bild 1

Ethernet Wachstum (Verkäufe)



10 Gigabit Ethernet

dere Alternative wäre die Anmietung einer speziellen Wellenlänge in einem DWDM-System, wie wir das im nächsten Unterkapitel noch erklären werden.

Mit der gleichen Argumentation kommt man vom Lokalen/Campus Bereich auf den Metropolitan Bereich. In Ballungsräumen ist es nicht mehr tragbar, mit den heutigen langsamen Lösungen zu leben. Es baut sich daher ein Markt für lokale MAN-Carrier auf, die hohe Bandbreite günstig zur Verfügung stellen. Vor allem Dark Fiber Systeme mit 10 GbE Switches bieten dafür eine hervorragende Grundlage, die vor allem nicht wie bisher damit behaftet ist, dass man für die Kunden

verlustreiche Übergabepunkte zwischen verschiedenen Übertragungstechnologien (z.B. Ethernet zu ATM) schaffen muss. Natürlich wird ein lokaler Carrier nicht einfach blinde Ethernet-Übertragung anbieten, sondern auf Wunsch Virtuelle Private Netze aufbauen.

Schon heute sind in den USA Fernnetze installiert, die individuelle Teilnehmeranschlüsse im Gigabit/s-Bereich erlauben. Sie sind allerdings hauptsächlich nach den SONET-Empfehlungen (Synchronous Optical Network) strukturiert. Für die Zukunft möchte man Anschlüsse mit einer Rate von ca. 10 Gbit/s systematisch bereitstellen können. Die sog. OC-192 Da-

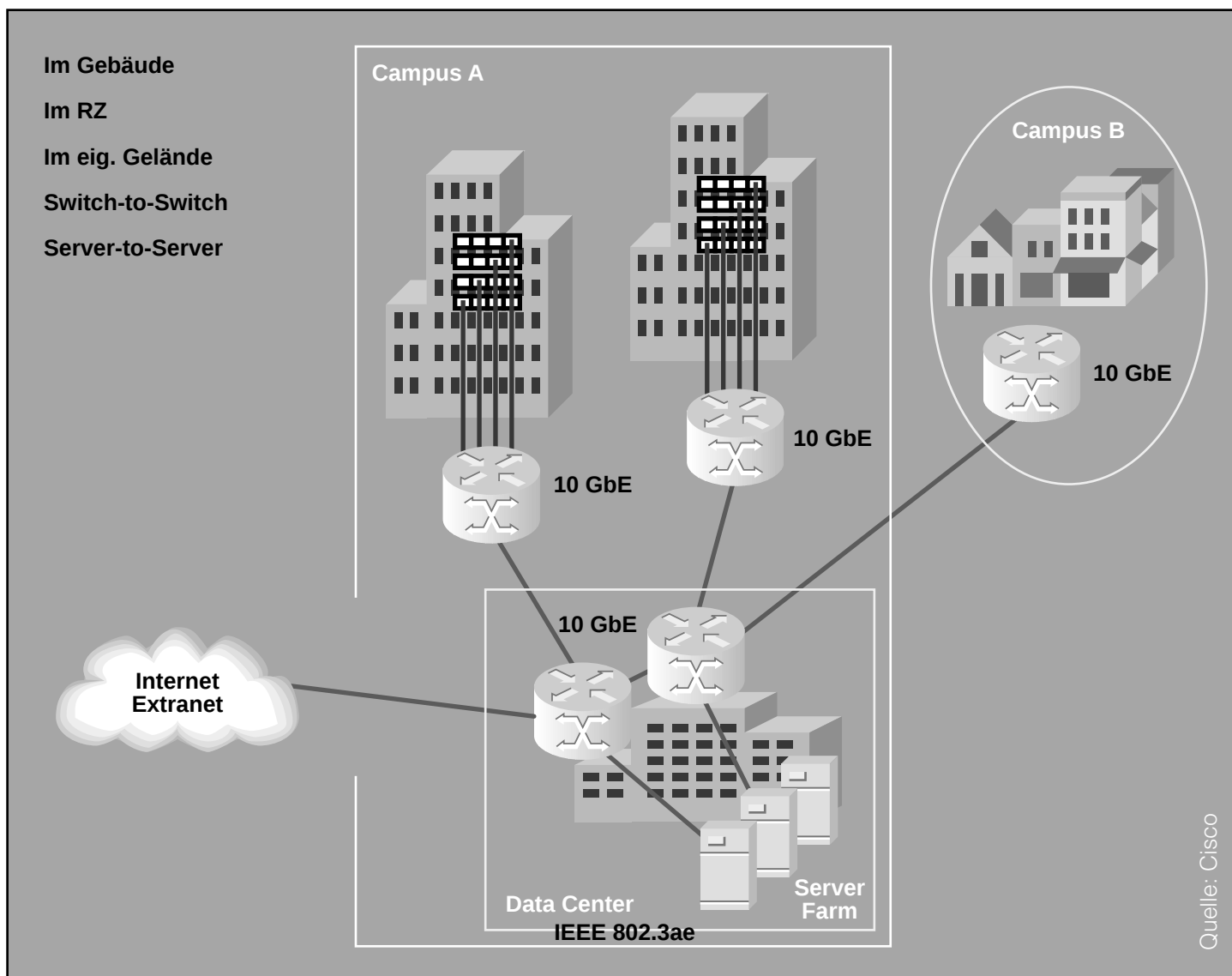
tenrate beträgt allerdings nicht genau 10, sondern 9,953 Gbit/s, also etwas weniger. Nach länglichen Diskussionen hat man sich entschlossen, auch diese Datenrate zu unterstützen, was bei 10 GbE zu einer gewissen Zweiteilung hinsichtlich der unteren Schichten führt, um die entsprechende Kompatibilität zu gewährleisten.

2 10 GbE, Elemente der Standardisierung

Vor dem Hintergrund der Entwicklungen bei WANs (siehe meinen Artikel zu optischen Netzen) ist der Wunsch nach einem 10 Gigabit Ethernet eher bescheiden.

Bild 2

10 GbE im LAN/Campus-Bereich



10 Gigabit Ethernet

Es ist bereits jetzt abzusehen, dass Unternehmen eine billige Zubringertechnologie zu den neuen Core-Netzen benötigen, die auf bewährten Formaten beruht. So ist der Entwicklungshorizont von 10 GbE nicht nur auf den lokalen Bereich beschränkt, sondern geht bis in den MAN-Bereich hinein. 10 GbE soll die Vereinheitlichung der Datenströme in Unternehmen weiter vorantreiben: Voice, Video und Daten kommen auf einem gemeinsamen, relativ preiswerten System mit dem Kernprotokoll IP zusammen. Gleichmaßen soll 10 GbE

auch als standardisierte Lösung für Speichernetze, die sog. SAN (Storage Area Networks) fungieren. Hier gibt es heute eine Reihe proprietärer Lösungen z.B. auf Fiber Channel Basis und das einfache GbE ist manchen Anwendern einfach zu langsam.

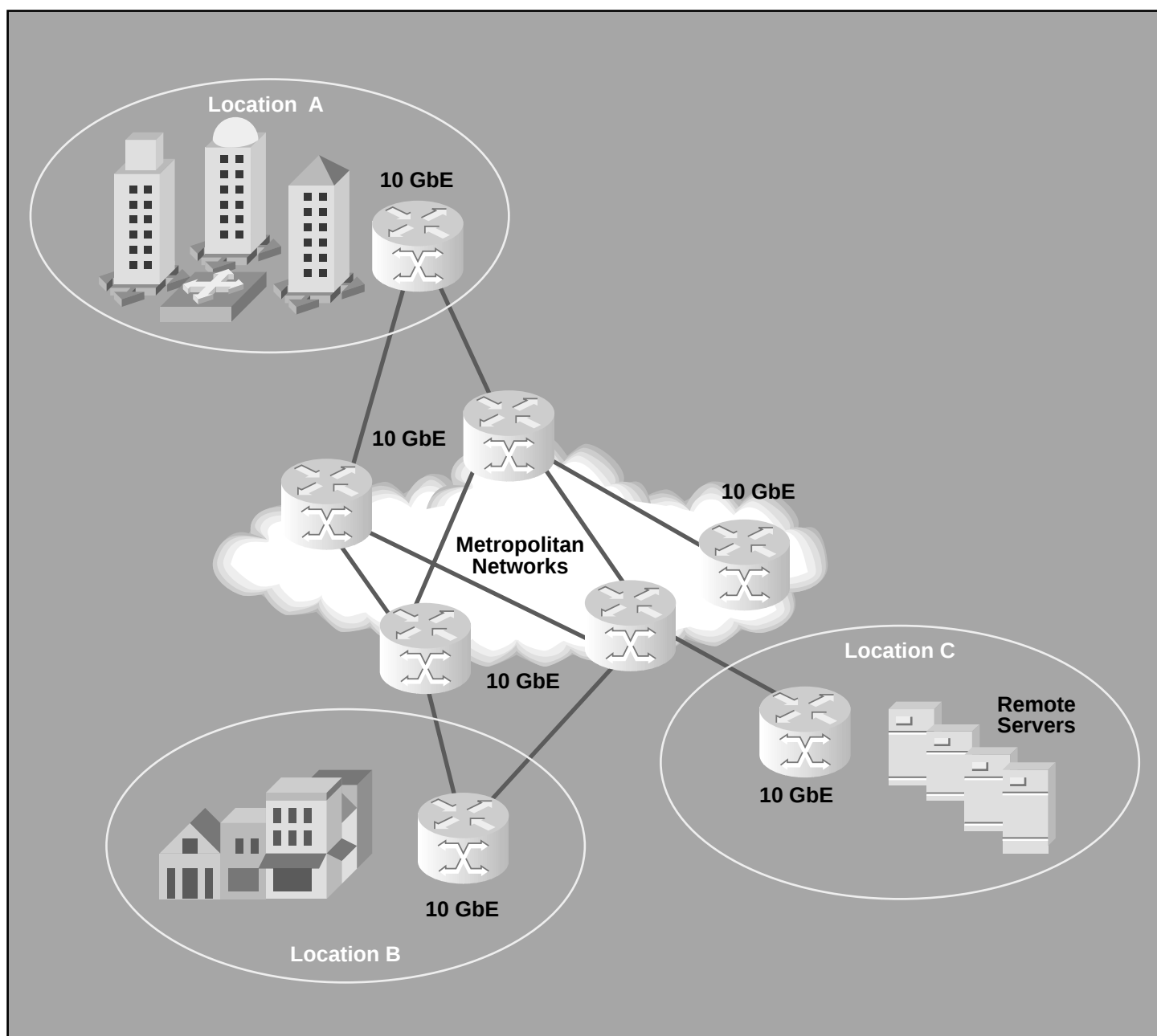
Insgesamt ist die Entwicklung von 10 GbE wesentlich günstiger als etwaige andere Alternativen. Endlich hat man von den Fehlern im 100 Mbps-Bereich (ATM, FDDI, ...) gelernt und weiß, dass jede Kon-

version von Protokollen und Formaten ineinander zu wenig wünschenswerten Ergebnissen führt. 10 GbE ist die konsequente Fortsetzung des Ethernet-Entwicklungsstranges. Auch in vielen Jahren wird die absolute Majorität aller Geräte in Unternehmensnetzen Ethernet-Pakete aussenden und erwarten. Mit 10 GbE wird der immensen installierten Basis ein klarer Weg in die Zukunft gewiesen.

Es ist sehr zu begrüßen, dass hier von Anfang an niemand quergeschossen hat.

Bild 3

10 GbE im MAN (Dark Fiber)



10 Gigabit Ethernet

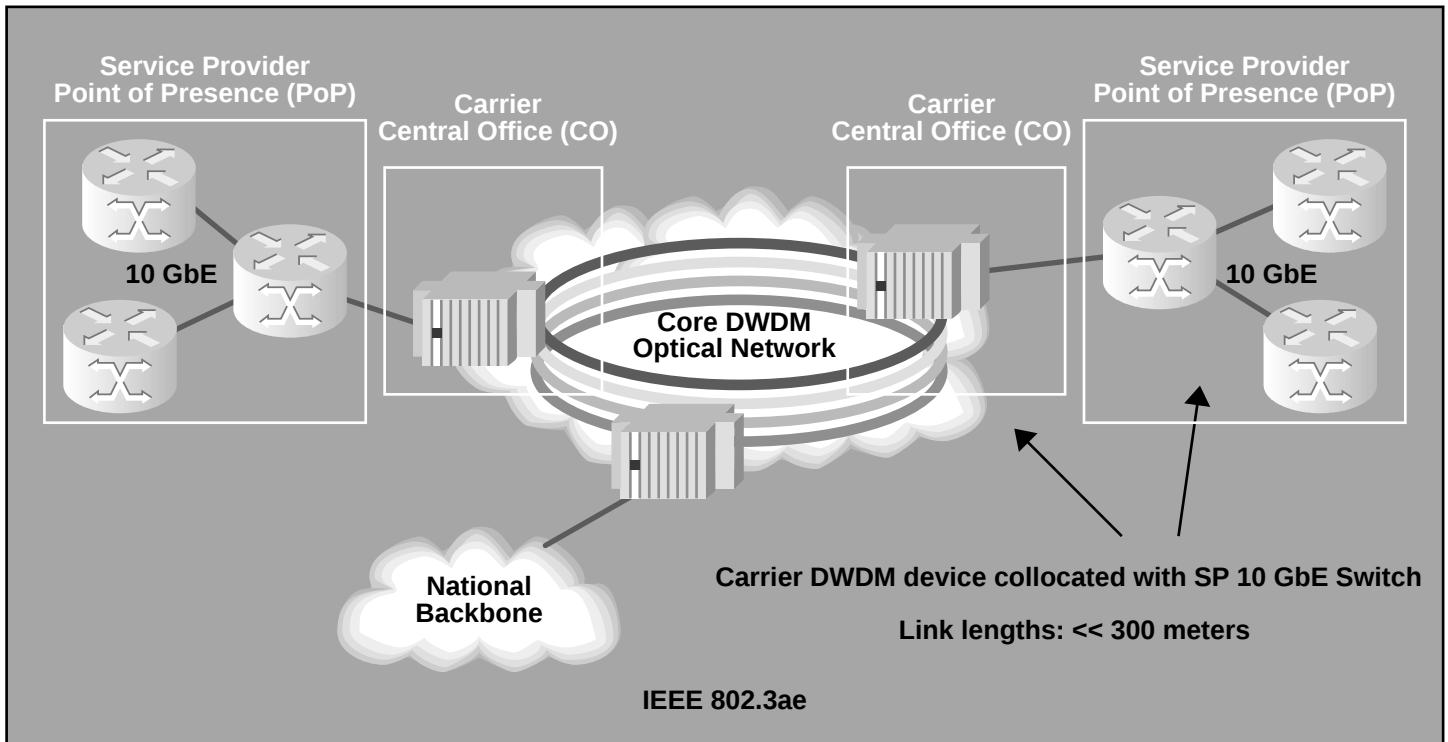


Bild 4

10 GbE im WAN: SONET OC 192c

2.1 Ziele bei der Entwicklung des 10GbE Standards

Die High Speed Study Group von IEEE 802.3 hat eine Reihe von Zielen für den neuen 10 Gigabit Ethernet Standard definiert, die sich im ersten Jahr der Standardisierung leicht geändert haben und dies auch noch weiterhin tun können. Hier können wir den Stand der Ziele vom November 1999 berichten, seither hat sich daran nichts geändert, was für einen hohen Stabilitätsgrad spricht.

10 GbE soll kein neuer Standard werden, sondern die bereits bestehende Reihe der Ethernet Standards nach oben hin ergänzen. Als Ziel für die Verabschiedung hat man sich den März 2002 gesetzt, das ist durchaus realistisch, auch wenn zwischenzeitlich Probleme bei technischen Implementierungen auftreten, denn im Gegensatz zu der allgemeinen Meinung gibt es schon eine Reihe von Erfahrungen mit 10 Gigabit-Technologie. Nachdem man mit dem 1 GbE-Standard die Gigabit Grenze durchstoßen hat, sind die neu auftauchenden Schwierigkeiten nicht mehr so groß. Außerdem ist mit über 50 vertretenen Firmen ein technologisches Feld vertreten, was es in dieser Breite vorher

nicht gegeben hat. Dabei sind vor allem neue kleine Firmen, die auf Höchstgeschwindigkeitsübertragung spezialisiert sind und den Marktführern wie Cisco oder Nortel Networks in dieser Hinsicht zurarbeiten.

Die Rolle von Nortel ist überhaupt relativ interessant. Waren bei früheren Standardisierungen die Vertreter von Bay Networks deutlich auf den LAN-Horizont beschränkt, bringt Nortel jetzt ein geballtes Wissen für Hochleistungsübertragung und Fernübertragung mit. Neben der Erhöhung der Geschwindigkeit geht es vor allem um die Erweiterung des Sichtbereiches des Standards auf den MAN und WAN-Bereich. Man möchte bei diesem Schritt vor allem die Kompatibilität mit der riesigen installierten IEEE 802.3-Basis (Schnittstellen) wahren und die bisherigen Investitionen in Forschung, Entwicklung sowie die Erfahrungen in Betrieb und Management schützen.

Wichtige Elemente der Arbeit sind die Definition von MAC-Parametern und die Erweiterung der Betriebsmöglichkeiten für die Übertragung von LLC- und Ethernet-Rahmenformaten bei 10 GbE im Vollduplexmodus wie er im 802.3 Standard definiert wird. Zusätzlich müssen Parameter

und Mechanismen hinzugefügt werden, die die Entwicklung von Ethernet über das WAN mit einer Datenrate kompatibel zu OC-193c und SDH mit einer Nutzdatenrate VC-4-64c ermöglichen.

Der Standard definiert nur den Vollduplex-Übertragungsmodus. Die Halbduplex (CSMA/CD)-Betriebsart wird bei 10 Gbps nicht mehr unterstützt. Für den Betrieb mit 10 Gbps müssen neue physikalische Schichten definiert werden. Der Standard soll aber nach oben die bisherige IEEE 802.3 MAC Client Schnittstelle (LLC) unterstützen, genau wie die IEEE 802.1 Architektur, das Internetworking und das Management. Außerdem werden Objekte in Übereinstimmung mit den OSI und SNMP-Management Standards kreiert. Der Standard versteht sich als Upgrademöglichkeit für bestehende Netze, alles bis auf die Physik soll so gestaltet werden, dass Betreiber die neue Übertragungsgeschwindigkeit mit möglichst minimalem Aufwand in ihre bestehenden Szenarien eingliedern können.

Der wirkliche Unterschied ist aber, dass es zwei PHY-Familien geben wird, eine für den lokalen Bereich (LAN-PHY) und einen für das Fernnetz (WAN-PHY).

