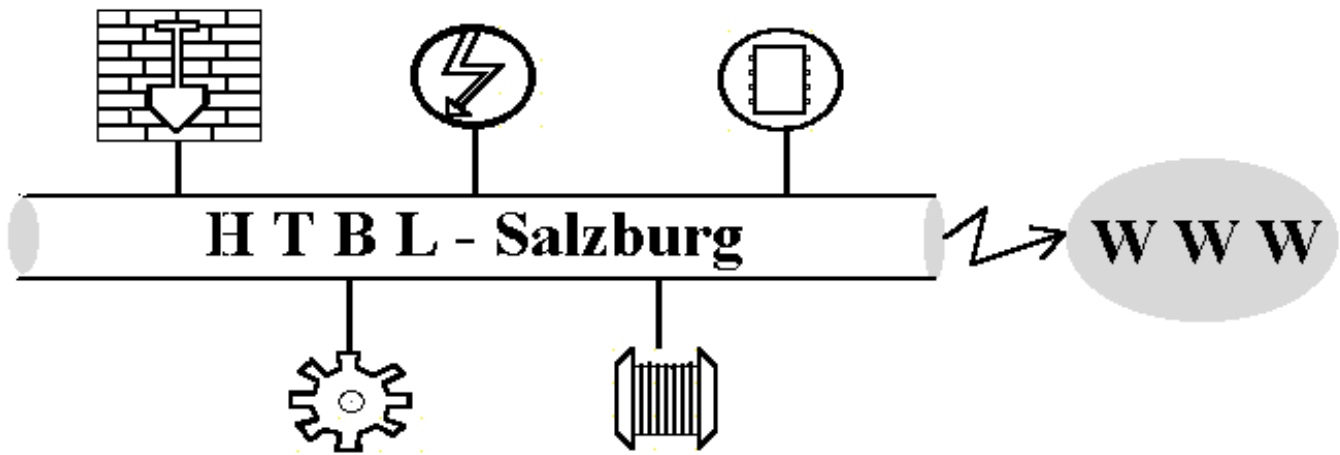


HTBL-Salzburg

# Glasfaserverkabelung

Josef-Kurt Putz



## 1 Entwicklung einzelner lokaler Netzwerke

Eine zeitgemäße Ausbildung an einer berufsbildenden Schule setzt heute in vielen Unterrichtsgegenständen den Einsatz von PC's voraus. Da die Vielzahl und Größe der erforderlichen Programme die Kapazität einzelner Rechner überstieg, vor allem aber der Wartungsaufwand pro PC nicht mehr tragbar war, wurden die PC's jeder Abteilung zu lokalen Netzwerken zusammengefasst. Die Installation neuer Programme sowie die Wartung vorhandener Programme erfolgt seitdem zentral auf einem Server.

## 2 Zukünftige Anforderungen an ein Netzwerk

Neue Kommunikationstechnologien, vor allem die Verbreitung von Internet, lösen weltweit einen Innovationschub hervor, dem sich die HTL nicht verschließen kann und darf. Kommunikationstechnologien zählen heute zu den wenigen Wachstumsbranchen. Für unsere Schule ergeben sich in Zukunft immer mehr Dienste, die eine abteilungsübergreifende Kommunikation erfordern:

### 2.1 Kommunikation mit Stellen außerhalb der Schule

- Repräsentation der Schule nach außen:

- WEB-Server: Informationen der Schule: über Abteilungen, Sprechstunden, Projektarbeiten usw.
- E-Mail
- Internet: Kommunikation mit Eltern, Schülern, Absolventen usw.
- Internet: Zugang für Schüler und Lehrer
- Nutzung universitärer Ressourcen
- Kommunikation mit Industrie, Wirtschaft und Handel (Datenbanken, Kataloge, Bestellungen)
- Tele-Teaching: Elemente des Fernstudiums
- Kommunikation der Schulen untereinander:
- Austausch von Erfahrungen und Daten zu Projekten (Lehrer, Schüler)
- Projekte zur Fernmesstechnik
- Kommunikation der Schule zu Dienstbehörden (LSR, Ministerium):
- Austausch von Programmen und Daten

