

DATENKOMMUNIKATIONSINFRASTRUKTUR

FÜR DIE ETH ZÜRICH:

KONZEPT

Kommunikationssysteme - Informatikdienste der ETH Zürich

Version 2 - Zürich, Januar 1994

Inhaltverzeichnis

1	Entwicklung der Datenkommunikation an der ETH 1982-1993	3
2	Planung der Infrastruktur für die Jahre 1993-2003	5
	Referenzverzeichnis	11

1

Entwicklung der Datenkommunikation an der ETH 1982-1993

Schon in den Siebzigerjahren, mit dem Übergang von batchorientierter zu interaktiver Benutzung von Hostrechnern präsentierte sich das Problem der Datenkommunikation. Zentrale Rechenanlagen verschiedener Hersteller mussten von Terminals aus erreichbar sein, welche in entfernten Gebäuden untergebracht sein konnten. Die hauptsächliche Aufgabe des Datennetzes war es, den Zugriff zu Hostrechnern und Druckern von vielen verteilten Terminals zu unterstützen, das heisst, den Benutzern der ETH musste die Möglichkeit geboten werden, von irgendeinem Terminal aus beliebige Rechner zu benutzen und die Resultate auf einem beliebigen Drucker auszugeben. Im Verlauf der Achtzigerjahre wurde ein sich über fast alle Liegenschaften der ETH erstreckendes Netzwerk erstellt, welches diese Anforderungen erfüllen konnte. Dieses ist unter dem Namen KOMETH (Kommunikationssystem der ETH) bekannt.

Parallel zu KOMETH wurden seit der Mitte der Achtzigerjahre zur Unterstützung der sich entwickelnden Arbeitsumgebungen von Workstations und Fileservern lokale Netze gebaut, welche die grundsätzlich anders gelagerten Anforderungen an die Datenkommunikation erfüllen konnten. Das Resultat dieser Entwicklung ist im Wesentlichen ein Verbund von lokalen Netzen, welche über fast zehn Jahre nach Bedarf und auf Antrag der anzuschliessenden Organisationseinheiten in vielen Einzelprojekten erstellt wurden. Die systematische Vernetzung von PCs und die weitgehende Verlagerung vieler Software-Applikationen von zentralen Hosts auf Kombinationen von Fileserver und Workstations haben in der betrachteten Periode ein explosives Wachstum dieses Teils der Kommunikationsinfrastruktur verursacht: von weniger als 60 zu über 800 Ethernet-Segmenten, von weniger als 500 zu circa 5000 angeschlossenen Hosts. Um eine Struktur dieser Grösse und Komplexität betreuen zu können, hat die Sektion Kommunikationssysteme der Informatikdienste schon gegen Ende der Achtzigerjahre die folgenden Richtlinien formuliert und durchgesetzt:

1. Konzentration auf einige wenige Standards, in Übereinstimmung mit der Flottenpolitik der ETH, und zwar: Ethernet (nominelle Bandbreite von 10Mbit/s) und FDDI (Fibre Distributed Data Interface, 100 Mbit/s) in den beiden unteren Schichten des OSI-Referenzmodells; TCP/IP und DECnet als darüber liegende Kommunikationsprotokolle; Coaxialkabel und Multimode-Lichtwellenleiter (LWL) als Signalträger.
2. Entwicklung einer hierarchischen Struktur des gesamten Datennetzes, welche sich an die organisatorische Struktur der Hochschule anpassen lässt, d.h. für jede

ETH-Einheit lässt sich ein logisches Subnetz definieren. Die Kommunikation zwischen Subnetzen erfolgt über *Routing* (Schicht 3). Dieses bietet wesentliche Vorteile betreffend Sicherheit und Netzwerk-Management. Physikalisch findet die Datenübertragung zwischen Subnetzen über *Backbone* Segmente statt¹. Ende 1993 bestanden über 200 IP-Subnetze. Es sind etwa 100 dedizierte Multiprotokoll-Router im Einsatz. Ausserdem fungieren viele UNIX-Fileserver gleichzeitig als IP-Router.

3. Einsatz von schnellen Kommunikationsprotokollen im Backbone-Bereich, um Engpässe in der Kommunikation zwischen EDV-intensiven Einheiten und Arealen zu vermeiden².

¹Mit wenigen Ausnahmen war das Medium am Anfang der Neunzigerjahre 10base5 im Gebäudebereich und 10base5 oder Multimode LWL im Campusbereich.

²Ein FDDI-Ring verbindet seit Anfang 1990 die Gebäude HG, RZ, ETZ und CNB miteinander. Es bestehen vier weitere FDDI-Ringe in Form von Subnetzen.

2

Planung der Infrastruktur für die Jahre 1993-2003

Vom technischen Gesichtspunkt aus erscheint die weitere Expansion des ETH-Datennetzes unausweichlich notwendig. Die heutige Tendenz lässt sich durch die Stichworte Integration, Verteilung und Skalierung beschreiben.