10 Gigabit Ethernet

Schon Ende 1999 waren folgende technische Demonstrationen "erledigt":

- das Prinzip der Saklierbarkeit der MAC-Layer wurde diskutiert und erprobt
- das Prinzip der Ratenanpassung zwischen 10 GbE und langsameren Systemen wurde auf der Grundlage der bisherigen Erfahrungen mit Ratenanpassungen zwischen 10, 100 und 1000 Mbps diskutiert, gezeigt und erprobt.
- Hersteller Optischer Komponenten haben 10 Gbps-Systeme vorgeführt, die nicht nur als solche nach allen Anforderungen funktionieren, sondern auch nationale und internationale Bestimmungen und Anforderungen für den Betrieb erfüllen.
- Außerdem haben sie Forschungsansätze für die Implementierung der höheren Geschwindigkeit auf Low Cost Technologie gezeigt, das ist besonders wichtig für den Einsatz im LAN.
- Kostenfaktoren wurden von OC 192c-Implementierungen abgeleitet. Dabei hat es sich gezeigt, dass die Kosten für 10 GbE ca. bei dem Dreifachen der Kosten von 1 GbE liegen werden, und das bei zehnfacher Übertragungsgeschwindigkeit. Das benutzte Kostenmodell hat seine Sinnfälligkeit schon bei der Kostenbetrachtung zwischen 100 und 1000 Mbps Ethernet gezeigt.
- In manchen Fällen werden Kunden sogar die Glasfaserkabel, die sie nach den Spezifikationen von ISO 11801 verlegt haben, weiterbenutzen können. Die Installationskosten für neue Glasfaserkabel bewegen sich in einem bekannten Rahmen.
- Durch die hohe Kompatibilität zu den langsameren Versionen halten sich die Kosten für Design, Implementierung und Betrieb von 10 GbE-Netzen in engen Grenzen.

Schließlich lässt sich noch anfügen, dass im Juni 2000 die Firmen Cisco Systems und Tyco, Spezialist für Unterseekabel, die Realisierbarkeit von 10 Gbps-Strecken auf 6000 km (!) OHNE Zwischenverstärker gezeigt haben.

Siemens hat eine bidirektionale DWDM-Strecke zwischen Berlin und Darmstadt gestartet. 750 km werden dabei ohne Regenerator mit lediglich sieben Zwischenverstärkern überbrückt. Die Geschwindigkeit

liegt bei 160 Gbps. Die 40 km des 10 GbE sind daher eher bescheiden und offensichtlich dazu ausgelegt, kostengünstige Lösungen zu favorisieren.

Konkret lassen sich die Ziele wie folgt zusammenfassen:

- Erhaltung des 802.3/Ethernet Frame Formats an der MAC-Schnittstelle
- Erhaltung der funktionalen Anforderungen von 802 mit Ausnahme der Hamming Distanz
- Erhaltung der minimalen und maximalen Frame Größen
- Alleinige Unterstützung des Vollduplex-Betriebes
- Unterstützung der sternförmigen Netzwerktopologie mit Punkt-zu-Punkt Verbindungen im Rahmen der strukturierten Verkabelung
- Spezifikation eines optionalen Media Independent Interfaces MII
- Unterstützung der P802.3ad Link Aggregation
- 10.000 Gbps an der MAC/PLS Dienstschnittstelle
- Definition von zwei PHY-Familien: LAN-PHY mit 10.000 Gbps und WAN-PHY mit der Nutzdatenrate nach OC-192c/SDH VC-4-64c
- Definition eines Mechanismus zur Adaption der MAC/PHY-Schnittstellen-Datenrate an die WAN-PHY Datenrate
- Spezifikationen für die Physical Layer, die auf folgenden Medien wenigstens folgende Distanzen unterstützen:
 - 100m über bereits installierte Multimode-Fiber MMF
 - 300m über (neu zu installierende) MMF
 - 2, 10 und 40 km über SMF, technologieabhängig
- Unterstützung von Fiber Kabeln aus der zweiten Ausgabe des ISO/IEC 11801-Standards

Dies legt einen genauen Rahmen fest, der gleichermaßen dem Wunsch nach technologischem Fortschritt und Investitionsschutz optimal Rechnung trägt.

2.2 Struktur des Dokumentes IEEE 802.3a

Wegen der Einbeziehung der WAN-Dienste ist die Struktur des Dokumentes etwas umfangreicher als bislang gewohnt. Hier wird die Struktur mit Stand Mitte 2000 wiedergegeben, ich gehe davon aus, dass sich an der grundsätzlichen Aufteilung nicht mehr allzu viel tun wird. Es geht hierbei zunächst um eine Architektur der Dokumente, die nicht notwendigerweise eine Implementierungsarchitektur ist, weil bei einer Implementierung sicher nicht alle Elemente der erweiterten Architektur benötigt werden.

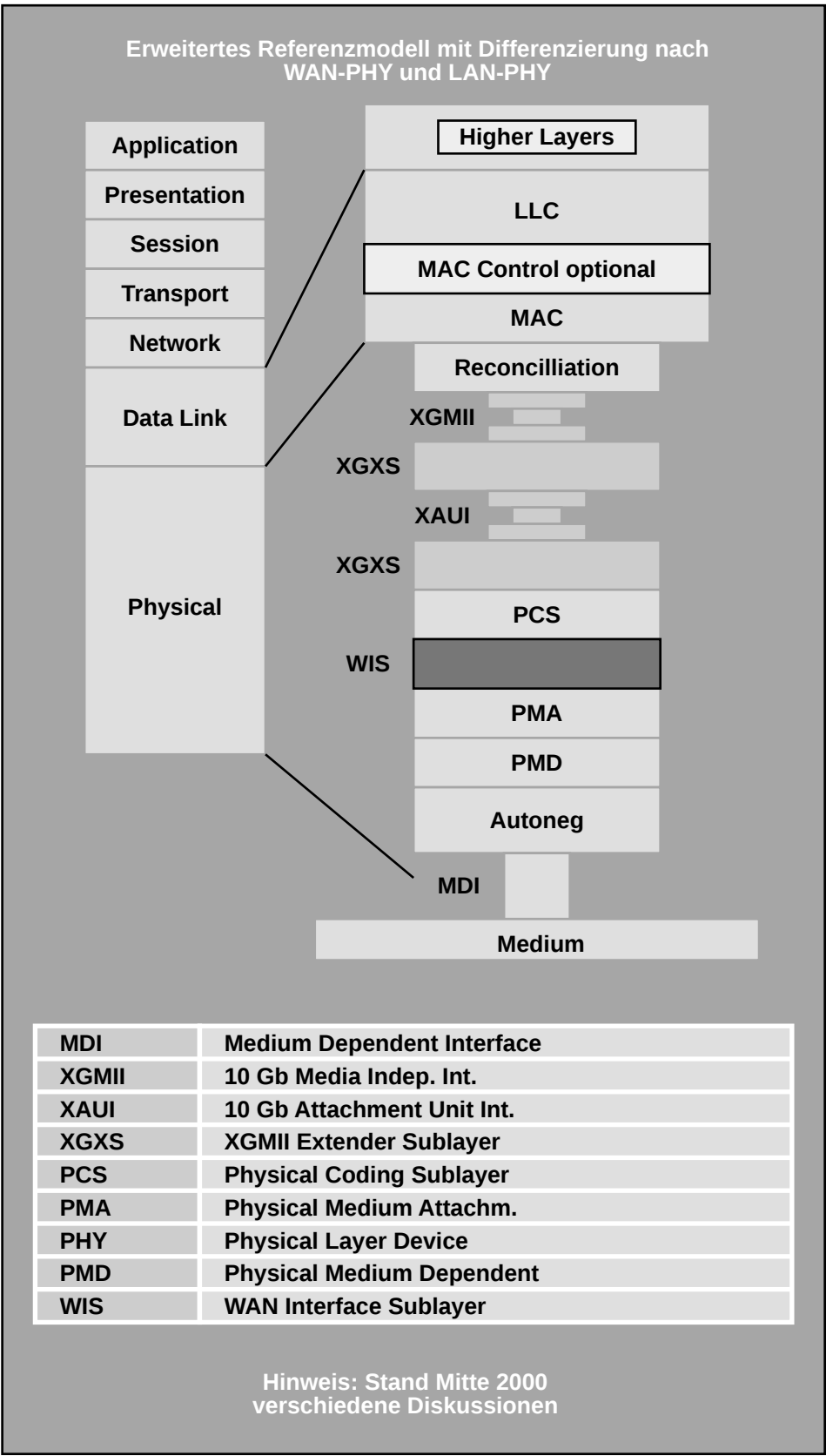
Wesentlich ist, dass das bekannte 802.3 Schichtenmodell, welches gerade um die Ein-Gigabit-Lösung erweitert wurde, nochmals erweitert werden muss.

Von oben gesehen neu ist zunächst die optionale MAC Control Layer.

Unter der Reconciliation Sublayer folgt das 10 Gigabit Media Independent Interface XGMII. Für Steuer- und Regelungsaufgaben in diesem Zusammenhang wird eine ganz neue Sublayer eingeführt, die XGXS, die XGMII Extender Sublayer. Sie ist dazu da, die Reichweite des XGMII durch Codierung zu erhöhen. Über das mittlerweile auf 10 Gigabit erweiterte AUI, das XAUI geht es deshalb nochmals in die XGXS, offensichtlich nunmehr in deren unteren, den "Ziel" Teil. So können vor allem Codierungen und Steuerbefehle vereinfacht nach unten durchgereicht werden. XGXS erhöht die Reichweite, denn die maximale Länge des XGMII ist ca. 7 cm, während die der XAUI ca. 50 cm ist. XGMII hat 74 Drähte in 2 Sets mit je 32 Datenleitungen, 4 Kontrollleitungen und einem Takt. Die XAUI hat 16 Drähte bestehend aus 2 Sets aus 4 unterschiedlichen Paaren. Die XAUI ist die Standard-Instanz der XGXS Dienstschnittstelle. Die XGMII ist die Standard-Instanz der PCS-Dienstschnittstelle und die Schnittstelle zur Reconciliation Sublayer. Die PCS Dienstschnittstelle zwischen PCS und XGXS hat keine standardisierte Instanz sondern ist implementationsabhängig.

Hinsichtlich einer gemeinschaftlichen WAN und LAN PHY, der sog. UniPHY (PCS & PMA) überlegt man z.Zt., ob beide Varianten, also LAN und WAN von ungeteilten Subschichten abgedeckt werden können, obwohl es letztlich um unterschiedliche Datenraten, Codierungen, Verwürflungen usf. geht.

10 Gigabit Ethernet



2.3
LAN-PHY

Die LAN-PHY umfasst die Menge von Definitionen, die für die Weiterentwicklung des Ethernets im LAN-Bereich auf die Datenrate von 10.000 Gbps gedacht sind. Es gibt eine Reihe von interessanten Möglichkeiten für die Technologie im Rahmen der LAN-PHY, die wir i.F. kurz vorstellen wollen. Es hat sich schnell herausgestellt, dass die Übertragungstechnologie wirklich spannend ist und viele neue Alternativen anbietet. Allerdings ist es auch so, dass man mit Ausnahme der schon als Sonderfall zu bezeichnenden Situation der Verwendung bisheriger Glasfaserkabel die neuen Techniken auf verbesserten Kabeln auch gleich Reichweiten von 20 oder 40 km realisieren könnten. Es wäre unsinnig, wenn IEEE 802.3ae diese möglichen Reichweiten künstlich beschneiden würde, nur weil sie nicht mehr streng "lokal" sind, aber wie wir bei Gigabit Ethernet gesehen haben, resultieren viele Planungsprobleme aus zu kurzen standardisierten Distanzen. Wenn dann doch jeder Hersteller Geräte anbietet, die mehr können und viele Kunden das anwenden, kann man auch direkt größere Reichweiten mit definieren. Es zeichnet sich ebenfalls ab, dass der wirkliche Unterschied zwischen der LAN-PHY und der WAN-PHY vor allem in der anderen Datenrate und der Kompatibilität zu SONET-Systemen besteht und die Probleme z.B. in der Ratenanpassung bestehen. Man wird nicht dazu neigen, letztlich wirklich völlig unterschiedliche Übertragungstechniken zu verwenden. Vor allem ist es ja so, dass für eine lange Zeit auf einer der wichtigsten Teilstrecken, nämlich der zwischen Unternehmen und WAN Carrier, durchaus zwei verschiedene Alternativen zum Einsatz kommen werden: entweder der Kunde schickt dem Carrier Ethernet Pakete mit 10 Gbps im Rahmen der "normalen" LAN-PHY und der Carrier übernimmt die notwendigen Konversionen in das optische Netz vor Ort oder der Kunde benutzt die WAN-PHY und bereitet selbst schon alles für den SONET-Verkehr vor. Es gibt eine Menge praktischer Gründe, warum sich meiner Meinung nach die erste Alternative deutlich durchsetzen wird. Der Carrier wird die innere Struktur seines Netzes schneller ändern als der Kunde. Er wird neue Wellenlängen hinzufügen, er wird die Struktur verflachen, er wird SONET-Systeme abbauen usf. Dies kann er nur dann freizügig tun, wenn die Kunden über eine einfache Schnittstelle mit ihm kommunizieren. Mit X.25 oder Frame Relay funktioniert das ja heute schon genauso. Eine 1 oder 10 GbE-Schnittstelle mit IP-Päckchen wäre so eine einfache Schnittstelle. Außerdem wird der

Bild 5 IEEE 802.3ae 10 GbE Referenzmodell

10 Gigabit Ethernet

Kunde so von der Notwendigkeit befreit, sich mit SONET und ähnlichen Dingen auseinander setzen zu müssen. Es ist also un-
gemein praktisch, wenn ein Gigabit-Service einfach mit einer Glasfaser über bis zu 40km geführt werden kann, denn in diesem Umkreis findet sich ganz bestimmt der nächste GigaPOP. Die WAN-PHY ist streng genommen sogar ungeeignet für den durchschnittlichen Kunden, denn auch in der Vergangenheit sind Versuche, WAN-Technik bei LAN-Kunden einzuführen, schiefgegangen, siehe ATM. Andererseits ist die WAN-PHY notwendig und wichtig für den Aufbau eigener WANs, wenn der Kunde dies unbedingt möchte oder für Service Provider selbst, die z.B. für das Web-Hosting eine Lösung suchen, die schon von der LAN-Seite her eher in die WAN-Technologie integriert ist. Wie auch immer, mit diesen zwei Alternativen ist es dann auch gut, es ist weit und breit keine andere Initiative zu sehen, die sich auch noch mit einer ähnlichen Thematik befasst. Die Ethernet-Päckchen haben sozusagen ihren endgültigen, ultimativen Sieg errungen!

2.3.1

LAN-PHY Übertragungstechniken, Übersicht

Im Rahmen der LAN-PHY Untersuchungen sind eine Reihe wirklich sehr interessanter möglicher Übertragungstechniken vorgestellt worden. Es ist nicht zu erwarten, dass man wirklich alle im ersten Anlauf in den Standard übernehmen wird, aber wie Sie selbst sehen werden, die Auswahl ist wirklich schwierig. Deshalb werde ich hier auch alle relevanten Techniken vorstellen, unabhängig vom Ausgang der Standardisierung, denn es ist durchaus möglich, dass Dinge, die in einem ersten Anlauf verworfen wurden, in späteren Varianten doch wieder hinzukommen um dem technischen Fortschritt Rechnung zu tragen. Es gibt allerdings zwei deutliche Favoriten, nämlich die serielle Übertragung und der Low Cost Wellenlängenmultiplex, für mich eine der faszinierendsten Alternativen überhaupt.

Zunächst wäre da der parallele optische Transceiver, bei dem sowohl die uncodierte als auch die codierte Datenrate bei 1 X 10 Gbps liegt, wobei die Datenrate auf eine Anzahl paralleler Glasfaserleitungen aufgeteilt wird.

Bei seriellen Optischen Transceivern wird das auf mehreren Leitungen kommende Datensignal zunächst einmal auf einen Datenstrom gemultiplext. Hierbei wird man wegen der Erhöhung der Fehlersicherheit

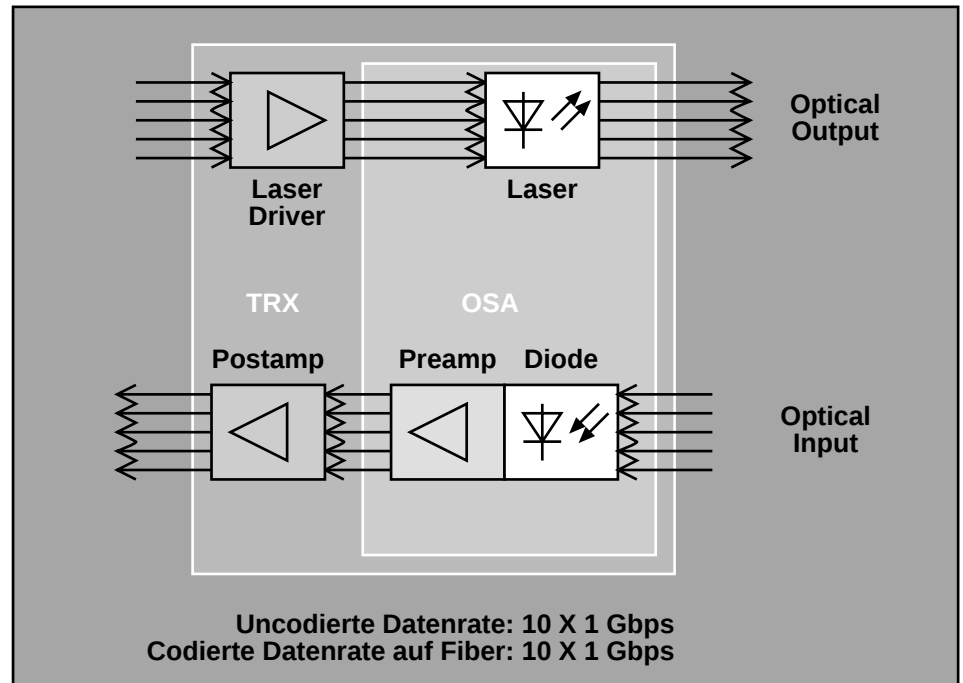
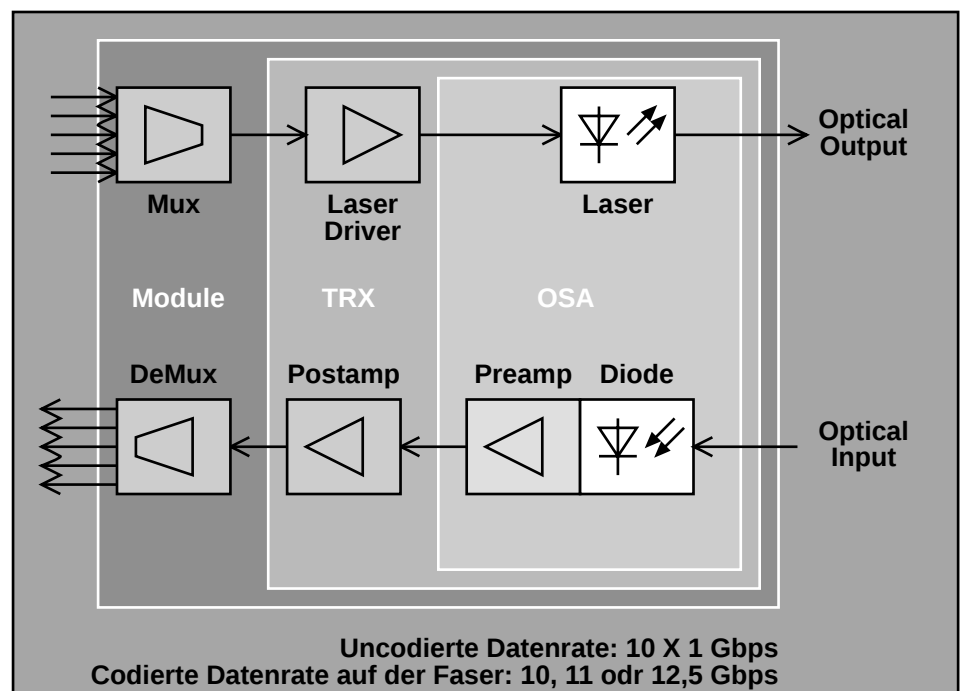


Bild 6 paralleler optischer Transceiver

von der uncodierten Datenrate 10.000 Gbps auf 11 oder 12,5 Gbps kommen, indem man zusätzliche Steuerzeichen einführt bzw. die gesamte Codierung wie im Falle des Gigabit Ethernet (über Twisted Pair) bereits geschehen, auf Hamming-

Abstand und gleichmäßige Verteilung der Symbole optimiert. Das schnelle Signal wird auf einen Laser-Treiber geschickt, der dann den Laser moduliert. Auf dem Rückwege muss nach dem Empfang entsprechend decodiert werden.