### 2.2 Kommunikation innerhalb der Schule

- Aufbau eines Verwaltungsnetzes für Direktion, Abteilungsvorstände und Werkstättenleiter

- Aufbau eines Materialverwaltungsnetzes unter Einbindung der Arbeitsvorbereitung
- Aufbau eines Netzes zu Lehrern, Mailboxes, Bürokommunikation, Katalogführung, Zeugnisse usw.
- Zugriff auf Programme eines zentralen Servers, damit diese nicht auf allen Servern installiert werden müssen. Interessant, wenn nur einzelne Lizenzen vorhanden sind.
- Zugriff auf abteilungsspezifische Programme in den allgemeinen EDV-Sälen.
- Zugriff auf Programme anderer Abteilungen, ohne dass der normale Netzwerkverkehr durchgeroutet wird.
- Vereinfachung der Netzwerkadministration für Kustoden, durch Zugriff auf bereits im Netz erfolgreich installierte Programme.

### 2.3 Allgemeine Anforderungen des Schulbetriebes

- Für Workstations, Server und Netzwerk ist eine sehr hohe Leistung erforderlich, da eine ganze Klasse gleichzeitig zu arbeiten beginnt (einloggt), kompiliert, Programme lädt und druckt.
- Der überwiegende Einsatz von CAD-Programmen erfordert langfristig Übertragungsraten von 100mbit/s.

- Die Anforderungen an die Datensicherheit und Verfügbarkeit der Anlagen sind mit Ausnahme der Verwaltung und der WEB-Server nicht so hoch wie im Industrie- oder Bankenbereich.
- Die Anlagen erfordern sehr hohe Standfestigkeit. Die Probleme, die beim Arbeiten mit Schülern auftreten, sind vielfältig. Die Palette reicht von Unerfahrenheit, mutwilligen Veränderungen in der Konfiguration und in Programmen, Viren bis zu Versuchen, in geschützte Bereiche vorzudringen.
- Bei der Kalkulation eines Netzwerkes kommt der Verkabelung nicht jener hohe Stellenwert zu wie in der Industrie, da in der Schule Arbeiten als Eigenleistung durchgeführt werden können. Hier kommen praktisch nur Materialkosten zum Tragen.
- Die Anzahl und Vielfalt der verwendeten Programme ist wegen der Unterschiedlichkeit der Abteilungen besonders hoch. Sollte eine zentrale EDV-Abteilung alle diese Programme warten müssen, wäre ein entsprechender Mitarbeiterstab erforderlich.

### 3 Das HTL-Schulnetz

Auf Grund der oben genannten zukünftigen Anforderungen im beginnenden Kommunikationszeitalter beschloss die Schulleitung der HTL-Salzburg den Bau eines abteilungsübergreifenden Netzwerkes mit Anbindung an das Internet unter folgenden Rahmenbedingungen:

- Die vorhandenen lokalen Netze werden mit einem übergeordneten Netz (Backbone), welches über einen Internetanschluss verfügt, verbunden. Die Finanzierung erfolgt über Sonderbudgets.
- Beibehaltung der Abteilungsstruktur: Das lokale Netz jeder Abteilung bleibt alleine funktionsfähig. Ein Kustos betreut dieses Netz. Die Ausstattung wird abteilungsintern budgetiert, beschafft und gewartet.
- Ein neuer Dienstposten für die Netzwerkbetreuung ist derzeit nicht zu bekommen, daher ist eine weitergehende Zentralisierung nicht möglich.
- Das Verwaltungsnetz ist ein eigenes, galvanisch getrenntes Netz, das nach Vorhandensein geeigneter Firewallsysteme und Router an das restliche Schulnetz angeschlossen werden kann.

### 3.1 Technik

Die Verkabelung ist für zukünftige Anforderungen wie 100 Mbit/s Übertragungsraten bei Fast-Ethernet bzw. 155Mbit/s bei ATM geeignet. Als Übertragungsverfahren wird Ethernet und Fast-Ethernet verwendet.

Die Bandbreiteneinpassung nehmen leistungsfähige Konzentratoren (Switches) vor, die zudem den Verkehr auf die richtige Leitung begrenzen und den Aufbau virtueller Netze ermöglichen.

In der Übergangsphase werden vorhandene Koax-Netze (10Base2) über Transceiver oder Repeater an den Switch angeschlossen. Der direkte Anschluß der Koax-Netze an eigene Netzwerkkarten in den Servern ist zwar möglich, belastet aber die Server zusätzlich mit Routeraufgaben.

#### 3.1.1 Primärer Bereich (zwischen Gebäuden)

Der Internetanschluss erfolgt über eine ISDN-Standleitung und einen Router (PC mit Linux-Betriebssystem).

#### 3.1.2 Sekundärer Bereich (Stockwerksverkabelung)

Für die Verkabelung zwischen den Abteilungen wird aus Gründen der Entfernung, der Störbeeinflussung und Sicherheit (Blitz, Potentialverschiebungen) ein vieradriges Multimode-Lichtwellenkabel verwendet. Diese Kabel werden sternförmig zur EDV-Zentrale geführt und an einem Switch mit acht LWL-Eingängen angeschlossen. Die EDV-Zentrale versorgt auch die allen Abteilungen gemeinsamen EDV-Säle.

#### 3.1.3 Tertiärer Bereich (Etagenverkabelung)

In jeder Abteilung steht ein 19“ Schrank mit Lichtwellenleiteranschluss. Von dort führt eine Verkabelung mit Twisted Pair-Kabel der Kategorie 5 zu den einzelnen PCs. In den Schränken, die teilweise in EDV-Sälen stehen, befindet sich das Patchpanel für Twisted-Pair, die LWL-Spleißbox, ein Workgroup-Switch, ein lokaler Server und eine USV-Anlage.

Das verwendete Konzept ist jenes mit dem besten Preis/Leistungsverhältnis. Es wird nicht die nach dem Stand der Technik beste Lösung angestrebt - die nicht finanzierbar ist -, sondern jene, die einen schrittweisen Ausbau der vorhandenen Netze, unter Einbeziehung bisheriger Investitionen, darstellt. Trotzdem lassen sich mit den neuen Verkabelungen alle derzeit absehbaren Dienste und Übertragungsverfahren - bis zu 155 Mbit/s ATM - realisieren.

## 4 Überlegungen zur Netzwerkstruktur

### 4.1 Netzwerk mit zentralen Servern

- Alle PC´s sind mit einer Zentrale verbunden
- In der Zentrale stehen leistungsfähige Server
- Ein Rechenzentrumsleiter betreibt die EDV

#### Vorteil

- Effizienz: Programme nur einmal installiert
- Flexibilität bei Umzügen
- Lokale Geräte (Server, Switches, Verteiler) entfallen

#### Nachteil:

- Planstelle für RZ-Leiter (Ing.) und Assistent
- Sehr leistungsfähige Server erforderlich
- Sehr leistungsfähige oder sehr viele Verbindungen zur Zentrale erforderlich (LWL)
- Bei Problemen steht der gesamte Betrieb
- EDV-Know-How in Abteilungen geht verloren
- Einschränkung des Handlungsspielraumes in der Abteilung

### 4.2 Netzwerk mit verteilten Servern

- Die Netzwerkstruktur entspricht der Abteilungsstruktur
- Autonomie der Abteilung bezüglich Ausbau und Betrieb des Netzwerkes
- Verbundnetz für übergeordnete Aufgaben (Internet, abteilungsspezifische Programme in EDV-Sälen usw.)