Bild 7 serieller optischer Transceiver



10 Gigabit Ethernet

Ganz faszinierend finde ich persönlich die nächste Alternative, den Wellenlängenmultiplex. Es gibt Entwicklungen, die die WDM-Technik in einer kostengünstigen Variante bereitstellen und den Namen WWDM (Wide Wave Division Multiplex) tragen (im Gegensatz zu DWDM Dense WDM). Einfach gesagt ist es hier nicht das Ziel, möglichst viele Kanäle gleichzeitig auf die Faser zu bringen, sondern z.B. 4 oder 5, aber mit geringeren Kosten. Die Technik wird umso weniger aufwendig, desto weniger Kanäle man haben möchte, weil die Modulationsgrenzen für die Signale, der benötigte optische Störsignalabstand usw. nicht so kritisch eingehalten werden müssen. Hier muss der Datenstrom aus der MAC ebenfalls gemultiplext werden, und zwar auf die Anzahl der zur Verfügung stehenden Kanäle, z.B. vier. Dabei kann die uncodierte MAC/PHY Datenrate von 10.000 Gbps auf z.B. 4x2,5 Gbps aufgespalten werden. Beim Empfang muss man zunächst die Signale aus dem WDM-System sammeln und in einem Demultiplexer wieder an die PHY/MAC-Schnittstelle anpassen. Dies kann man aber bei geeigneter Codierung in einem Schritt tun.

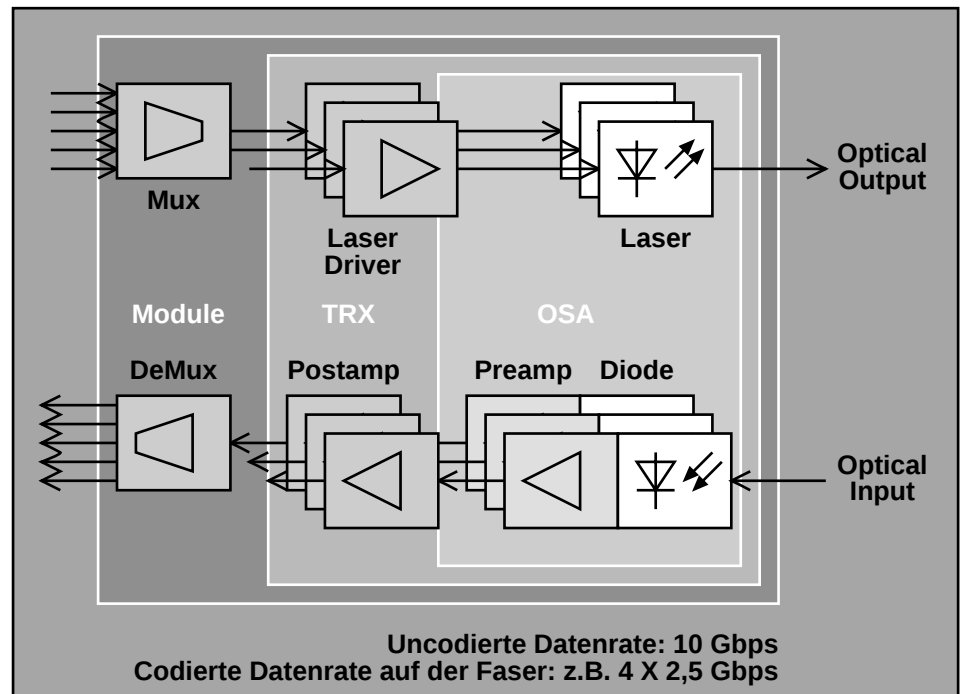


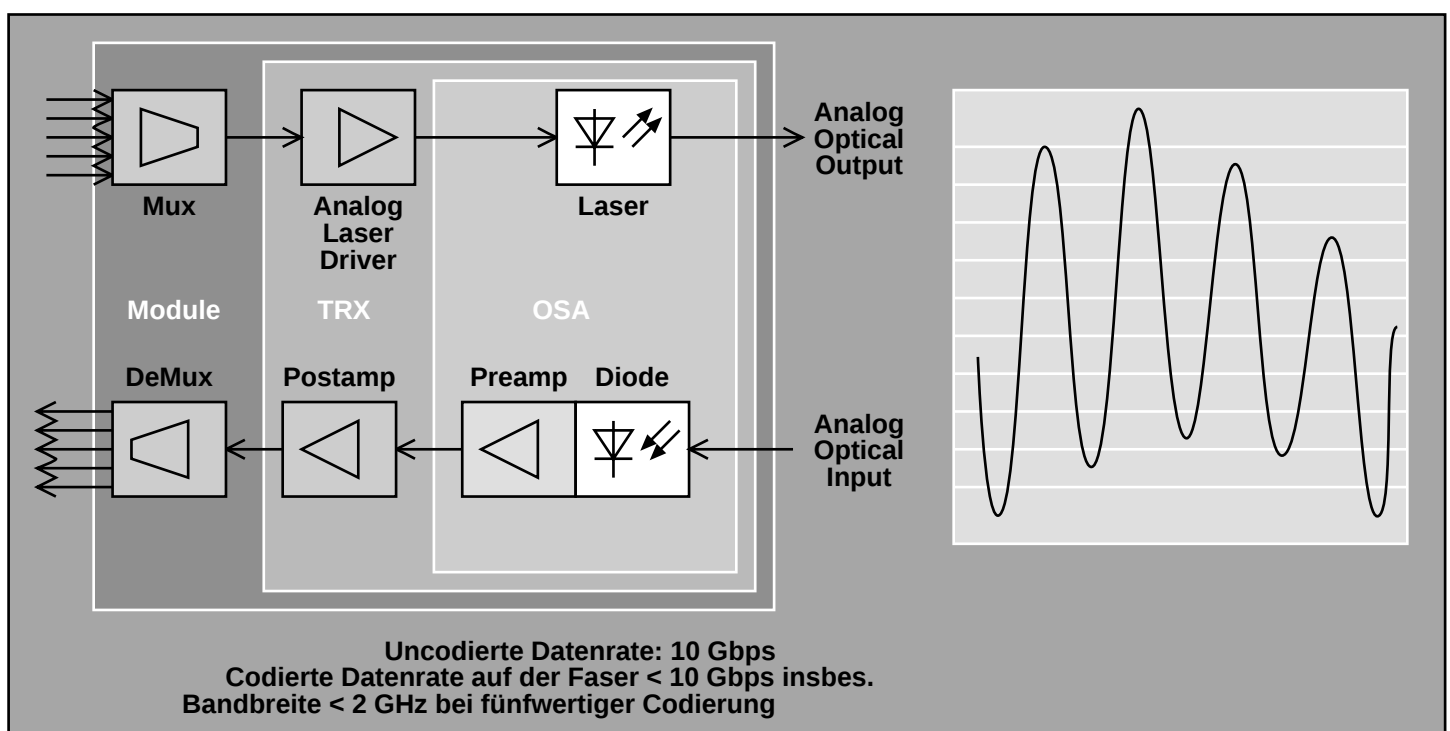
Bild 8 Wellenlängenmultiplex WWDM

Schließlich könnte man mit Multilevel Codierung in Fortsetzung der mit der PAM 5X5-Codierung bei Gigabit Ethernet gemachten Erfahrungen auch letztlich analog übertragen. Durch die Codierung wird, wie wir weiter unten noch ausführen, die Baud-

rate auf dem Übertragungsmedium unter 10 Milliarden Schritte pro Sekunde gedrückt, weil sich mit mehr logischen Niveaus auch mehr Informationen in einem Schritt darstellen lassen, wie das ja an ver-

schiedenen Stellen bereits ausführlich dargestellt wurde. Die analoge Übertragung stellt ggf. eine Möglichkeit für ältere Kabel oder andere Kabeltypen als die von ISO 11801 dar.

Bild 9 analoge Multilevel Codierung



10 Gigabit Ethernet

Hinsichtlich der Codierung hängt es vom Aufwand ab, welches Ergebnis man bei der Sicherheit der Übertragung auf dieser Ebene bekommt. Mit 8B/10B Codierung erreicht man eine ganz exzellente Balance, aber zum Preis von 20% Overhead. 14B/15B hat nur 10% Overhead, bietet aber auch noch eine gute Balance. Einfaches Scrambling hat keinen Overhead, aber das Ergebnis ist unkontrollierbar bezüglich seiner zusätzlichen Sicherheit. Mit Multilevel Codierung bekommt man eine geringere Rate auf dem Kabel. Wir haben bei 1 Gbps Ethernet über Twisted Pair gesehen, dass man auch alle diese Alternativen miteinander kombinieren kann.

Alle bis hierhin vorgestellten Alternativen arbeiten mit Glasfasern als Übertragungsmedium. Allerdings gibt es auch die Tendenz, über die Übertragung mittels metallischer Leiter wenigstens nachzudenken, und zwar für den Einsatz auf sehr kleinen Distanzen, wie sie in einem Verteilerraum oder kleinen Rechenzentrum vorkommen. Schließlich gibt es ja auch für 1 Gigabit zwei Alternativen, nämlich das CX-Koaxialkabel und 1000 BASE T auf dem Cat5-Bündel.

2.3.2 Parallele Übertragung

Bei der seriellen Übertragung kommen die Daten wirklich mit einer Schrittgeschwindigkeit von 12,5 Gbaud auf die Faser. Trotz der eingangs erwähnten immensen Fortschritte bei der Glasfaserübertragungstechnik möchte man auch Alternativen für die Übertragung auf wirklich schlechten, alten Kabeln vorsehen. Da liegt es nahe, über eine Aufteilung des Datenstroms in vier Wege nachzudenken, wie man das ja auch schon bei Gigabit Ethernet über Twisted Pair gemacht hat. Vorteilhaft wäre auch, dass die integrierten Schaltkreise nicht ganz so schnell sein müssen.

Die parallele Übertragung hat aber auch eine Reihe von Nachteilen. Bei größeren Distanzen ist die Notwendigkeit der Verwendung von Faserbündeln mit mehreren Fasern schlecht für die Kosteneffektivität. Die Kosten für die erforderlichen Mehrfachstecker sind heute recht hoch. Lösungen im kurzweiligen Bereich (SX) stellen zusätzliche Anforderungen an die Sicherheit für die Augen und werden alleine aus diesem Grund in ihrem Power Budget relativ beschränkt sein. Langwellige (LX) Lösungen haben Randbedingungen, die die Einspeisung der entstehenden Signale in das Faserbündel erschweren.

2.3.3 Serielle Übertragung

Aber auch die serielle Übertragung hat eine Reihe schwerwiegender Nachteile. Die Signalrate von 12,5 Gbd ist nur mit Mühe auf einer konventionellen Multimode-Faser zu übertragen. Man kommt nach heutigen Erkenntnissen dabei höchstens 50 m weit. Es kann sein, dass man für die Faser unter dieser Last eine eigene Temperaturkontrolle benötigt, weil man mit dem Laser-System an die Grenze des Machbaren gehen muss, um überhaupt noch Daten mit der gewünschten Geschwindigkeit über diese Faser zu übertragen. Man benötigt besondere Laser mit hoher Seitenmodusunterdrückung und geringer parasitärer Kapazität. Durch die hohe notwendige Laserleistung kann es neben der Erwärmung von Laser und Faser auch zu unerwünschten Schwingungen und Reflexionen kommen. Außerdem ist die gesamte Technik für eine Vollintegration z.Zt. nicht geeignet, man muss statt dessen teure Einzelkomponenten nehmen. Schließlich sind noch verschiedene unerwünschte Jitter-Effekte zu erwarten. Alles in allem ist der Preis für die Benutzung der alten Fasern mit der 10 Gbps Datenrate sehr hoch. Die Befürworter dieser Variante sagen jedoch, dass die Kostenfaktoren für die serielle Übertragung mit der Zeit erheblich fallen und dass man diese Technik für die Gesamt-Skalierbarkeit benötigt.

Mittlerweile liegen Vorschläge für die Implementierung der seriellen Übertragung mit VCSELs (Vertical Cavity Surface Emitting Laser, ein integrierter Halbleiterlaser) vor und zwar mit einer Reichweite von 300 m bei 850 nm auf verbesserten Multimode-Fasern und 10 km mit Single Mode VCSEL auf Singlemode-Faser mit 1300 nm.

Für die Übertragung auf Multimode Fasern stellt sich darüber hinaus das Problem, dass ihre Bandbreite ungefähr bei 1 GHz beschränkt ist und man immer eine Codierung benötigt, die eine größere Anzahl von Bits pro Sekunde pro Hz auf die Faser gibt, als dies bei binärer Übertragung nach den Nyquist-Bedingungen möglich wäre. Man diskutiert deshalb, in jedem Falle die von 1000 BASE T bekannte Kombination aus Trellis Codierung und PAM-5, fünfwertiger Pulsamplitudenmodulation zu benutzen, weil man sonst keine realistische Chance hat, mit herkömmlichen Fasern die gewünschten Reichweiten zu erreichen.

Mittlerweile ist die serielle LAN PHY schon sehr weit definiert. Vom XAUI ausgehend geht es in die 8B/10B Vorcodierung des XSGS, dann in die 64B/66B Codierung der

PCS, dann in die Serialisierung der PMA und schließlich in die elektro/optische Wandlung der PMD. XAUI und XGXS werden aus Gründen der bequemerer Implementierung getrennt. So kann das Modell auf alle bekannten 10 GbE PHYs angewandt werden. Eine CDR-basierte parallel/seriell Schnittstelle mit Eigentaktung ersetzt einen parallelen Bus. Das kann in CMOS, BiCMOS und SiGe-Technologie implementiert werden. Die XGMII-Daten von/zu der PCS werden direkt abgebildet. Zwischen XGXS und PCS wird ein 36-bit Wort-Dienst etabliert. 8B/10B für XAUI erlaubt eine schnelle, robuste Synchronisation mit einfacher Fehlererkennung. Das Frequenzspektrum ist gut balanciert und kann durch Filter oder Rauschunterdrücker noch weiter verbessert werden. Das Ganze kann zu geringen Kosten in ASICs gegossen werden. Die PCS unterstützt 10 Gbps Datentransport und hocheffektive Codierung. Die XAUI/XGXS Daten werden unmittelbar von/zur PMA abgebildet. Die 64B/66B Codierung ist statistisch ausgeglichen, schnell selbstsynchronisierend und hat eine hohe Transitionsdichte. Frame und IPG Control Delineation werden angeboten. Das System unterstützt eine Funktion zur Kompensation von Taktunreinheiten. Es wird eine 66-Bit-Worte PMA Dienstschnittstelle definiert.

PMA bildet die PCs Daten direkt von/zum PMD ab. Es überführt die PCS 66B Sub-Frames zu/von einem seriellen PMD Bitstrom. Es wird eine 1-Bit PMD Dienstschnittstelle definiert. Physikalische Schnittstellen innerhalb der PMA werden nicht spezifiziert und können 16b, 4b usw. sein. Der Standard legt Serialisierer, Deserialisierer und Clock/Daten-Recovery Einheiten fest. PCS taktet Sendende (Tx)-Daten zu PMA, PMA taktet Empfangs (Rx)-Daten zu PCS. Der Takt im PMA ist Referenztakt für PCS/PMA.

64B/66B liefert die volle Bandbreite von 10,000 Gbps für LAN Anwendungen. Es sind für LAN Anwendungen keine Flusskontrollmechanismen auf dieser Schicht notwendig. Die Codierung funktioniert auch noch bei einer Reichweite von 40 km und darüber hinaus. 64B/66B bildet eine unmittelbare Schnittstelle zum XAUI mit Code Control Transparenz und ermöglicht die Zusammenarbeit mit den üblichen Backplane Codierungsschemata. Die statistische Signalverteilung ist gut ausbalanciert und die Transitionsdichte sowie die Eigenschaften zur Frame Synchronisation machen das Verfahren geeignet für die optische Übertragung. Eine zwei Bit lange Präambel erlaubt die Frame Synchronisation und setzt die maximale Laufzeit auf 66 Bits.

10 Gigabit Ethernet

Man erreicht schließlich einen 4-Bit Hamming Schutz über Pakete, Daten und Kontrollinformationen. Der geringe Overhead führt zur Kompatibilität mit existierenden SONET Transceivern.

Bild 10 zeigt die einfache und übersichtliche Struktur des seriellen Transceivers.