#### Vorteil

- Vorhandene, funktionierende Struktur mit Kustoden
- Komponenten aus dem Low-Cost Bereich einsetzbar
- Verkabelung zwischen Abteilungen relativ einfach, da weitgehend lokaler Verkehr
- Bei Problemen nur Anlagenteile außer Betrieb
- Netzwerk-Know-How in Abteilungen erforderlich
- Großer Handlungsspielraum in der Abteilung

**Nachteil**

- Effizienz geringer, Programme mehrfach installiert
- Flexibilität bei Umzügen gering
- Lokale Geräte (Server, Switches, Verteiler) erforderlich

**Ergebnis**

Die HTL in Salzburg hat sich für die Beibehaltung der Abteilungsstruktur im Netzwerk mit verteilten Servern entschlossen, da die Vorteile dieser Variante überwiegen und laut Aussage des BMUK in absehbarer Zeit keine Aussicht auf eine Planstelle bzw. einer Ausstattung für ein Rechenzentrum bestehen.

**4.3 Netzwerktopologie für Backbone**

- Stern: Flexibilität und Fehlertoleranz höher. Selbst FDDI Ringe werden als Stern verlegt.
- Medium: Lichtwellenleiter, wegen Leitungslänge (Twisted Pair maximal 90m) und der nicht vermeidbaren Parallelführung zur Energieversorgung.

**Ergebnis**

Die Vorteile der Sterntopologie mit LWL im Backbone und Twisted Pair im Stockwerksbereich (Abteilung) wurden von allen befragten Fachleuten einhellig bestätigt. Von einem FDDI-Ring wurde abgesehen, da die Leistung gegenüber einem Fast-Ethernet-Netz nicht wesentlich besser ist, die automatische Umschaltung auf einen redundanten Ring im Fehlerfall an einer Schule -bei weiterhin funktionierenden Abteilungsnetzen - nicht unbedingt erforderlich ist, jedoch die FDDI-Komponenten erheblich teurer sind.

**5 Kosten**

**5.1 Kostenvergleich LWL-Twisted-Pair**

	LWL	Twisted Pair
Kabel für zwei Verbindungen je Meter	2x2 Adern 26,-	2x4x2 Adern FTP 11,-
Patchkabel 2m	600,-	100,-
Netzwerkkarte 100MBit/s	6000,-	1000,-
Einschübe für modularer Switch Cisco Catalyst	Einschub für 1x100BaseFX ca. 13.000,-	Einschub für 8x100BaseTX ca. 27.000,-

Dieser Vergleich zeigt den beträchtlichen Mehraufwand bei der LWL-Verka-

belung gegenüber Twisted-Pair. Hinzu kommt eine erheblich kompliziertere Verarbeitung von LWL-Kabel wie Verlegen (Biegeradien und Zugkräfte beachten) Spleißen (teure Geräte erforderlich) und Anschlagen der Kabel.

LWL-Kabel bieten jedoch eine höhere Bandbreite und größere Reichweiten (100 Mbit/s und 100m derzeit bei Twisted-Pair) als Kupferkabel, sind unempfindlich gegen elektromagnetische Störungen und bieten eine galvanische Trennung der Netze. Gerade letzter Punkt ist in Hinblick auf Erdschleifen bzw. Zerstörungen durch Blitzschlag nicht zu unterschätzen.

Mit Kupferkabel alleine war das Netzwerk in der HTL-Salzburg nicht sinnvoll realisierbar.

**5.2 Kosten für LWL-Backbone**

Diese Kalkulation zeigt den Aufwand eines Backbones für fünf Abteilungen. Pro Verbindung sind zwei LWL-Adern erforderlich. (Vollduplex-Betrieb). Die zweite Verbindung dient als Reserve für den Fehlerfall (händisch umstecken) oder zum eventuellen Aufbau eines FDDI-Ringes oder zur Verdopplung der Kapazität. In jeder Abteilung befindet sich für den LWL-Anschluß ein optisches Verteilerfeld mit maximal 12 Steckern (davon vier verwendet), in der Zentrale zwei. Die Patchkabel stellen die Verbindung zwischen optischem Verteilerfeld und Switch her.

	Einzelpreis	Gesamtpreis
1 Stk. 19" Verteilerschrank	10.000,00	10.000,00
1000 m LWL-Kabel für zwei Verbindungen (4 adrig)	26,00	26.000,00
7 Stk Optische Verteilerfelder	1.700,00	11.900,00
7 Stk Patchkabel 2m	600,00	4.200,00
Modularer Switch 24x10BaseT	43.000,00	43.000,00
2 Stk Einschub 4x100BaseFX für Switch	25.000,00	50.000,00
LWL-Kit mit Stecker und Meßgerät	50.000,00	50.000,00
		195.100,00

**6 LWL-Technik**

Die Vorteile der Lichtwellenleitertechnik wurden bereits mehrfach erwähnt, allein der Preis verhindert derzeit einen Anschluß bis hin zu jedem PC. So wird das LWL-Kabel bisher nur dort eingesetzt, wo es keine sinnvolle Alternative gibt.

**6.1 Monomode, Multimode**

Für die in Schulen verhältnismäßig geringen Entfernung reichen die billigeren Multimode-Kabel voll aus. Spleißen und Steckenmontieren ist bei Multimode-Kabel einfacher. Für die Stärke der Faser ist in Amerika 62,5µ üblich, in Europa ist die von der Dämpfung bessere 50µ Faser verbreitet. Da die meisten Geräte mit LWL-Anschluß für 62,5µ Fasern ausgelegt sind, haben wir uns für diese Ader entschieden.