Für die PMD möchte man fünf Kandidaten nominieren:

- neue Multimode Fiber Kabel mit 300 m bei 850 nm und VCSEL, Link Power Budget 8dB
- Singlemode Kabel mit 2 km bei 1310 nm, FP Laser, LPB 10,84 dB
- Singlemode Kabel mit 10 km bei 1310 nm, DFB oder VCSEL, LPB 10,84 dB
- Singlemode Kabel mit 40 km bei 1310 nm, DFB gekühlt, LPB 26,84 dB
- Singlemode Kabel mit 40 km bei 1550 nm, DFB, LPB 20,84 dB

2.3.4 WWDM-Übertragung

Schauen wir nochmals genauer in Richtung WWDM. Man ist dabei, sich auf ein vierkanaliges System zu einigen. Vier Kanäle nutzen die volle spezifizierte optische Übertragungsbandbreite um die Entwicklung billiger Multiplexer/Demultiplexer zu ermöglichen. Die vier WDM-Kanäle passen genau zu den vier "Lanes", die an anderer Stelle definiert werden, ohne weitere elektrische Umsetzung. Das vorgeschlagene 10 GbE-LX Interface (LX = Long Wave) unterstützt vier unterschiedliche Fälle von optischen Verbindungen:

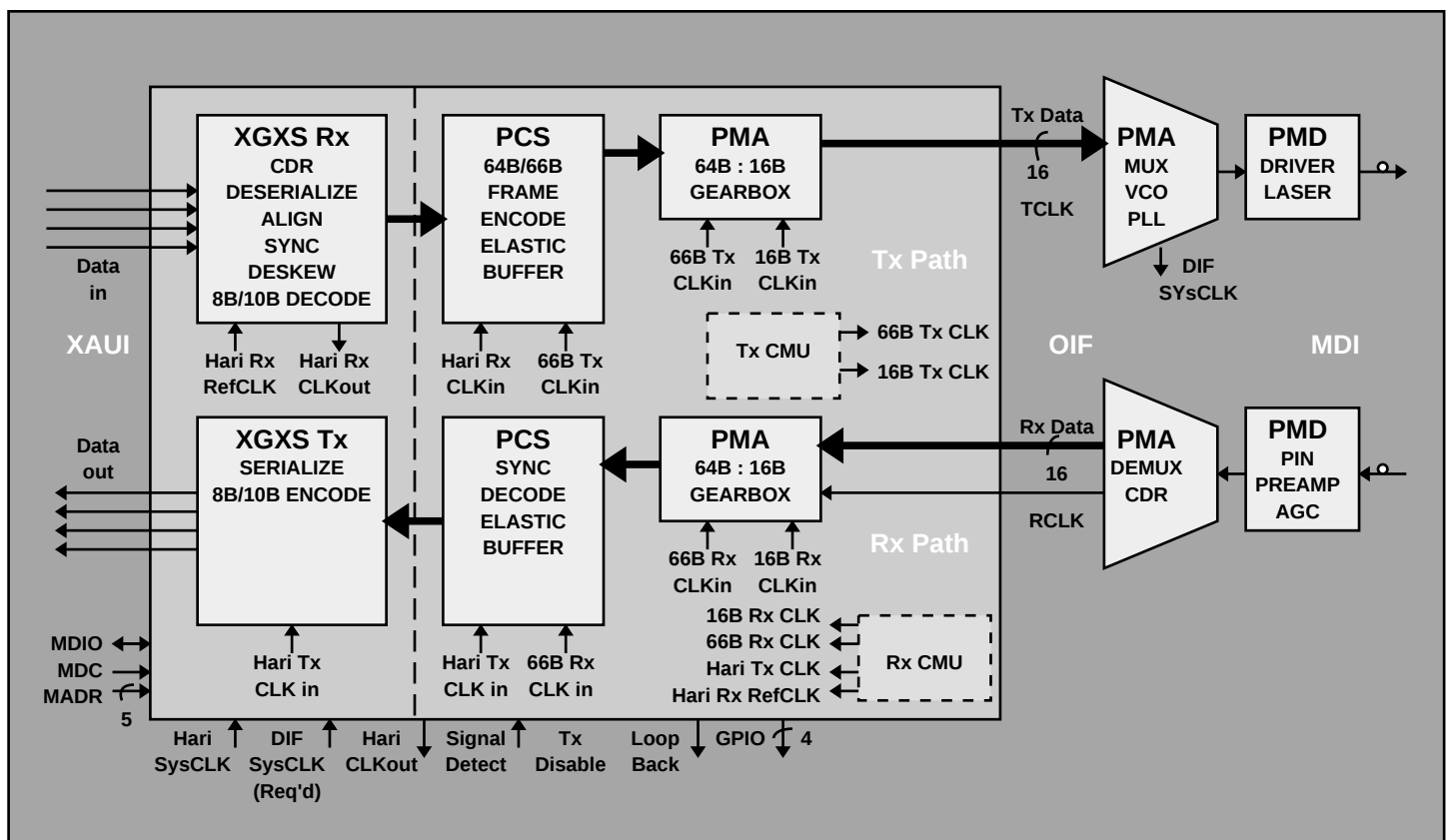
- 100 m installierte 62,5/125 Multimode-Faser nach ISO/IEC 11801
- 300 m neue oder installierte 50/125 Multimode-Faser z.B. Lucent Lazr-Speed
- 2 oder 10 km Single Mode Fiber

Die Spezifikation folgt im übrigen der für Gigabit Ethernet 1000BASE-LX.

Die WWDM Technik als solche wird von verschiedenen Herstellern unterstützt und ist hinsichtlich der Kosten durchaus mit anderen Alternativen wettbewerbsfähig. LX-WWDM arbeitet mit langwelligen Lasern im Wellenlängenbereich von 1270 bis 1355 nm und zwar mit vier Kanälen auf den Grundfrequenzen 1275,7, 1300,2, 1324,7 und 1349,2 nm +/- 5,7 nm. Die Signalgeschwindigkeit pro Kanal ist 3,125 Gbd, die Trennung zwischen den Kanälen 24,5 nm. Das Link Budget liegt bei ca. 8,0 dB, man arbeitet aber daran, dies noch wesentlich zu erhöhen. Dies bedeutet auf den Multimode-Fasern eine Distanz von 300m, auf der Singlemode-Faser werden 10 km erreicht. Zwischen der MAC/PCS/PMA-Schnittstelle und dem WWDM Transmitter braucht man lediglich einen kleinen Retimer, um die Sendung hinsichtlich der Öffnung des Augendiagramms zu optimieren. Zur Zeit sind auch noch andere Alternativen in der Diskussion, die zu einer Ausnutzung existierender Multimode-Fasern auf ca. 300 m und von SMF auf 40 km führen. Bei SMF kann man diese Verbesserungen durch die Verwendung isolierter statt integrierter Laser auf der Sende- und

Bild 10

Transceiver der seriellen LAN-PHY



10 Gigabit Ethernet

Avalanche-Photodioden auf der Empfangsseite erreichen, was sich natürlich in den Kosten niederschlägt, das Link Budget aber auf 23 dB hochdrückt. Insgesamt ergeben sich für die WWDM-Technik eine Reihe handfester Vorzüge. Man kann längere Distanzen auf MMF oder SMF zurücklegen als bei anderen Alternativen. Man kann langsamere, silizium-basierte Elektronikbausteine verwenden, die dadurch natürlich wesentlich billiger sind. Man kann unisolierte ungekühlte integrierte Laser verwenden. Die Detektoren können langsamer sein und man erreicht dadurch für die integrierten optoelektronischen Schaltkreise eine relativ hohe Packungsdichte, was sich wiederum günstig auf die Produktion und den Preis auswirkt. Bei HP wurde das sog. SpectraLAN Projekt aufgesetzt. Neben der weiter oben beschriebenen LX-Variante hat man auch eine kurzweilige SX-Variante entwickelt, die mit VCSELs als Sendern und mit GaAs-PIN-Dioden funktioniert. Die SX-WWDM-Kanäle liegen auf den Wellenlängen 820, 835, 850 und 865 nm. Man erreicht so 10 Gbd über 110 m auf einer 62,5/125 MMFaser. Die LX-WWDM-Variante schafft 300 m bei einer Basis-Wellenlänge von 1300 nm. Als Multiplexer wird einfach ein sog. Silicon Combiner verwendet, also eine vollintegrierte Einrichtung. Der Demultiplexer wird im Spritzgussverfahren aus Kunststoff hergestellt. Alle bisherigen Versuche mit Prototypen verliefen großartig, Forschungsbedarf besteht allerdings noch hinsichtlich der Temperaturabhängigkeit des Power Budgets bei den einzelnen Kanälen. Ansonsten verspricht HP die zügige Serienfertigung der entsprechenden Transceiver zu vernünftigen Preisen nach einem glaubhaften Kostenmodell, also etwa zum dreifachen Preis eines 1 GbE Switch Ports.

Eine andere Entwicklung als WWDM wäre CWDM, eine Low Cost Technologie auf CMOS Basis. Hier findet die Übertragung mit einer Wellenlänge von 1550 nm statt, ebenfalls auf vier Kanälen. TIA und PHY können komplett in CMOS ausgeführt werden, direktmodulierte Laser, die keine Kühlung brauchen und GaAs Detektoren sind ebenfalls verfügbar. Mit einem DFB-Laser können Distanzen von 40 km überbrückt werden, wofür man eine ungefähre Einspeiseleistung von 8 dBm benötigt. Das Link Power Budget liegt in diesem Fall bei 14 dB. Man rechnet mit einer breiten Verfügbarkeit zu geringen Kosten ab ca. 2003.

2.3.5 Analoge Übertragung

Die Analogschnittstelle benötigt eine Vor-

codierung. 8 parallele Samples von je 6 Bit werden nach der Codierung in acht parallele Analog/Digital-Schaltkreise gebracht. Dabei müssen Clocks generiert werden, um Durcheinander zu vermeiden. Insgesamt entsteht eine Bandbreite von 650 MHz, die dann nochmals durch 1:2 Multiplexer auf 312,5 MHz gesenkt wird. In einem 10 GbE Transmitter wird eine Symbolrate von 5 Gbaud erzeugt. Die Modulation der Symbole erfolgt mit vorcodierter 5-PAM (Pulsamplitudenmodulation mit fünf logischen Leveln). Die Output-Bandbreite ist damit nur ungefähr 4 GHz.

2.3.6 10 GbE über Kupfer

Eigentlich neigt man dazu, die Idee, 10 Gbps über Kupfer zu übertragen, mit einem Kopfschütteln zu verwerfen. Das wäre aber bei Gigabit Ethernet verfrüht gewesen, wie man jetzt weiß benutzen zwar die meisten Anwender heute Gigabit Ethernet auf preiswerter Glasfasertechnologie, aber dem Markt hat die Verfügbarkeit von Gigabit Ethernet auf Twisted Pair einen wirklichen Vorschub gegeben. Also sollte man sich auch für 10 GbE überlegen, ob es keine kupferbasierten Lösungen geben könnte. Ausgangspunkt ist, dass es eine Reihe von Anwendungen z.B. in Rechenzentren, Serverclustern oder SANs gibt, bei denen die Entfernung deutlich unter 10m liegt. Genau dies ist das Ziel der Bemühungen: eine 10m Strecke mit Kupfer wesentlich billiger auszubauen als mit Glasfasern. Man geht dafür von der 1000 BASE-CX Spezifikation aus und benutzt PAM-5 (fünfwertige Pulsamplitudenmodulation) zur Senkung der Signalrate auf 5 Gbps, was die Verwendung monolithischer CMOS Schaltkreise erlauben würde. Mit einer Forward Error Control müsste man mögliche Signal/Rausch-Verluste kompensieren, die notwendige Transitionsdichte erzeugen und Synchronisation herbeiführen. Als Kabel stellt man sich ein Jumper Cable vor, das ist ein geschirmtes Twinax Kabel, welches an seinen beiden Enden jeweils einen geschirmten polarisierten Stecker besitzt. Diese Technik kommt aus dem Umfeld des Fiber Channels und erste Versuche der Hersteller haben gezeigt, dass Fiber Channel und Gigabit Ethernet CX-Kabel und Steckverbinder durchaus eine Bandbreite von 2,5 MHz unterstützen. Gigabit Ethernet CX schafft heute schon 1,25 Gbaud auf 25 m. Mit der PAM-5 Codierung würde man aber 5 Gbaud für 10 Gbps benötigen. Bei so kurzen Kabellängen macht man keine großen Fehler, wenn man eine allgemeine Linearität annimmt. Das bedeutet also, dass ein Kabel, welches auf 25 m 1,25

Gbaud schafft, auf 10 m 3,125 Gbaud schaffen sollte. Wenn die Hersteller aber doppelt so gute 2 Gbps FC CX Kabel und Steckverbinder liefern, sollten die etwa 6,25 Gbaud auf 10 m verkraften, was sogar noch über den Randbedingungen für 10 GbE liegt. Der CX-Transceiver sollte hot pluggable sein. In Richtung der MAC sollte die serielle Schnittstelle des Transceivers signifikante Distanzen unterstützen, und normalerweise mit der MAC mit vier serialisierten 8B/10B Kanälen mit jeweils 3,125 Gbps kommunizieren. Man benötigt in jedem Falle eine einzige homogene Erdung, das ist aber bei geschirmten Kabeln keine Besonderheit. Natürlich sollte ein Transceiver auch in der Lage sein, mit dem "anderen Ende" über die Datenrate zu verhandeln, um die Kommunikation zu Gigabit Ethernet Modulen zu erleichtern.

Ein anderer Vorschlag geht von 75 Ohm Koaxialkabeln aus, wie sie ursprünglich für den digitalen Videomarkt entwickelt wurden und mittlerweile für SONET über Koax (!!) angepasst worden sind. Sie übertragen ca. 2,5 Gbps über 100m. Ein Beispiel wäre das Belden 8281 Kabel. Was man vor allem benötigt, ist ein Kabel Equalizer, der die fürchterlichen Verluste von mehr als 20 dB bei 1250 MHz durch Signalvoranhebung geeignet kompensiert. Da ein solcher Equalizer in Tests bereits funktioniert hat, denkt man jetzt sogar über die Verwendung von Cat. 6 Kabeln nach.

Alles in allem ist es aber nicht zu erwarten, dass die Übertragung über metallische Leiter in einer frühen Phase der Standardisierung zu wirklich greifbaren Ergebnissen führen wird.

2.3.7 Konsensus

Es gibt eine relativ große Fraktion innerhalb des Gremiums, welche die Anzahl der PMD Technologien auf folgende fünf Varianten reduzieren möchte

- 850 nm Seriell und WWDM
- 1310 nm Seriell und WWDM
- 1550 nm Seriell

Diese Alternativen entsprechen denen, die wahrscheinlich die geringsten Gesamtkosten verursachen und von einer vollständigen Menge von Spezifikationen unterstützt werden. Dabei ergeben sich folgende nutzbare Längen zu den vorhersehbaren Kostenfaktoren:

10 Gigabit Ethernet

Technologie	Wellenlänge	Relative Kosten	62,5 MMF 160 MHzkm	50 MMF 500 MHzkm	50 MMF 2000 MHzkm	9/10 SMF
Seriell	1550 nm	5 x	N/A	N/A	N/A	40 km
Seriell	1300 nm	1,8 x	86 m	86 m	86 m	10 km
Seriell	850 nm	x	28 m	86 m	300 m	N/A
WWDM	1300 nm	3 x	300 m	300 m	300 m	10 km
WWDM	850 nm	1,5 x	100 m	300 m	550 m	N/A

Bild 11

Vergleich von PMD-Technologien

2.4 IEEE 802.3ae WAN PHY

Die 850 nm Variante ist die preiswerteste Lösung, die der Markt heute anbietet. Sie ist sicher und zuverlässig und arbeitet auf existierenden Multimode Fibern oder auf neu zu verlegenden, preiswerten aber wesentlich besseren MMFs.

Die Wellenlänge 1310 nm hat eine hohe Leistung auf SMF, kann aber auch auf MMF benutzt werden. Auch hier sind Leistung und Zuverlässigkeit beweisbar.

Nur die 1550 nm Übertragung erreicht aber auch das gewünschte Ziel der 40 km ohne Zwischenverstärker.

Eine andere Fraktion möchte aus dunklen Gründen auf die 850 nm verzichten.

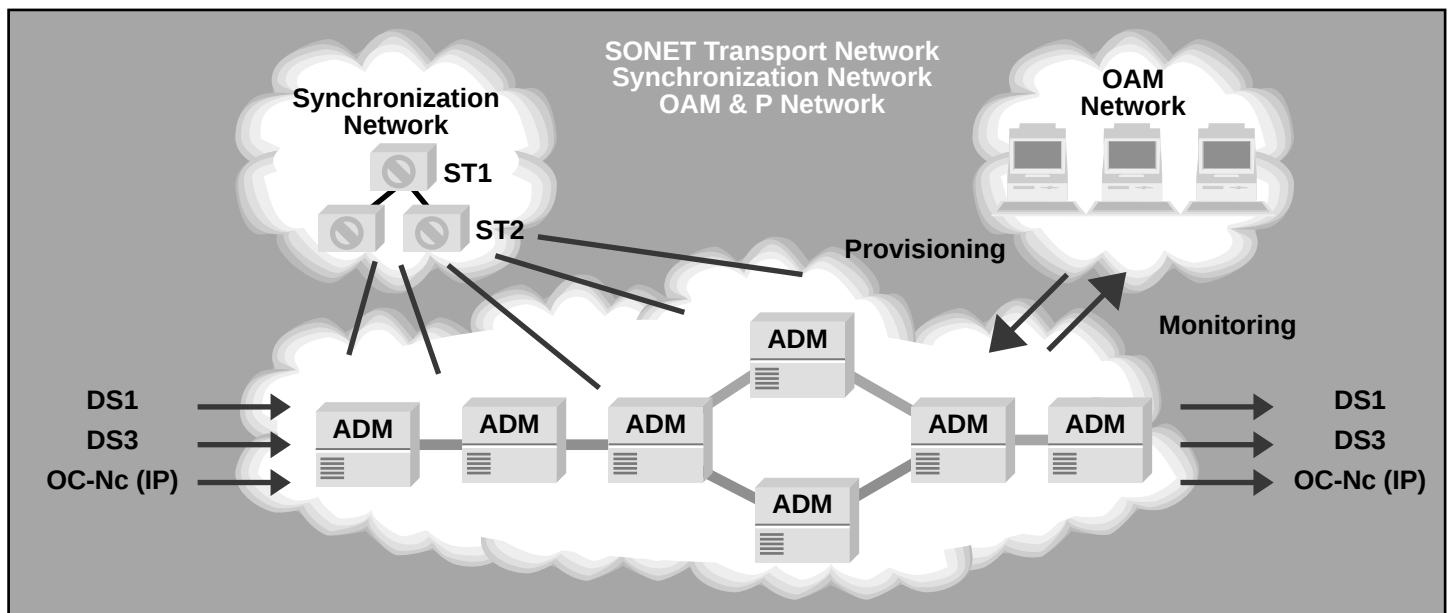
Die WAN PHY ist für den gestandenen Lokaln timer in der Tat ungewöhnlich, geht es doch jetzt darum, die Übertragungsleistung für Ethernet-Pakete in einen weiteren Bereich zu tragen. In diesem Zusammenhang diskutierte Themen sind die unterstützten PMDs, die Schnittstellen zu diesen PMDs, die WIS (WAN Interface Sublayer) und die PCS (Packet Delineation). Die WIS enthält Funktionen für die Bildung von SONET-Frames und Overhead, einen Synchronisationsprozess und einen Scrambler. Grundsätzlich unterstützt die WAN-PHY genau wie die LAN-PHY serielle und WWDM-Übertragungssysteme. Um überhaupt verstehen zu können, worum es geht, müssen wir an dieser Stelle zunächst ein paar Definitionen ansprechen, die aus dem WAN-Bereich (SONET) kommen.