**6.2 Spleißen, Stecker**

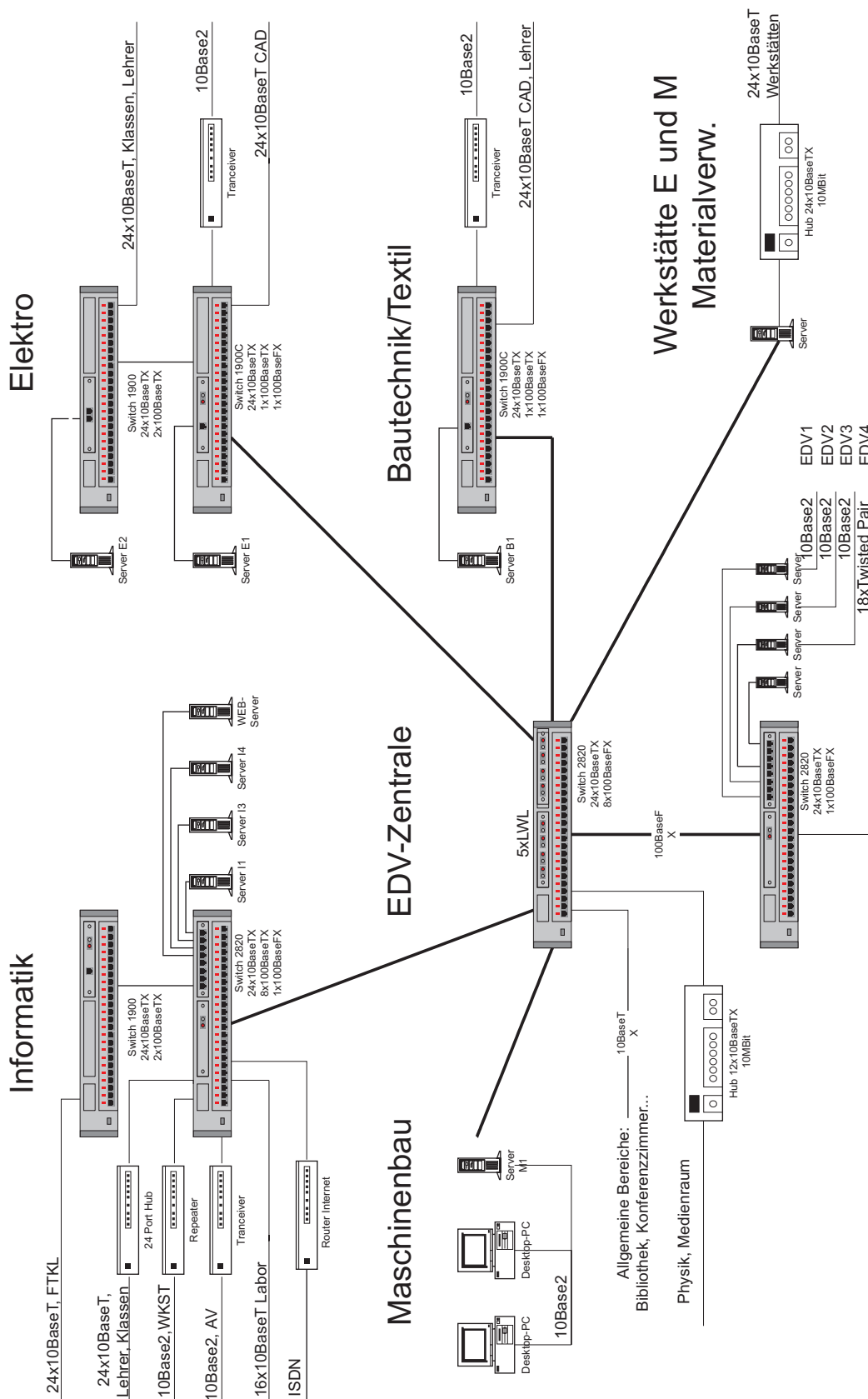
Das Anbringen von Steckern stellt bei Lichtwellenleiter das größte Problem dar. Üblich ist heute das Spleißen der LWL-Ader mit einem Pigtail, einem mit einem Stecker vorkonfektionierten Stück LWL. Das Kabel wird dabei in eine Spleißbox geführt, in der sich eine Zugentlastung, die Speisung sowie das Pigtail mit Stecker befindet. Das Spleißgerät selbst, wie auch das Spleißen als Dienstleistung von Firmen angeboten, war für uns nicht finanzierbar. Eine Methode, die für eine geringe Anzahl von Verbindungen durchaus praktikabel ist, ist das direkte Aufbringen eines Steckers auf die LWL-Ader. Dabei entfällt die Spleißverbindung. Die einfachste Art zur Befestigung eines Steckers ist das Crimpen (Firma AMP). Etwas aufwendiger ist das Hot-Melt-Verfahren (Firma 3M), bei dem die Ader in den Stecker geklebt wird. Die Klebeverbindung gibt auch bei häufigen Steckvorgängen eine über lange Zeit stabile Verbindung.

**6.2.1 Steckermontage**

Beim Hot-Melt-Verfahren wird ein Stecker mit einem werksseitig gefüllten Heißschmelzkleber verwendet. Alle Komponenten wie Ofen, Mikroskop, Steckerhalten, Schleifpapier usw. sind in einem Montagekoffer von 3M erhältlich.

- Stecker in Ofen einige Minuten erhitzen.
- In der Zwischenzeit LWL-Kabel abisolieren
- Kabel in Stecker einführen und ca. 4 Minuten aushärten lassen
- Überstehende Ader abschneiden

**Strukturierte Verkabelung**  
HTBLA-Salzburg  
Stand 24.7.1997 /Pu  
SIVHTL02.VSD



- Schleifen mit Schleifpapier und Sichtkontrolle mit Mikroskop

**Erfahrungen**

In der Praxis ist ein kontinuierliches Arbeiten möglich. Die Aufwärm- und Abkühlphasen verzögern das Arbeiten kaum, da zwischenzeitlich das relativ kritische Abisolieren von mehreren Schichten bis auf die 250µ Schutzschicht erforderlich ist. Gewissenhafte Schüler sind nach einer Einschulung und einer gewissen Zahl von Fehlversuchen in der Lage, diese Arbeiten durchzuführen. Ein Stecker kostet ca. ÖS 70,- und ist nur einmal verwendbar.

Durch die Wahl dieser Stecktechnik ist es uns gelungen, die Arbeiten an LWL-Kabel kostengünstig im Hause, ohne fremde Dienstleistungen, durchzuführen. Zusätzlich lernen die Schüler zeitgemäße Materialien und Techniken kennen.

In den Verteilerkästen sollen fünf Meter Reserve für das LWL-Kabel eingeplant werden, um spätere Spleissungen, die unter Beibehaltung der Biegeradien außerhalb des Verteilers durchgeführt werden müssen, zu ermöglichen.

**6.3 Meßtechnik**

Mit einem einfachen Handpegelmeßgerät, bestehend aus einer normierten Lichtquelle und einem Empfänger, wird die Dämpfung nach der Steckermontage gemessen. Laut EN 50 173 gilt für Multimode Kabel folgende zulässige Dämpfung:

Teilsystem	Kabellänge in m	Dämpfung 850nm	Dämpfung 1300nm
Horizontalverkabelung (Tertiär)	90	2,5	2,2
Gebäudeverkabelung (Sekundär)	500	3,9	2,6
Geländeverkabelung (Primär)	1500	3,9	2,6

Nach einer Sichtkontrolle unter dem Mikroskop waren alle LWL-Verbindun-

gen bei einer maximalen Länge von 150m unter 1 dB.

**7 Richtlinien**

**7.1 Beschriftungsrichtlinie**

**7.1.1 Geltungsbereich**

Diese Richtlinie gilt für alle Elemente der strukturierten Netzwerkverkabelung wie Verteiler, Anschlußdosen und Kabel an der HTL-Salzburg.

**7.1.2 Prinzip**

Die Beschriftung erfolgt hierarchisch, also beginnend mit der größten Einheit (Raum) bis zu der kleinsten (Klemme), wobei die Elemente mit Schrägstrich zu trennen sind (/). Sie ist unabhängig von logischen oder organisatorischen Zugehörigkeiten. Alle Bezeichnungen sind eindeutig (es gibt sie nur einmal an der HTL).

**7.1.3 Verteiler**

Raum / lfd. Nr. des Verteilers / Einbauplatz / Anschluß

Raum: Raumnummer, enthält auch Stockwerk

lfd. Nr: laufende Nr. des Verteilers von 1 beginnend

Einbauplatz: Nummer des Racks von oben mit 1 beginnend in 5er-Schritten (für nachträgliche Einbauten).

Anschluß: Nummer mit 1 links beginnend zur Kennzeichnung von Anschlüssen, Klemmen usw

Beispiel: 250/1/3/2 Raum 250, 1. Verteiler, 3. Einschub, 2. Buchse

**7.1.4 Dosen**

Raum / lfd. Nr. der Dose / Anschluß

Raum: Raumnummer, enthält auch Stockwerk

lfd. Nr: laufende Nr. der Dose im Raum, von 1 beginnend

Anschluß: Nummer, links mit 1 beginnend, zur Kennzeichnung von Anschlüssen. Nur zur Kabelbeschriftung. Die Dosen selbst werden nur mit Raum und Nummer beschriftet.

Beispiel: 250/10/2 Beschriftung eines Kabels, welches zum rechten Anschluß der 10. Doppeldose in Raum 250 führt.

Beispiel: 250/10 Beschriftung einer Einfachdose mit Nummer 10 in Raum 250.

**7.1.5 Kabel**

Jedes Kabel endet an einer Dose oder in einem Verteiler. Die Beschriftung des Kabels wird durch ihr Ziel bestimmt. Ein Kabel trägt daher an jedem Ende eine unterschiedliche Bezeichnung.

Beispiel: siehe Verteiler und Dosen

**7.1.6 Unterlagen**

Die Richtlinie schreibt die erforderlichen Unterlagen vor, von wem sie zu erstellen sind und wo sie aufbewahrt werden.