2.4.1 WAN PHY Terminologie

Es gibt bei IEEE 802.3ae ein eigenes Dokument zur Terminologie der WAN-PHY, auf das hier Bezug genommen wird. Das Dokument wurde erzeugt, um während des Standardisierungsprozesses Missverständnisse zu vermeiden. Ein SONET-System ist oft als Ringsystem aufgebaut, aber es gibt auch Liniennetze und andere Topologien. Zwischen den einzelnen Glasfaserstrecken sitzen die sog. SONET Regeneratoren. Sie sind letztlich die technischen Geräte, die neben der Zwischenverstärkung und "Regeneration" dafür sorgen, dass Signalströme das SONET System betreten oder verlassen können. Ein SONET Regenerator arbeitet im Vollduplexbetrieb. Eigentlich handelt es sich um einen Dual-Simplex-Betrieb. Der Regenerator arbeitet mit genau einer und nur einer Wellenlänge in je-

Bild 12

SONET Grundaufbau

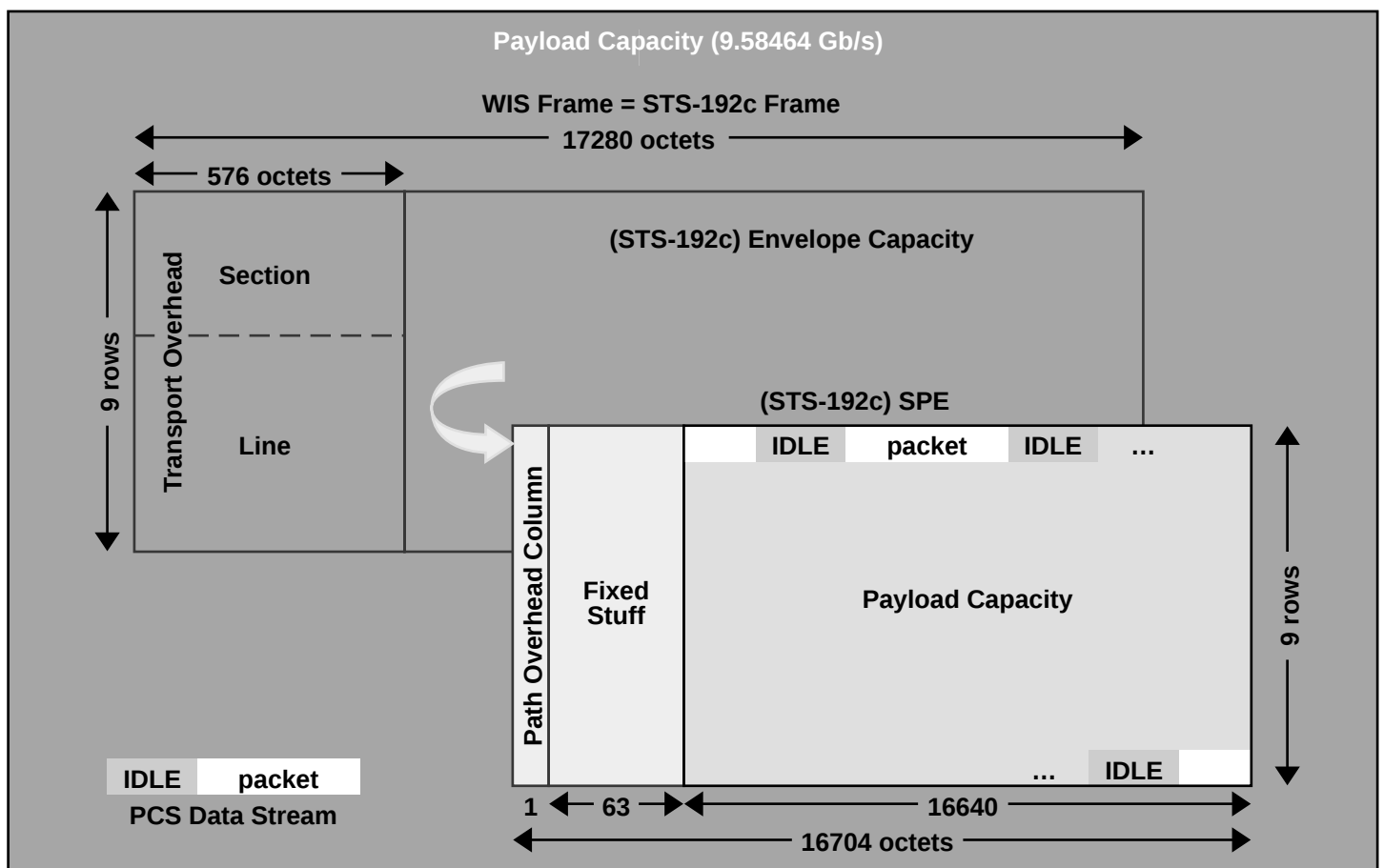


Wege werden durch das Path Terminating Equipment abgeschlossen. Diese Definitionen mögen umständlich erscheinen, aber man muss sich vor Augen halten, dass SONET-Systeme sehr große, leistungsfähige und komplexe Netze bilden und von daher eine Strukturierung hinsichtlich der benutzbaren Wege angebracht erscheint. Die Verteilung von PTE und LTE über bestimmte Geräte steht auf einem anderen Blatt. Der Regenerator besitzt keinen dynamischen Wirkpuffer, sondern eher eine Pipeline (je eine in jeder Richtung) mit fester Verzögerung. Der Sendetakt ist der aufbereitete Empfangstakt.

Der SONET Regenerator prüft den SONET Sektions Overhead. Wenn es notwendig wird, schreibt er auch den Sektions Overhead. Die Nutzlast, die Linien- und Weg (Path)- Informationen werden unmodifiziert durchgelassen. Aus verschiedenen Gründen im Rahmen der Nachrichtentechnik, Fehlersicherheit und Zuverlässigkeit werden die Nachrichtenströme nach einem bestimmten Muster verwürfelt, bevor sie auf die Glasfaser gehen und ebenfalls wieder entwürfelt. Verwürfelung und Entwürfe-

lung sind wichtige Standard-Funktionen des SONET-Regenerators. Zur Fehlerisolierung ist ein Regenerator in der Lage, die Output Sektion aktiv zu halten, auch wenn die Input-Sektion nicht mehr funktioniert. Man darf sich das nicht wie bei einem LAN vorstellen, bei dem Datenpakete erst erzeugt werden, wenn man sie benötigt. Ein SONET System erzeugt IMMER Datencontainer, egal ob nun Nutzinformation beinhaltet ist oder nicht. Es ist nach unserer alten Terminologie ein getakteter bidirektionaler Slotted Ring (bei SONET Rinsystemen) oder ein bidirektionaler Doppelbus wie DQDB, aber mit grundsätzlich anderer Funktionsweise. Wenn aber auf einer Eingangsleitung keine Datencontainer mehr kommen, die der Regenerator aufbereiten, zwischenverstärken und retimen könnte, erzeugt er eben selbst welche, damit es weitergeht. So können trotz eines Fehlers alle Datenströme, die von diesem Regenerator aus weiter transportiert werden müssen oder Datenströme, die durch in Vorwärtsrichtung liegende weitere Regeneratoren noch eingespeist werden, ungehindert weiter laufen.

IEEE 802.3ae WIS Frame Payload



10 Gigabit Ethernet

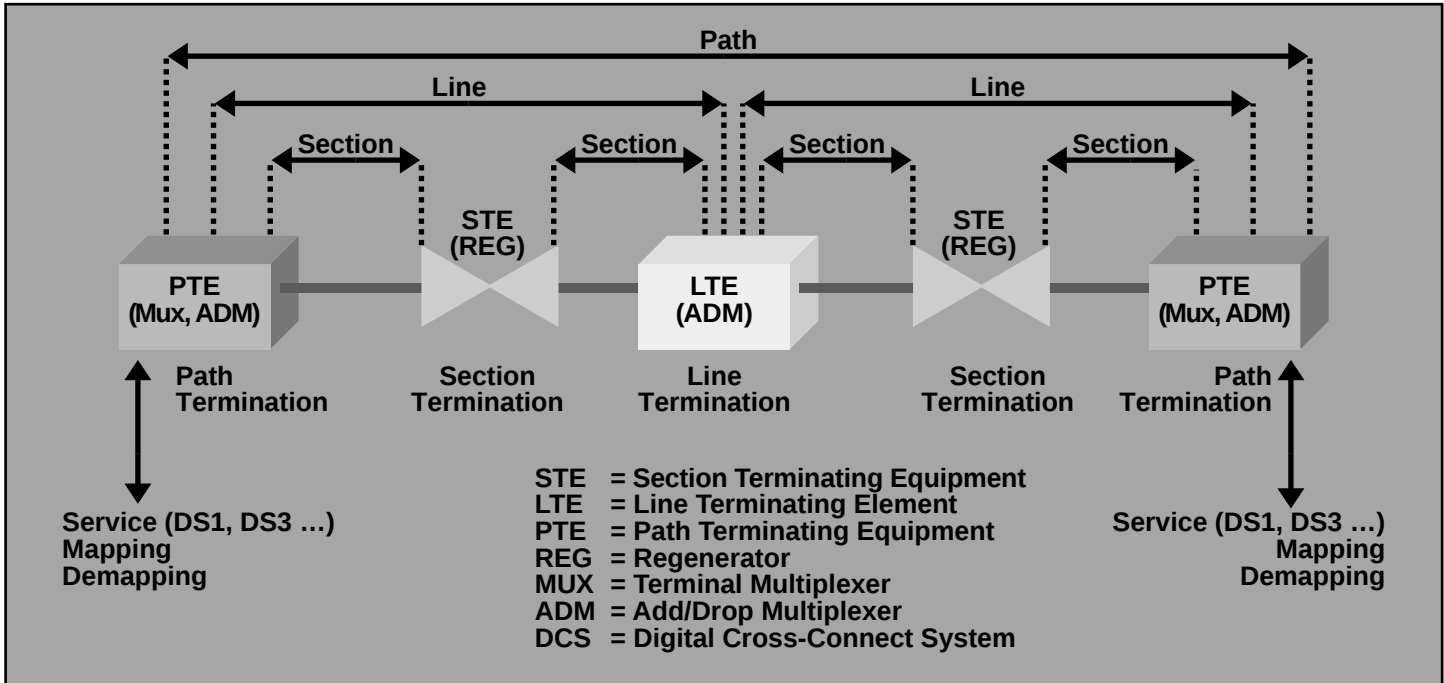


Bild 14 (oben): SONET Sektionen, Linien und Wege

Bild 15 (unten): WAN-PHY Layer Model

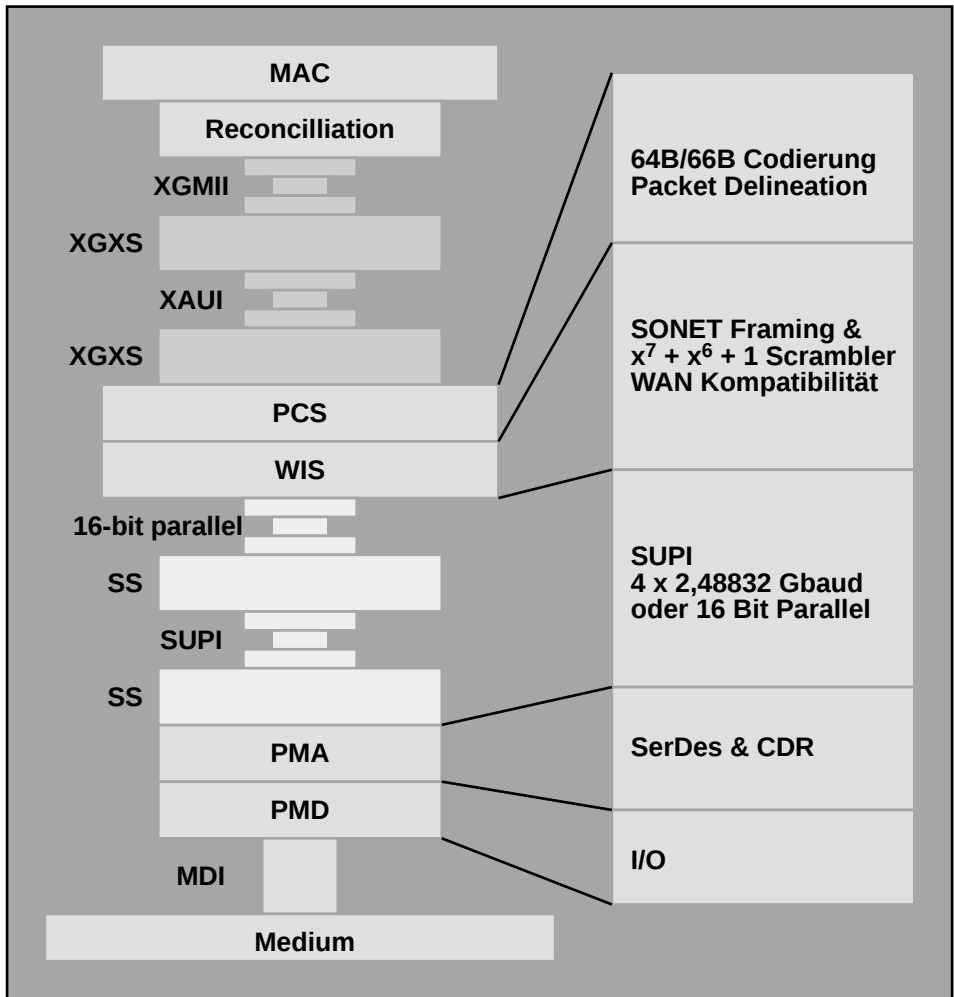
Ein SONET Line Terminating Equipment LTE hat zunächst einmal alle Funktionen eines SONET Regenerators. Außerdem ist es Endpunkt einer Linie und der zu dieser Linie gehörenden Sektion. Es arbeitet mit einer Formationstaktung und multiplext Wege (Paths) in eine Linie bzw. demultiplext die Informationen auf einer Linie in Wege. Ein LTE ist also ein Dual Simplex Path Multiplexer. Es übernimmt Schutz und Pflege für gemultiplexte Wege zwischen LTES.

Das SONET Path Terminating Equipment PTE ist der Endpunkt eines Weges der zu diesem gehörigen Linien und der wiederum zu diesen gehörigen Sektionen. PTE arbeitet mit einer lokalen Taktung und ist die Stelle, an der der SONET Path Overhead bearbeitet wird.

Ein SONET Transponder koppelt unterschiedliche optische PMDs "Rücken an Rücken", z.B. Wellenlänge 1 an Wellenlänge 2, Multimode-Fiber an Singlemode-Fiber oder 850 nm an 1300 nm. Er arbeitet im doppelten Simplex Modus. Es gibt passive und aktive Transponder.

Passive Transponder lassen alle Bits ungehindert durch.

Aktive Transponder sind ein Spezialfall des SONET-Regenerators und sind Endpunkte für eine Sektion und eine Linie.



10 Gigabit Ethernet

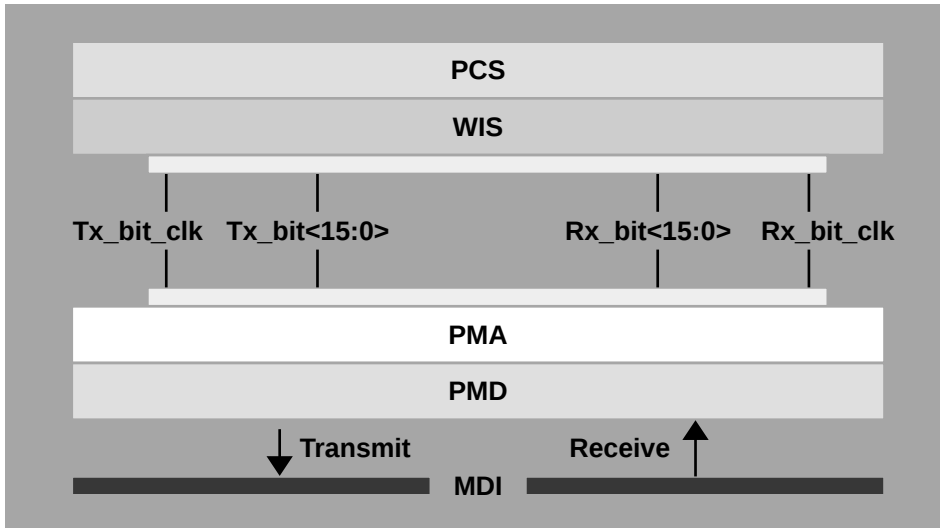


Bild 16 16-Bit parallel PMD Interface

2.4.2 Das WAN PHY Layer Modell

Das WAN-PHY Layer Modell muss gegenüber dem "normalen" LAN-PHY Modell nochmals erweitert werden. Wie beim LAN wird in der Physical Coding Sublayer eine 64b/66b-Codierung vorgenommen, die auch als Packet Delineation bezeichnet wird. Darunter kommt die WAN Interface Sublayer WIS mit dem SONET Framing und dem Verwürfler für die Kompatibilität

zu SONET. Die Schnittstelle zur Physik bildet das SUPI mit 4 X 2,48832 Gbaud oder eine 16 bit Parallelschnittstelle, das sog. OIF. Dann kommt erst die PMA Sublayer mit der Serialisierung und der Fehlerprüfung und schließlich PMD. SS steht für SUPI Sublayer

Die Anforderungen an die PMDs, also die physikalischen Schnittstellen zu den unterstützten Übertragungsmedien lassen sich wie folgt formulieren. Die Hauptanwendung

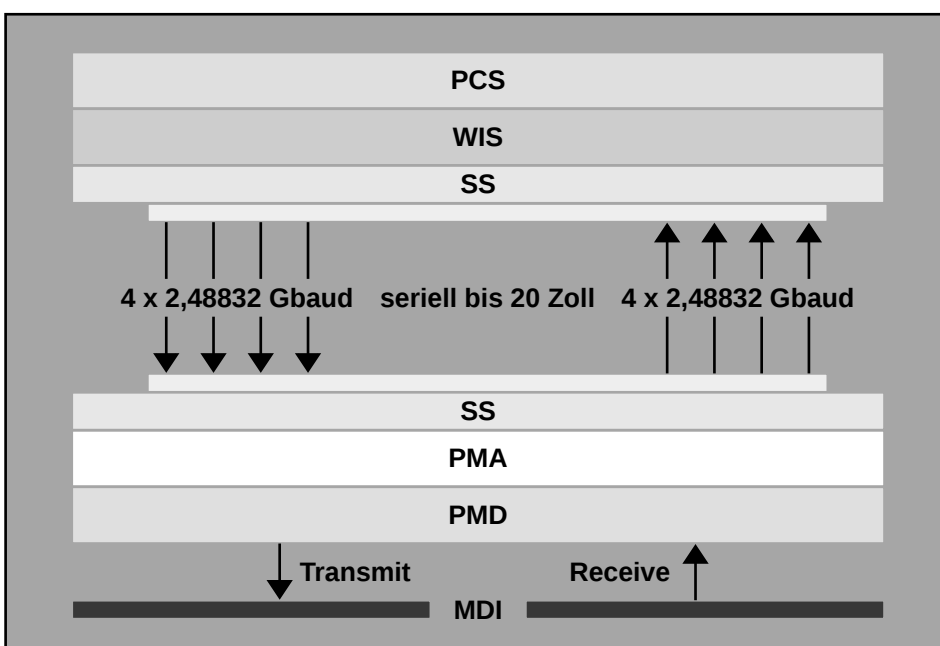
der WAN-PHY liegt eher bei der relativ kurzen Distanz, z.B. im Rahmen von hochvolumigen Tera-POP Anwendungen, Punkt-zu-Punkt-SONET-Verbindungen und dem Einschleifen in DWDM-Systeme. Durch Dark Fibers und MAN-Anwendungen werden jedoch auch längere Distanzen wichtig. Also muss man auch an WWDM-Systeme denken.

Das 16 Bit Parallelinterface unterstützt eine Vollduplex Send- und Empfangsfunktion mit einer Taktung von 622,08 MHz für die 16 Bit Worte. Das ergibt genau die Datenrate von 9,95328 Gbps. Herkömmliche SONET-Systeme benötigen eine solche Taktung, sonst können sie nicht arbeiten.

Bei der Sendefunktion wird das Taktsignal von der WIS erzeugt, auf dem Empfangswege kommt es aus der PMA-Subschicht. Das parallele PMD-Interface arbeitet mit kontinuierlichen Oktettsequenzen. Eine andere Form der Schnittstelle bietet das sog. SUPI als PMD Interface für WWDM.

Das SUPI hat die gleiche Schnittstellengestalt wie das XAUI mit vier parallelen, jeweils seriellen Leitungen für Senden und Empfang im Vollduplex, benutzt aber eine andere Codierung und Taktrate, weil man pro Leitung 2,48832 Gbaud Schrittschwindigkeit realisieren möchte. Die Datenwörter werden systematisch in Streifen geschnitten, um dem Übertragungsweg übergeben werden zu können. Jeder dieser Streifen wird auf einer der parallelen Leitungen übertragen. Dadurch kann man in weitem Maße Synchronisation herbeiführen, ohne wirklich komplizierte Maßnahmen ergreifen zu müssen. Bei einem so schnellen System ist eine geringe Komplexität an dieser Stelle einfach besonders wichtig.

Bild 17 SUPI (WWDM PMD Interface)



Der Scrambler sorgt für hohe Zufälligkeit der auftretenden Bitmuster. Dies ist nicht nur für die evtl. Wiederherstellung der Signalqualität besonders wichtig, sondern auch wie schon bei Gigabit Ethernet über Twisted Pair ein wichtiges Werkzeug zur Einhaltung des maximalen Frequenzspektrums für die Übertragung. Ein verwürfeltes Signal hat eine wesentlich bessere und gleichmäßigere Bandbreiteausnutzung als ein Signal mit statistischen Schwerpunkten. Alle 155520 Oktette wird der Scrambler wieder auf seinen Grundzustand zurückgesetzt. Der WIS Frame ist zwar kompatibel zu SONET, unterstützt aber nur einen minimalen Kontrolloverhead. Die Steuerung von SONET-Systemen kann mit eigenen Steuerpaketen Out of Band geschehen. Diese Variante wird hier vorgezogen. So kann ein 10 GbE-System niemals alleine einen SONET Ring bilden oder an einem

10 Gigabit Ethernet

teilnehmen, sondern bedarf immer einer zusätzlichen Steuerkomponente aus dem SONET-Umfeld. Dies ist eine besonders weise Entscheidung, da die überwiegende Anzahl der 10 GbE-Anschlüsse nicht direkt auf ein SONET-System führen wird. Viel wichtiger ist da die reibungslose Anpassung der Datenrate. Der WIS Frame erzeugt eine SONET-Sequenz von 155520 Oktetten mit der Dauer 125 Microsekunden. Sieht man den WIS Frame kompakt, so besteht er aus 17280 Oktetten zu 9 Zeilen. Davon sind 576 Oktette als Transport-overhead zu interpretieren, der Rest ergibt die Envelope-Transportkapazität des STS-192 (Synchrones Transport Signal). Der Envelope wird wiederum aufgeteilt in die Overhead Spalte für den Weg mit einem Oktett, einem festen Puffer von 63 Oktetten und einer eigentlichen Payload von 16640 Oktetten, welches einer realen Nutzdatenrate von 9,58464 Gb/s entspricht. Diese Payload wird dann mit den Ethernet-Päckchen gefüllt. Das hört sich alles reichlich kompliziert an, ist es aber nicht, weil SONET-Systeme einfach i.w. Ringe mit um-

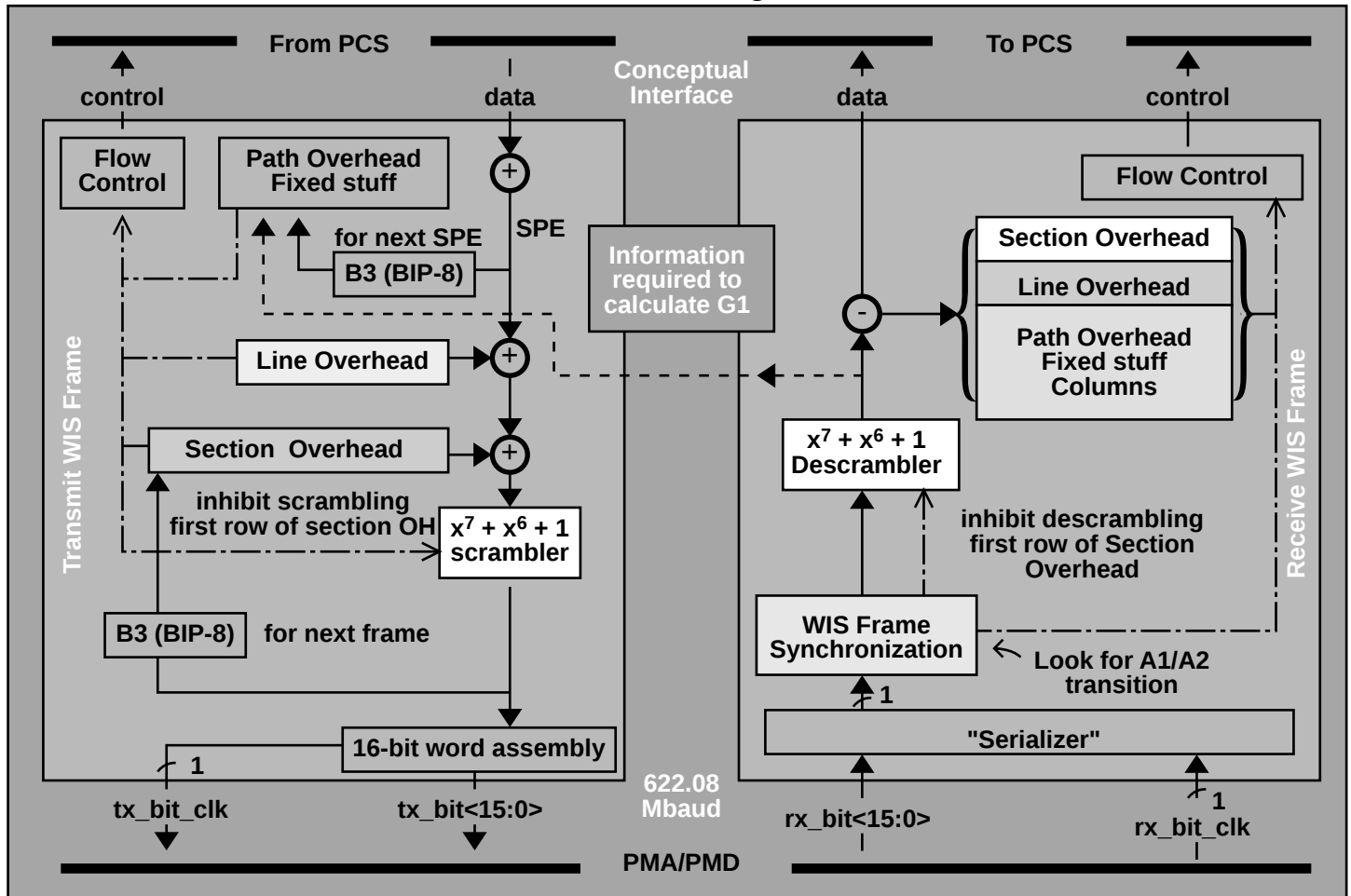
laufenden Containern sind, in die man Daten hineinwirft. Das funktioniert schon seit vielen Jahren und in einer Übergangszeit möchte man das auch für den WAN-Transport von Ethernet-Paketen im Rahmen des 10 GbE nutzen. Wegen der überaus hohen Geschwindigkeit kann man es sich aber nicht leisten, einen herkömmlichen Umsetzer zu benutzen, sondern die grundsätzlichen Funktionen müssen in der 10 GbE-Schnittstelle enthalten sein. Es ergeben sich so drei Sorten Overhead in der WIS, nämlich der Path Overhead, der Line Overhead und der Section Overhead. Die Begriffe zu Weg, Linie und Sektion wurden ja weiter oben schon erklärt. Stellen Sie sich bitte vor, dass ein SONET System mit seinen umlaufenden Containern eigentlich nichts anderes als eine riesige Raum/Zeitschalteneinheit ist. Eine Nachrichtenübertragung bedeutet, dass man eine Folge von Nachrichten auf eine definierte Folge von umlaufenden Containern abbildet. Es laufen aber viele Containerfolgen gleichzeitig nebeneinander und ein tatsächlicher Weg beinhaltet durchaus die

Möglichkeit, im Rahmen einer Übertragung von einer Containerfolge auf eine andere überzugehen. Eine SONET Schalteinheit ist ja gerade eine Raum/Zeitschalteneinheit die dies ermöglicht. Also muss man die Information darüber nachhalten.

Auch wenn es eigentlich eher unglaublich erscheint: für die modernen Backbones ist ca. 10 Gb/s eine relativ geringe, höchstens mittlere Datenrate. Also muss die Möglichkeit bestehen, viele Datenströme dieser Datenrate zu multiplexen. Dafür benötigen wir eine Möglichkeit, die gemultiplexten Ströme zu differenzieren. Und das ist im Section Overhead niedergelegt. Ein Empfänger kann in einem SONET System jederzeit verifizieren, ob der Datenstrom zum mit ihm in Kommunikation befindlichen Transmitter kontinuierlich ist. In diesem Zusammenhang gibt es eine Reihe von Fehlerkontrollmechanismen, die in die 10 GbE WAN-PHY ebenfalls übernommen werden. Um auf die Payload zu zeigen, müssen alle betroffenen Transceiver beliebige Pointer-Werte verarbeiten können.

Bild 18

WIS Referenz Diagramm



10 Gigabit Ethernet

Dies hilft aber auch beim Problem der negativen Pointer-Werte im Rahmen der Synchronisation, die z.B. dann entstehen können, wenn die Uhr des Empfängers schneller läuft als die des Senders. Jeder WIS Frame wird übrigens am Anfang durch eine feste, nichtverwürfelte Signalfolge einsynchronisiert. Trotz der generell takt-synchronen Arbeitsweise eines SONET-Systems ist das bei der hohen Übertragungsgeschwindigkeit zum Ausgleich von Laufzeitunterschieden nötig. Vielleicht ist es aber auch nur eine gewollte Reminiszenz an die Präambel des alten Ethernet. Soll also ein WIS-Frame übertragen werden, ist eine Reihe von Dingen notwendig. Zuerst müssen der Path Overhead und der sog. Fixed Stuff berechnet werden. Dann kommt der Line Overhead an die Reihe und schließlich der Section Overhead. Das Ergebnis wird dann bis auf die erste Spalte des Section Overhead verwürfelt und jeweils mit 16 Bit parallel zur PMA/PMD übertragen. Umgekehrt ist es dann genauso aufwändig, das empfangene Signal muss serialisiert werden, die WIS Frames müssen synchronisiert werden und die Packet Delineation muss stattfinden. Bis auf die erste Spalte des Line Overhead muss alles entscrambelt werden, dann müssen die Section Overhead, Line Overhead Path Overhead und Fixed Stuff extrahiert werden und die dann noch übriggebliebenen Oktette sind die Payload.

Hinsichtlich der eigentlichen Nachrichtenübertragungsverfahren gibt es keine weiteren Besonderheiten gegenüber den LAN-PHY, was die Palette anbetrifft. Allerdings sehen die Prioritäten hier anders aus, weil man eigentlich an Billig-Lösungen oder Beibehaltung alter Fasern wenig interessiert ist. Bevorzugt werden Lösungen, die Entfernungen von 20 oder 40 km über Single Mode Fiber unterstützen.

2.5 UniPHY

Es gibt eine Reihe von Teilnehmern des IEEE 802.3ae-Forums, die die Unterscheidung nach WAN-PHY und LAN-PHY nicht besonders günstig finden. Unter diesen ist auch die schwergewichtige Firma Cisco Systems. Von Cisco kam im März 2000 der Vorschlag für die sog. UniPHY. Es gibt so viele vernünftige Argumente für diese UniPHY, dass wir sie hier näher vorstellen.

Die UniPHY ist eine PHY-Architektur, die die serielle Übertragung sowohl für WAN als auch für LAN-Zwecke definiert. Im LAN wird die Datenrate 10,000 Gbps, im WAN

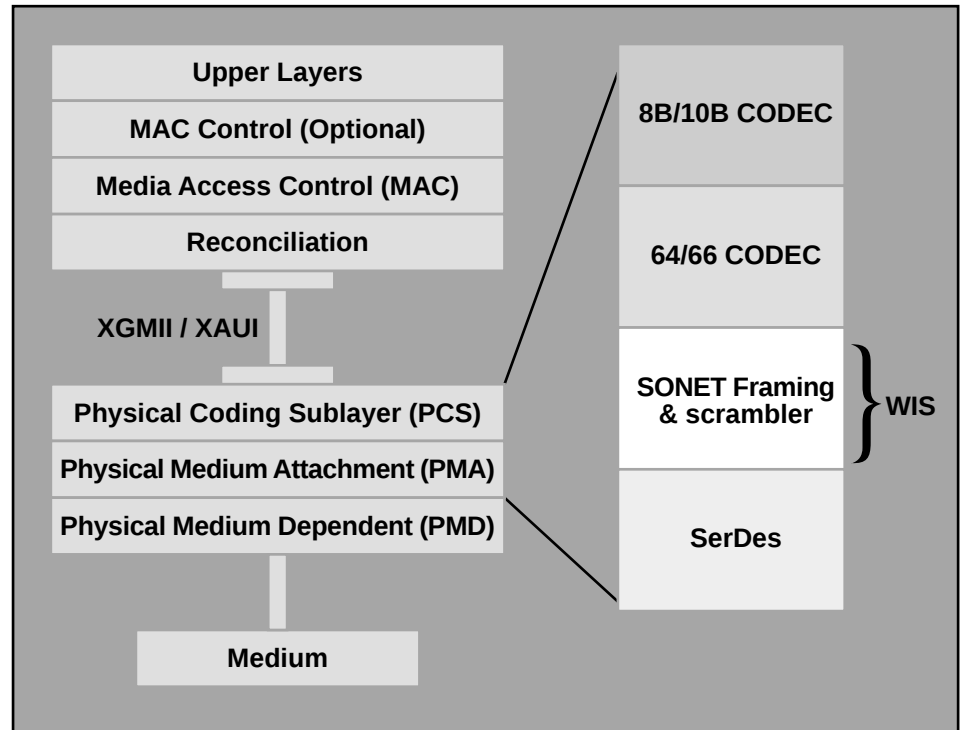


Bild 19

UniPHY Vorschlag, Referenzmodell

die Datenrate nach OC-192c/SDH VC-4-64c unterstützt. Mit einer LAN-PHY sollen die existierenden Unternehmensnetze mit minimalen Kosten und minimaler Komplexität und größter Kompatibilität zu 1,100 und 1000 Mbps-Lösungen aufgerüstet werden können, während die WAN-PHY dazu dient, die Ethernet Pakete mit der hohen Geschwindigkeit über eine bereits gewachsene WAN-Infrastruktur zu schaffen. Kernpunkte der Seriellen LAN-PHY sind die 8B/10B, sowie die 64/66 Codierung mit anschließender Serialisierung. So ergibt sich ein geringer Overhead mit einer Signalarate von 10,3125 Gbaud, robuste Frame Delimiter, Raum für die spätere Einführung spezieller Codierungen, eine geringe Komplexität für die Codierung und Decodierung sowie eine ausgeglichene Übertragungscharakteristik. Der Vorschlag zur UniPHY sieht nun einfach vor, zwischen 64/66 Codec und Serialisierer/Deserialisierer einfach das SONET Framing und das Scrambling zu packen, eben die WIS Sublayer.

Die WIS wird aktiviert, wenn das Gerät an ein WAN angeschlossen wird und übergegangen, wenn man im LAN arbeitet. Die WIS übernimmt SONET Framing, SONET Overhead Bearbeitung und das Verwürfeln, kurz alles das, was wirklich benötigt wird, um die Serial LAN PHY an einer WAN-Schnittstelle arbeiten zu lassen. Die

UniPHY hat robuste Frame Delimiter, einen robusten Verwürfler, genug Platz für nachträgliche Einbringung spezieller Codierungen und eine geringe Komplexität für Codierung und Decodierung. Auf dem Weg ins WAN können große Teile der LAN-Schaltkreise mitbenutzt werden. Die PHY braucht nichts über Frame-Längen zu wissen und auch keine Präambeln zu überschreiben. Die Anzahl der Schaltkreise kann so dramatisch reduziert werden und im Verlauf der Großserie den Fortschritten der Schalteistechnologie und der Integration der optischen Schaltkreise angepasst werden.

Besonders interessant ist schließlich die Frage der sog. Rate Adaption, der Anpassung der Datenraten, denn immerhin sollte ein 10 GbE-System zwei doch recht unterschiedliche Datenraten unterstützen. Hier haben sich dann außer Cisco noch weitere Firmen mit Vorschlägen eingeschaltet. Die Ratenanpassung findet zwischen der Reconciliation und der PCS statt, und zwar über XGMII, XAUI via XGXS hinweg. Es gibt hier verschiedene Vorschläge für die Anpassung der Rate, die noch nicht völlig ausdiskutiert sind.

Fassen wir nochmals zusammen: der LAN MAC PLS Service arbeitet mit genau 10,000 Gbps, die WAN PHY ist so ausgelegt, dass die OC-192c/SDH VC-4-64c Ra-

10 Gigabit Ethernet

te unterstützt wird, wie sie exakt heißt, und das bedeutet für die UniPHY, dass die verfügbare Nutzdatenrate bei 9,29429 Gbps liegt. Das ist immerhin eine Differenz von 7,8% und mehr, als die allermeisten heute

installierten Systeme insgesamt leisten. Wir sprechen hier also über ein ernst zu nehmendes Problem.