Unterlage	erstellt von	Aufbewahrungsort
Verkabelungslisten	Kustos	Kustos
Grundrißpläne mit Kabelführung	Kabelleger	Kustos
Raumpläne	Kustos	Kustos
Verteilerpläne	Kustos	Verteiler
Prüfberichte Pentascanner	Kabelleger	Kustos

Unterlagen zu den Abteilungsnetzen werden von den Kustoden erstellt und aufbewahrt. Dem AV obliegt die Kontrolle der Dokumentation.

Unterlagen zum abteilungsübergreifenden Netz sind im EDV-Zentrum, Unterlagen zum Verwaltungsnetz in der Direktion.

Als Programm zur grafischen Darstellung von Netzwerkplänen wird Visio 4.1 Technical mit Netzwerk-Shapes

**7.2 Verkabelungsplan (Beispiel der Informatik-Abteilung)**

Vor jeder Verkabelung ist eine Verkabelungsliste zu erstellen, die Auskunft über Art, Anfangs- und Endpunkt des Kabels sowie deren Beschriftung gibt.

**7.2.1 Verteilerschränke**

Typ	Beschriftung	Bereich	Verwendung
Stand-schrank	250/1	Informatik	Informatik-netz
Wand-schrank	209/1	Klassen, Lehrer	Informatik-netz

## 7.2.2 IDT-Labor

Von Panel	Bis Dose	Verwendung	Entf. in m	Kabel	Verlegt Unterschr.	Geprüft Unterschr.
250/1/2/1	251/1/1	PC1	10	FTP		
250/1/2/2	251/1/2	PC2	10	FTP		
250/1/2/3	251/2/1	PC3	10	FTP		
250/1/2/4	251/2/2	PC4	10	FTP		
250/1/2/5	251/3/1	Reserve	10	FTP		
250/1/2/6	251/3/2	Reserve	10	FTP		

## 7.3 Verteiler

Für Unterlagen, die das Netzwerk betreffen, ist ein Verteiler festzulegen. Dieser umfasst den Direktor, die AV's, Werkstättenleiter, Kustoden, Assistenten und sonstige involvierte Personen. Schriftstücke, die verteilt werden, sind Konferenzprotokolle, Konventionen für den Netzwerksbetrieb, geplante Verkabelungen, relevante Angebote usw.



Die 3M Montagekoffer enthalten alles, was Sie für eine durchdachte und schnelle Installation benötigen. Von der Kabelvorbereitung bis zum Polieren.

## Danksagung

Ein besonderer Dank gebührt unserem Herrn **Direktor Dr. Gerold Kerer**, der mit seinem Weitblick für Innovationen auf dem Gebiet der Informationstechnologien dieses Projekt ermöglichte. Ebenso **Dr. Gottfried Haiml** für Einführung des Internets an unserer Schule.

Ein Dankeschön soll hier an die Firmen **Kapsch** und **Alcatel** gerichtet werden, die uns großzügig mit Kabelmaterial versorgten. Dank gilt vor allem aber den **Schülern**, die unter der Leitung von **Rudolf Lackner** die Verkabelung durchführten. Es soll an dieser Stelle auch erwähnt werden, dass nur durch Initiative einzelner Lehrer, auch in deren Freizeit, diese in die Zukunft weisende Investition möglich wurde. Die von Schülern und Lehrern dafür aufgebrauchte Arbeitsleistung würde sich bei Vergabe an externe Firmen auf viele hunderttausend Schilling belaufen, die derzeit nicht aufgebracht werden könnten.

**1** Der Hot-Melt-Verbinder wird nur eine Minute im Ofen erhitzt.

**2** Sobald der Hot-Melt-Verbinder aus dem Ofen entnommen wurde, ist das Einführen des Kabels in den Verbinder eine Sache von Sekunden.

**3** Von Hand oder mit der Hot-Melt-Poliermaschine polieren – fertig.