Es gibt fünf Kandidaten für ein Verfahren:

- Clock Stretching
- Word Hold
- Busy Idle
- Open Loop
- Frame based

Bild 20

Serielle LAN PHY

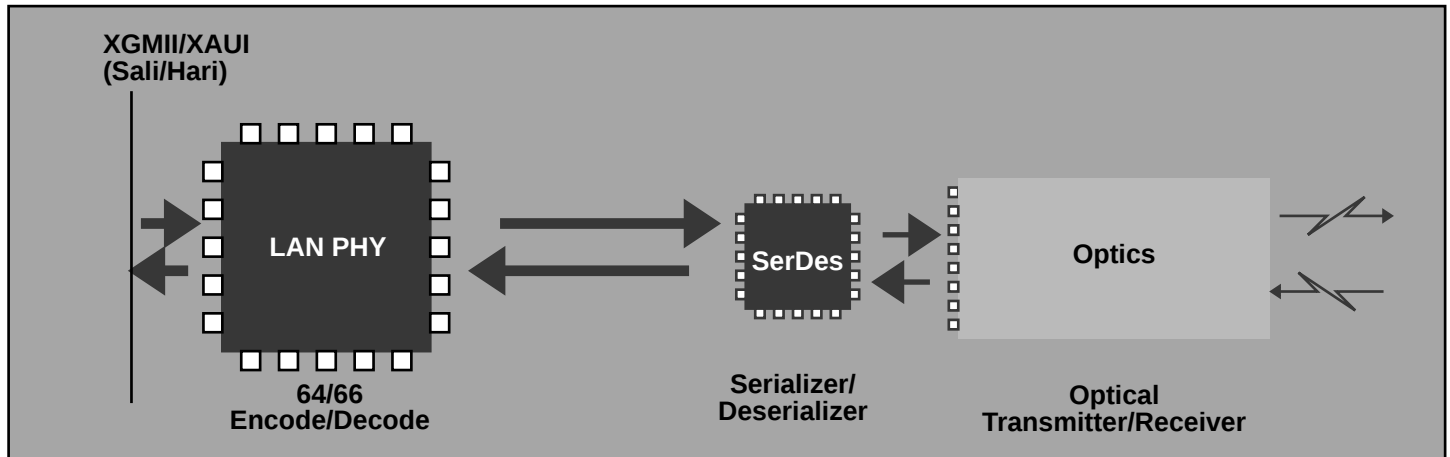


Bild 21

UniPHY = LAN PHY + WIS

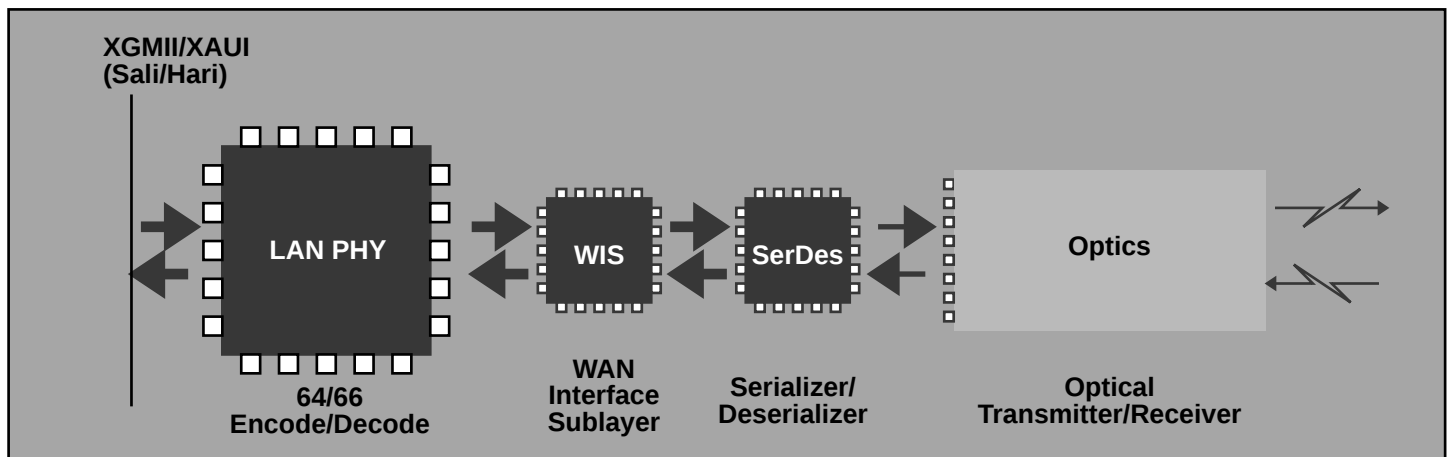
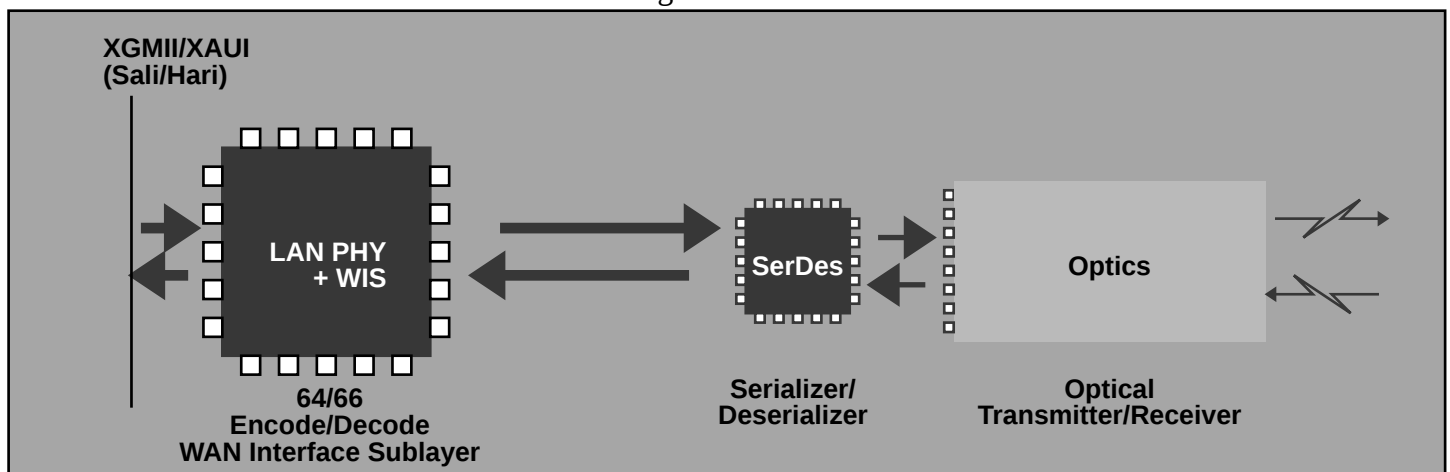


Bild 22

Integrierte UniPHY



10 Gigabit Ethernet

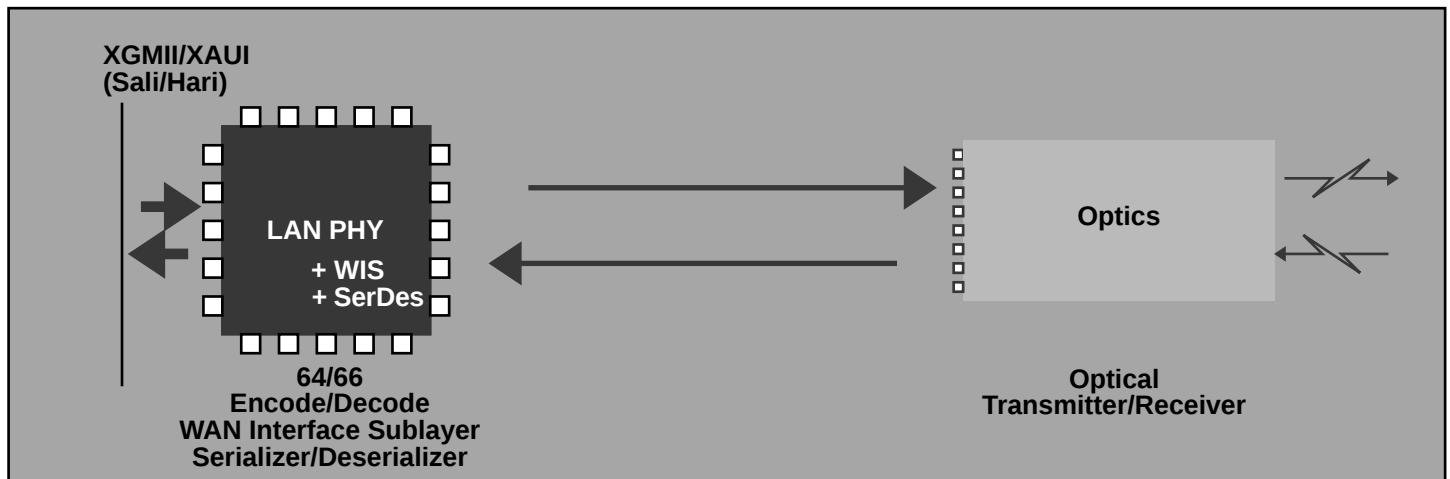


Bild 23

vollintegrierte UniPHY

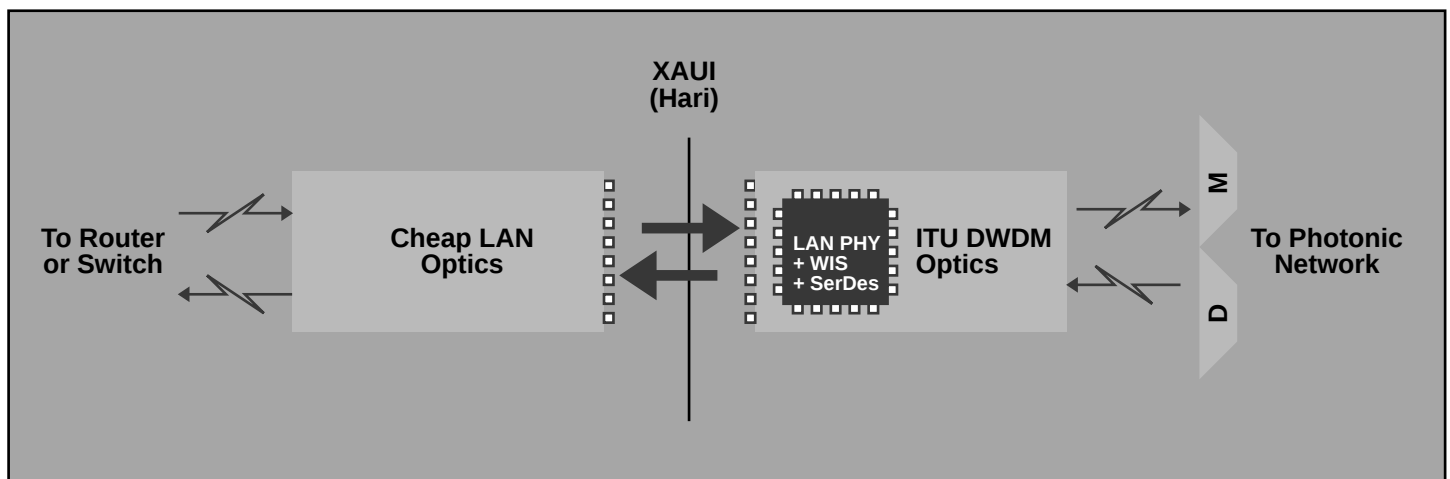


Bild 24

DWDM Transponder

Beim Clock Stretching werden an der XGMII die Sende und Empfangs-Taktreferenzsignale auseinandergezogen bzw. man lässt einen Zwischenraum. Vorteile des Verfahrens sind seine Präzision, kein Bedarf für Extra Pins, ein sehr geringer Bedarf an Zwischenspeicher, die Ratenkontrolle durch die PHY und die Möglichkeit, in einem weiten Bereich von Datenraten eingesetzt werden zu können. Nachteilig ist das komplizierte Timing, die Ergänzung des Datenflusses um einen Interrupt-Fluss, was besonders bei Pipelines störend wirkt und eine Erschwerung der Vorausreservierung von Puffer. Außerdem arbeitet das Verfahren nicht mit XAUI zusammen.

Word Hold fügt Signale zur XGMII hinzu, um den MAC Sender bzw. Empfänger anzuhalten. Auch dieses Verfahren ist präzise

se und benötigt wenig Speicher und ist über einen weiten Bereich von Datenraten anwendbar. Allerdings benötigt man extra Pins und hat mit einem schwierigen Timing zu tun. Auch alle anderen Nachteile des Clock Stretching bleiben, wie schwierige Pufferreservierung. Auch dieses Verfahren arbeitet nicht mit XAUI.

Bei Busy Idle sendet die PHY ein normales Idle, wenn sie Daten akzeptieren kann, und das sog. Busy Idle, wenn sie möchte, dass die MAC langsamer wird, worauf diese die Annahmegeschwindigkeit von Datenpaketen an der MAC-Grenze senkt. Das Verfahren ist präzise, man braucht keine extra Pins, die PHY kontrolliert die Rate, das Verfahren arbeitet sowohl mit XGMII als auch mit XAUI und man kann es für einen weiten Bereich von Datenraten benutzen. Man braucht allerdings in

der PHY einen kleinen Zwischenspeicher von ca. 700 Bytes und beschränkt leider die maximale physische Distanz zwischen MAC und PHY.

Bei Open Loop verlängert die MAC ihre Inter Frame Gap proportional zur Länge des Paketes, welchem die IPG gerade voransteht. Es arbeitet mit XGMII und XAUI, braucht keine Extra Pins, die Datenrate wird von der MAC kontrolliert und das Verfahren ist nicht empfindlich gegenüber Distanzen zwischen MAC und PHY. Allerdings ist es eher unpräzise, man braucht einen kleinen Zwischenspeicher von ca. 600 Bytes in der PHY und es kann nicht an weitere Datenraten angepasst werden. Die MAC muss die benötigte Datenrate a priori wissen und es ist natürlich eine interessante Frage, wie sie an diese Information kommt.

10 Gigabit Ethernet

Bei einer Frame-basierten Lösung generiert die PHY Pausen Frames mit dem Timer Wert XON oder XOFF. Diese letzte Alternative benötigt keine extra Pins und arbeitet mit einem wohlbekannten Mechanismus. Das Verfahren ist bei den allermeisten Gigabit MACs ohnehin bereits implementiert und arbeitet XGMII und XAUI, wobei die PHY die Rate kontrolliert.

Nachteilig ist, dass man die PHY und MAC Rate Control bzw. Ende-zu-Ende Flusskontroll-Frames gut auseinander halten muss, weil es sonst Durcheinander geben könnte. Man benötigt einen relativ kleinen FIFO Speicher von ca. 800 Bytes in der PHY, aber einen recht großen logischen Funktionsumfang in der PHY.

Nach heutigem Stand haben Open Loop und Busy Idle die Nase vorne.

2.6

XAUI, XGSS und XGMII

Die Schnittstellen XAUI, XGSS und XGMII erscheinen auf den ersten Blick kompliziert und überladen. Eigentlich sind sie das auch, aber man muss berücksichtigen, dass man über diese Schnittstellen, die ja letztlich in Kupfertechnik ausgeführt werden, insgesamt 20 Gbps im Vollduplex jagt.

Effekte wie Jitter, die bei "normalen" LANs erst im Bereich mehrerer Dutzend Meter auftreten, können hier schon auf wenigen Zentimetern Kabel erheblichen Ärger bereiten. Man benötigt also tatsächlich an dieser ja eigentlich inneren Schnittstelle aufwenige Retiming-, Fehlerkontroll-, Synchronisations-, Resynchronisations und Jitter-Unterdrückungsmechanismen, und zwar allesamt so, dass sie auf den laufenden Datenstrom angewendet werden können.

Die Schnittstellen sind in sog. "Lanes" viergeteilt, das hat den simplen Grund, dass man mit heutiger integrierter Technologie zu einem vernünftigen Preis nur Integrierte Schaltungen bauen kann, die bis ca. 3-4 Gigabit/s am laufenden Signal bearbeiten können. Es führt hier nicht besonders weiter, wenn wir allzuvielen Details nennen, aber die grundsätzlichen Ideen sind schon ganz faszinierend.

Die ursprüngliche Schnittstelle ist das XGMII. Sie hat aber eine Reihe von Problemen, so dass sie um XAUI erweitert wurde. Ich denke nicht, dass sich bis zur Verabschiedung des Standards an dieser Stelle besonders viel ändern wird.

GMII ist ein Vorschlag für die Schnittstelle zwischen MAC und PHY. Es ist eine Parallelschnittstelle, die eher eingebettete Steuersignale und Begrenzer verwendet als mit zusätzlichen Steuersignalen zu arbeiten. Die Schnittstelle soll primär die MAC/PLS Datenrate auf nunmehr 10 Gbps anheben, aber gleichwohl auch langsamere PHYs unterstützen. Für Sendung und Empfang werden jeweils 32 Datenbits, 4 Kontrollbits und ein Taktsignal vorgesehen. Pro Byte, das übertragen wird, gibt es ein Kontrollbit. Dadurch möchte man die Schnittstelle in Geschwindigkeit und Bandbreite skalieren. Steht das Kontrollbit auf 1, so werden gerade Begrenzungszeichen und spezielle Zeichen übertragen. Steht es auf Null, so handelt es sich um normale Daten. Begrenzer und spezielle Zeichen umfassen z.B. IDLE während der Inter-Packet Gap oder wenn es sonst keine Daten zu senden gibt, SQP für die Anzeige des Beginns eines Paketes, EOP für die Anzeige des Endes eines Paketes und ERROR, wenn man einen Fehler im empfangenen Signal entdeckt. Delimiter und Spezialzeichen werden durch den Wert des 8-Bit Datenbündels bei korrespondierendem Kontrollbit "1" differenziert.

Die Datenrate der MAC/PLS wird dadurch erreicht, dass man für die 32 Bit Worte eine 156,25 MHz Taktung vornimmt. Die MAC/PLS-Schnittstelle läuft mit 10,0 Gbps. Um langsamere PHYs wie OC 192 zu ermöglichen, müssen Bremsmechanismen wie Word Hold von PHY zu MAC und Nullzeichen eingefügt werden. Die Anzahl der Nullen gibt dann den Bremsfaktor an. Aber es gibt ja dafür wie bei der WAN-PHY schon angemerkt, weitere Alternativen. Um eine effiziente Arbeitsweise der MAC zu ermöglichen, sollten Sende- und Empfangs-Frames an Wortgrenzen ausgerichtet werden. Die MAC überträgt dann die ganzen Frames, die an den Wortgrenzen ausgerichtet wurden. Eingehende Frames werden von der PHY für den Transfer über die XGMII ausgerichtet. Durch die Gesamtkonstruktion von XGMII und PCS wird während der gesamten Übertragung eine Wortorientierung durchgehalten. SOP, SFD, Preamble und IPG-Symbole sollten ein 4 Bytes (ein Wort) groß sein.

Ende 1999 wurden die Ziele der XGMII dahingehend erweitert, dass sie nicht nur eine Standard-Schnittstelle zwischen MAC und PHY, sondern auch zwischen PHY und PMD werden soll.

Dadurch könnte sie auch in anderen Zusammenhängen wie Fibre Channel be-

nutzt werden. Die PMD-Schnittstellen können unterschiedliche Komplexität haben.

Hier kommt jetzt die Idee der "Lanes" zum Tragen, bei denen die 32 Bit-Datenwege in vier 8-Bit Lanes aufgeteilt werden, die jeweils ein Kontrollbit besitzen. Es wird jetzt also alternativ eine PARALLELE oder eine SERIELLE Schnittstelle angeboten.

Die parallele Schnittstelle ist wie schon oben beschrieben. Die Signale haben eine Spannung von 1,25 V auf der Schnittstelle, die mit einer Impedanz von jeweils 50 Ohm betrieben wird.

Die serielle Schnittstelle arbeitet mit den vier unterschiedlichen Wegen und liefert 4X 2,5 Gbps Sende- und Empfangssignale, sowie eine Taktreferenz für die PMD. Es werden zusätzliche Management-Leitungen eingeführt, die der Steigerung der Gesamt-Stabilität dienen. Auf der seriellen Schnittstelle wird eine 8B/10B NRZ-Codierung benutzt, weil man diese Codierung kennt und sie oft implementiert und robust ist.

Sie ist in den IC-Techniken wie CMOS, BiCMOS und SiGe einfach zu implementieren und ist elektrisch gut ausbalanciert. Die Signalisierungsrate ist 3,125 Gbaud, das liegt an der Grenze des in 0,25 Micron CMOS-Technik Machbaren.

Bytes werden von der Parallelschnittstelle unmittelbar abgebildet und codiert. In der Praxis müssen die Lanes identifiziert werden, z.B. durch eine Farbcodierung. Eine serielle PMD, die die vier Lanes multiplext und demultiplext, kann die Zuordnung durch einfache Steuersignale vornehmen.

Man sieht bei der Schnittstelle eine erstaunlich große Toleranz in der Taktung vor, die umgerechnet etwa bei 2,5 bits pro 1518 Byte Ethernet Paket liegt. Die minimale Transmit Inter Packet Gap ist 12 Bytes, wobei Transmitter durchaus längere Zwischenräume produzieren können. Für den Empfangsweg kommt man mit einem Minimum von 4 Bytes aus. SOP (S) ist nicht in der IPG enthalten, weil es das erste Byte der Ethernet-Präambel ersetzt. EOP (T) ist allerdings drin.

Insgesamt möchte man das Management-Protokoll aus 802.3u Clause 22 wieder benutzen und lediglich neue Bits für die höhere Übertragungsgeschwindigkeit definieren. Die XGMII bietet mit der erweiterten Spezifikation die Möglichkeit der Benutzung unterschiedlicher Datenraten ohne komplizierte zusätzliche Codierung, Steuerung oder Überwachung.

10 Gigabit Ethernet

Mit den beiden Schnittstellen, also einmal der 10 Gbps Parallelschnittstelle und zum anderen der 4 X 2,5 Gbps Seriellen Schnittstelle hat man für die unterschiedlichen Übertragungsalternativen wie serielle Übertragung oder WDM usw. eine hohe Gestaltungsflexibilität.

Beide Schnittstellen können in Geschwindigkeit und Datenbreite skaliert werden ohne die Protokolle zu ändern. Außerdem kann man sie auch kombinieren, so z.B. zwischen MAC und PCS/PMA eine parallele und zwischen PCS/PMA und PMD eine serielle Schnittstelle verwenden.

XAUI ist das 10 Gigabit eXtended Attachment Unit Interface. Es basiert auf den früheren "Hari"-Vorschlägen und wir referenzieren hier auf die konsolidierte Version vom März 2000.

XAUI ist eine selbsttaktende Schnittstelle mit vier parallelen "Lanes", wie man in diesem Zusammenhang die Datenwege genannt hat. Jede Lane hat eine Schrittgeschwindigkeit von 3,125 Gbaud durch die 8B/10B Codierung.

Die Architektur ist von der PHY und dem Protokoll unabhängig. So entsteht eine übersichtliche Implementierungsmenge für die Realisierung in CMOS, BiCMOS oder SiGe-Technologie. Die XGMII-Daten von und zu der PCS werden unmittelbar abgebildet. Die Reichweite der XGMII wird erhöht. Durch die Schnittstelle mit einer geringen Pin-Zahl erreicht man eine hohe Flexibilität in der Implementierung. Es wird ein Link-Design mit getrennten Jitter-Domänen unterstützt. Das Modell beinhaltet die Installation eines Agenten für MultiChannel PHYs, damit diese gegenüber seriellen PHYs nicht benachteiligt werden.

Die Selbsttaktung eliminiert die Notwendigkeit für eine getrennte Hochgeschwindigkeits Schnittstellen Taktung.

Die mögliche Leitungslänge wird durch XAUI von den 7 cm des XGMII auf ca. 50 cm erweitert. Man braucht gegenüber der XGMII mit ihren stolzen 74 Drähten (2 Sets mit 32 Daten, 4 Control und 1 Clock) nur 16 Drähte (2 Sets mit je 4 Paaren) und bekommt die Möglichkeit, durch die Selbsttaktung den Jitter völlig einzudämmen, was bei XGMII nicht möglich ist, weil es keinerlei Methoden zur Jitter-Dämpfung aufweist.

Das XAUI sitzt im Schichtenmodell zwischen den beiden XGXS, den XGMII Extender Sublayern.

Der Vorschlag ist, XGMII als standardisierte Instanz der PCS Dienstschnittstelle und der Reconciliation Sublayer Schnittstelle zu definieren. XGXS und XAUI wären dann optionale Erweiterungen. XAUI wäre dann die standardisierte Instanz der XGXS Dienstschnittstelle, während die Schnittstelle zwischen PCS und XGXS keine standardisierte Instanz hat, sondern implementierungsabhängig bleibt.

Die MultiChannel PHYs wie WDM und parallele Optische Übertragung könnten dann geschickterweise so definiert werden, dass sie das XGXS Codec und den XGXS Serialisierer als ihre PCS/PMA benutzen. Das wäre ein Durchbruch bei der Frage der Verteilung der zu integrierenden Elemente.

Die XGXS Funktionen benutzen den 8B/10B Übertragungscode. Entlang der vier unabhängigen seriellen "Lanes", die die Nummern 0,1,2 und 3 bekommen, werden die Daten spaltenweise in Streifen geschnitten. XGXS übernimmt dann die Synchronisation der Lanes und der Schnittstelle für diese Art Link. Für die Link Initialisierung benutzt man ein Ruhemuster. Von Lane zu Lane muss eine "Begradigung" der Signale durchgeführt werden, damit sie am Ende der Strecke nicht völlig durcheinander laufen. Toleranzen bei der Taktung müssen ausgeglichen werden.

Schließlich muss die XGXS für robuste Paket-Delimiter und eine hochgradige Error Control sorgen, damit sich Fehler nicht (mit dieser hohen Geschwindigkeit!!) ausbreiten. Die Basis Code Gruppen werden so gestaltet wie bei Gigabit Ethernet. Neben den Daten in Datenpaketen gibt es Steuerbefehle. Align begradigt die Laufzeitunterschiede zwischen den Lanes durch die Ausrichtung der Code-Gruppen. Synch sorgt für die Synchronisation und fügt Leerzeichen ein, falls dies notwendig ist. Skip kompensiert die Unterschiede in den Taktuhren. Start sagt, dass das Paket jetzt beginnt und identifiziert die Lane 0. Terminate gibt an, dass das Paket jetzt zu Ende ist. Error entsteht, wenn ein Fehler erkannt wurde oder sonst wie auftritt.

Außerdem gibt es noch weitere Codegruppen, die jenseits dessen liegen, was man bei 1 GbE hat, z.B. für weitergehende Synchronisation und Clock Toleranz Kompensation.

Die XGMII Daten werden durch die XGXS direkt auf die PCS abgebildet. Sie sind in 32 Bit Worte mit einem Kontrollbit pro Byte organisiert. Die XAUI Link Synchronisation

für die vier Lanes ist ein fünfstufiger Prozess, bei dem erst alle vier Lanes einzeln synchronisiert und dann zusammen eingereiht werden. Wird die Synchronisation auf einer Lane verloren, so ist die gesamte Synchronisation auf der XAUI weg.

Die Synchronisierungs-Akquisition funktioniert so wie bei Gigabit Ethernet. Es wird eine Hysterese für das Auffangen einer falschen Synchronisation oder den Verlust von Synchronisation wegen Bitfehlern etabliert. Danach wird provisorisch synchronisiert und schließlich auf einen Mittelwert eingestellt. Diese Link Synchronisation ist schnell, zuverlässig und klar. Die Begradigung von im Rahmen der vier Lanes gegeneinander verschobenen Signalelementen erfolgt durch spezielle Alignment Codezeichen.

Die XGXS liefert Jitter und Rauschisolation durch Retiming oder die Dämpfung des Jitters durch die Benutzung eines Repeaters hoher Qualität. Das Retiming ist dabei optional. Der Ausgleich von Clock-Toleranzen erfolgt dadurch, dass Idle-Muster vom Datenstrom weggenommen oder zu ihm hinzugefügt werden.

In den Idle Stream kann man sogar eigene Skip-Spalten einsetzen. Skip wird für jede Lane einzeln gebraucht. Die Clock Toleranz für ein 1518 Byte Paket bei ± 100 ppm ist 0,76 UI/lane. Für den Fall, dass keine Skip Spalte für die Entfernung zur Verfügung steht, reicht es für die Elastizitätspufferung, ein paar Bytes zu warten.

Pakete, in denen Fehler entdeckt wurden, müssen verworfen werden. Man kann dazu entweder die Code-Verletzungs-Information aus der 8B/10B-Codierung weiterverarbeiten oder spezielle Codegruppen zur Weiterleitung der Informationen über Fehler benutzen.

Die Signalisierung der Fehler ist eine Funktion der einzelnen Lanes, da die Disparität pro Lane geprüft wird. Die XGXS prüft die empfangenen Pakete hinsichtlich stimmiger Information. Die Regeln zur Reaktion im Falle von Fehlern sollten von PHY und dem Protokoll unabhängig sein. Die elektrische Schnittstelle basiert auf einem wechselspannungsgekoppelten Differenzial-Interface. Der Transmitter kann Equalizing benutzen solange dies im Rahmen der Empfängerspezifikationen bleibt. Der Transmitter sendet zwischen 500 und 800 mV, der Empfänger verträgt einen Bereich zwischen 175 und 1000 mV. Bei 50 Ohm beträgt der Verlust 9,1 dB, die Impedanz liegt um 100 Ohm.

10 Gigabit Ethernet

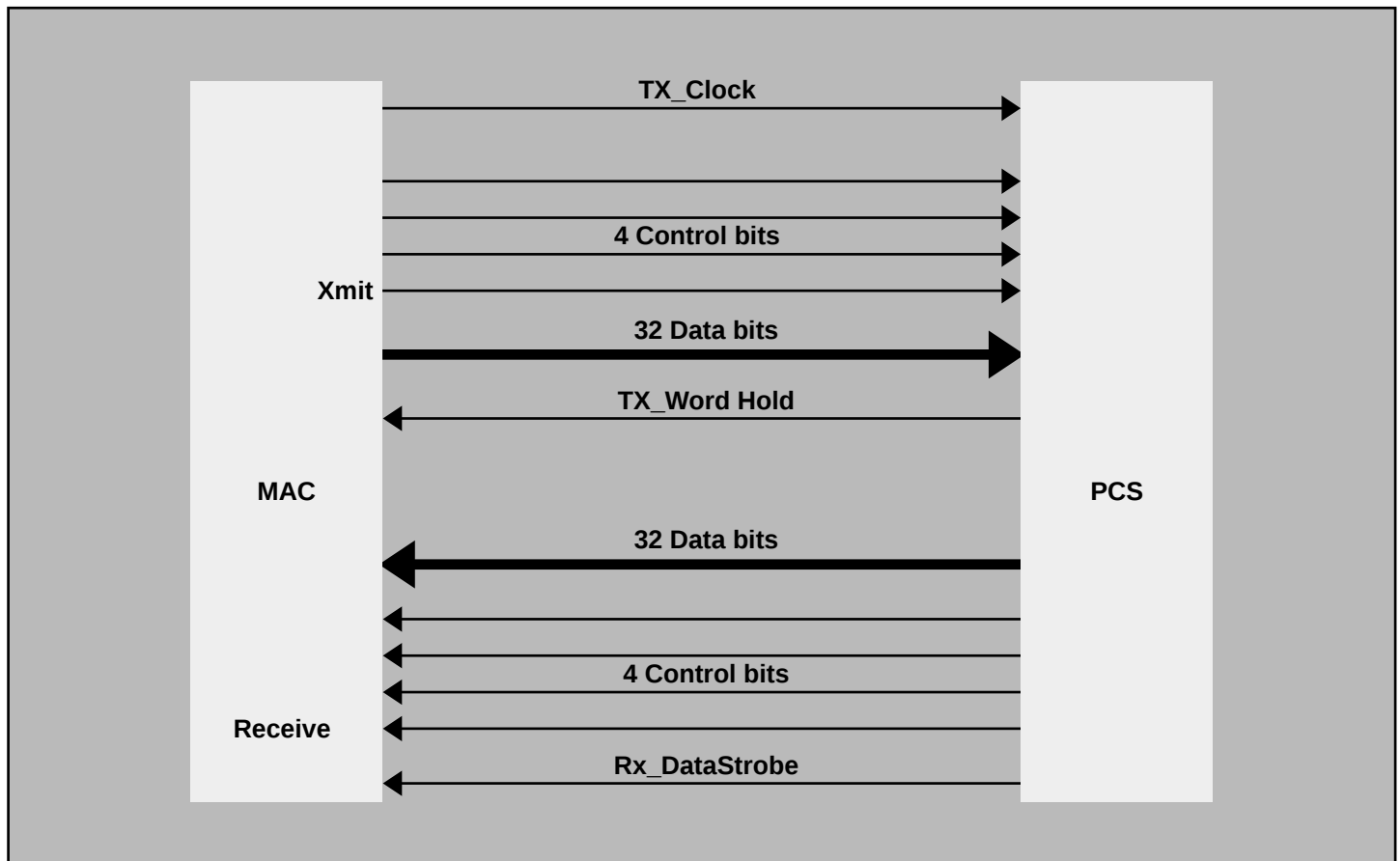


Bild 25

XGS/XAUI Referenz-Diagramm

Das gesamte Zusammenspiel der Komponenten zeigt sich nochmals im XGXS/XAUI Referenz-Diagramm.

2.7 Status Mitte 2000

Man diskutiert z.Zt. vier verschiedene Alternativen für physikalische Übertragungssysteme im neuen 10 GbE-Standard:

- Reine 10 Gigabit-Übertragung mit der Wellenlänge 1550 nm und einem "Extended Reach" Laser mit höherer Leistung als üblich. Auf einer guten Single Mode Glasfaser können so Distanzen von 40 km und mehr überwunden werden.
- Reine 10 Gigabit-Übertragung mit der Wellenlänge 1300 nm und einem Laser mit herkömmlichen Leistungsmerkmalen. Auf einer guten Single Mode Glasfaser können so 10 km überwunden werden.

- 10 Gbps-Übertragung aufgespalten auf vier Kanäle mit jeweils 2,5 Mbps Übertragungsleistung. Jeder dieser Kanäle benutzt einfache preiswerte Laser von CD-Player-Bauart und -Qualität. Auch hier wird als Wellenlänge 1300 nm angegeben. Man benötigt vier parallele Leitungen für eine Richtung, also insgesamt acht für eine Vollduplexübertragung. Dafür kommt man aber auch mit Multimode-Fiber aus und kann Distanzen von ca. 300 m überwinden. Diese Variante ist ein Angebot für diejenigen Unternehmen, die in ihren Steigbereichen keine Monomode-Faser verlegt haben und die auch nicht wollen. Das dürften die allermeisten sein.

- 10 Gbps auf WDM Mehrkanaltechnik um 850 nm auf Multimode-Fasern, aber leider nur bis 200 m

Diese vier in Preis und Leistung sehr unterschiedlichen Techniken zeigen, dass man 10 GbE sowohl im MAN, als auch im klassischen LAN und SAN positionieren

möchte.

Technologisch hat man eigentlich keine besonderen Probleme zu erwarten, weil die elektrooptischen Switching Fabrics schon in ganz andere Leistungsbereiche vorgestoßen sind. Man verzichtet auf Betrachtungen zu Mehrfachzugriff und standardisiert einfaches dediziertes Switching. Deshalb ist es auch durchaus realistisch anzunehmen, dass der Standard in 2002 fertig sein wird, erste Produkte aber schon in 2001, oder sogar zum Ende des Jahres 2000 vorgestellt werden können. Die Standardisierung liegt genau im Zeitrahmen.

Man rechnet deshalb damit, dass schon zum Ende des Jahres 2000 erste Carrier und Service Provider 10 GbE einsetzen werden. Gerade Service Provider suchen händierend nach relativ simplen, aber leistungsstarken Lösungen für die Verbindung der Server Farms mit den Kunden aus dem Internet.

Anzeige

Ausbildung zum ComConsult Certified Network Engineer



**! Jetzt mit
Palm Vx !
Nur bis zum
31.12.00
!**

10 Jahre ComConsult Akademie

Jubiläums-Paket mit Palm Vx

Buchen Sie die komplette Ausbildung zum ComConsult Certified Network Engineer mit den Intensiv-Seminaren "Lokale Netze", "Internetworking", "Neue Ethernet-Technologien" und "TCP/IP und SNMP" zum Paketpreis von DM 12.990,-- (EUR 6.641,68) statt DM 14.650,-- zzgl. MwSt. erhalten Sie bei Buchung bis zum 31.12. als Bestandteil des Seminarpaketes zur Planung Ihrer Akademie-Termine einen Palm Vx-Organizer*

* Im Jubiläums-Paket sind keine zusätzlichen Punkte für den ComConsult Akademie Network Professional Club enthalten

Nutzen Sie unsere Paketpreise!

3er Paket: Buchen Sie drei beliebige Seminare unserer Ausbildung zum ComConsult Certified Network Engineer und Sie zahlen statt mindestens DM 10.860,-- nur den Paketpreis von DM 9.990,-- (EUR 5.061,79) zzgl. MwSt.

Komplett-Paket: Buchen Sie mit allen vier Seminaren die komplette Ausbildung zum ComConsult Certified Network Engineer und Sie zahlen statt DM 14.650,-- nur den Paketpreis von DM 12.990,-- (EUR 6.641,68) zzgl. MwSt.

Lokale Netze für Einsteiger

Einzelpreis: DM 3.590,-- (EUR 1.835,54) zzgl. MwSt.

- ☐ 04.09. - 08.09.00 in Aachen
- ☐ 16.10. - 20.10.00 in Aachen
- ☐ 13.11. - 17.11.00 in Aachen
- ☐ 11.12. - 15.12.00 in Aachen
- ☐ 22.01. - 26.01.01 in Aachen
- ☐ 19.02. - 23.02.01 in Aachen
- ☐ 26.03. - 30.03.01 in Aachen
- ☐ 07.05. - 11.05.01 in Aachen
- ☐ 25.06. - 29.06.01 in Aachen

Internetworking

Einzelpreis: DM 3.790,-- (EUR 1.937,80) zzgl. MwSt.

- ☐ 29.01. - 02.02.01 in Aachen
- ☐ 12.03. - 16.03.01 in Aachen
- ☐ 07.05. - 11.05.01 in Aachen
- ☐ 18.06. - 22.06.01 in Aachen

Neue Ethernet Technologien

Einzelpreis: DM 3.690,-- (EUR 1.886,67) zzgl. MwSt.

- ☐ 11.09. - 15.09.00 in Aachen
- ☐ 04.12. - 08.12.00 in Aachen
- ☐ 29.01. - 02.02.01 in Aachen
- ☐ 19.03. - 23.03.01 in Aachen
- ☐ 14.05. - 18.05.01 in Aachen

TCP/IP und SNMP

Einzelpreis: DM 3.580,-- (EUR 1.830,42) zzgl. MwSt.

- ☐ 11.12. - 15.12.00 in Hamburg
- ☐ 05.02. - 09.02.01 in Bonn
- ☐ 12.03. - 16.03.01 in Bonn
- ☐ 14.05. - 18.05.01 in Berlin
- ☐ 25.06. - 29.06.01 in Berlin

**ComConsult
Akademie**