Der schon seit einigen Jahren laufende Integrationsprozess der Arbeitsumgebung vom PC bis hin zu Superrechner sollte sich im nächsten Jahrzehnt mit der Vernetzung sämtlicher Geräte und der Einführung von offenen Betriebssystemen und Benutzeroberflächen vervollständigen. Die Entwicklung von verteilten Datenverarbeitungssystemen soll hingegen längerfristig die grundlegenden Engpässe im sequentiellen Rechnen überwinden. In einem reinen "Distributed Computing Environment" (DCE) bestehen Betriebssysteme, Dienste und Anwendungen als über das ganze Netzwerk verteilte Objekte, wobei die einzelnen elementaren Operationen optimal über die Maschinen verteilt werden können: das Netzwerk übernimmt Funktionen, welche heute noch zur "backplane" eines Computersystems gehören. Unter Skalierung verstehen wir die Anpassung der Leistungsfähigkeit der Netzkomponenten an erhöhte CPU-Leistung, schnellere Speichersysteme, etc. Die Tendenz in Richtung höherer Geschwindigkeit und steigender Anforderungen zwingt die ETH zur Entwicklung eines Datennetzes mit wesentlich höherer Leistung sowohl im tertiären¹ als auch im Rückgrat-Bereich².

Im Gegensatz zu KOMETH ist der LAN-Verbund in sich nicht einheitlich, was wegen der hierarchischen Strukturierbarkeit kein Nachteil ist. Die Dauer von Bauarbeiten und deren hohe Kosten bringen es mit sich, dass eine in der Campus- und Hausinfrastruktur optimal integrierte Kommunikationseinrichtung (Verkabelung, nicht aktive Netzwerkkomponenten) über mehr als ein Jahrzehnt ohne wesentliche Anpassungen funktions- und einsatzfähig bleiben muss. Mindestens die folgenden drei Aspekte der am Ende der Planungsperiode zu erwartenden Datenkommunikationslandschaft müssen in der Projektierung schon jetzt berücksichtigt werden:

1. das Angebot von Protokollen mit einer Bandbreite von 100 Mbit/s und mehr bis zum Arbeitsplatz;
2. der Einsatz von Gigabit-Netzen im Backbone Bereich;
3. die Integration von Datenkommunikation, Telefonie und anderen Diensten.

¹Das heisst, bei den Arbeitsplätzen.

²In der Folge wird zwischen den primären (Campus-) und den sekundären (Gebäude-) Rückgrat-Bereichen unterschieden.

Die Bereitstellung von Schnittstellen mit 100 Mbit/s Bandbreite am Arbeitsplatz (FDDI auf UTP-Kabel³, in der Folge TP-PDM genannt) wird beim Einsatz moderner Arbeitsstationen erforderlich. Ein moderner Arbeitsplatzrechner allein kann heute praktisch die gesamte Bandbreite eines Ethernet (10 Mbit/s) erschöpfen. Die Entwicklung wird langsam vor sich gehen, indem die 100 Mbit/s Protokolle sich stufenweise vom Campus- über die Gebäude-Backbones bis zum Arbeitsplatz durchsetzen.

Heikler ist sicherlich die Frage der Vorbereitung einer Infrastruktur für zukünftige Gbit/s Protokolle. Es ist jedoch anzunehmen, dass diese im Rahmen eines von einer normgebenden Institution geleiteten Projekts definiert werden. Kein Hersteller kann sich die Kosten eines derart komplexen Entwicklungsprojekts leisten ohne sich weitgehender Akzeptanz sicher zu sein. Für lokale Netze im Gigabit-Bereich wurde Mitte 1990 vom ANSI Accredited Standards Committee X3 das *FDDI Follow-on LAN Project* (FFOL) begonnen. Die Anforderungen dieses Protokolls an die Infrastruktur sind im Ref. [1] beschrieben: die Grösse der Investition und die Anzahl bestehender Installationen haben das Komitee überzeugt, FFOL müsse die meisten Medien, welche heute für 100 Mbit/s Übertragung im Einsatz sind, weiter benutzen können. Protokolle basierend auf dem ATM-Konzept werden momentan mit zunehmender Anstrengung von der *International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector* (ITU-TSS) und dem ATM-Forum⁴ auch für die Kommunikation im LAN-Bereich entwickelt [2]. Es ist darum nicht auszuschliessen, dass ATM schon in der Planungsperiode trotz der enormen noch durchzuführenden Standardisierungsarbeit eine bedeutende Rolle in der integrierten Kommunikation in lokalem Bereich spielen kann⁵. Auch im Fall von ATM erzwingt der Investitionsschutz die Normung von Übertragungsschichten, welche auf heute schon weitgehend verbreiteten Medien basieren. Da Skalierbarkeit und Unabhängigkeit vom *Transfer Mode* Grundlagen der ATM-Philosophie sind, werden selbstverständlich mehrere solche Schnittstellen definiert, jede mit mehreren möglichen Geschwindigkeiten. Sowohl die im LAN-Bereich relevanten FDDI-ähnlichen (bis 100 Mbit/s) als auch die auf SDH⁶-basierenden Protokolle (typischerweise ab 155 Mbit/s) sehen als Medien Monomode- und Multimode-LWL, sowie (bis 155 Mbit/s) UTP-Kupferkabel vor. Besonders wichtig für die ETH sind die Beschränkungen der maximalen Länge der Strecken auf FDDI-tüchtigem Multimode LWL (circa 200m bei 1.25 Gbit/s) und auf Monomode LWL (einige Kilometer).

Die Problematik einer gemeinsamen Infrastruktur für die Datenkommunikation, die (digitale) Telefonie und andere Dienste (Hochauflösungs-Fernsehen (HDTV), Videokonferenz usw. in den Bereichen Forschung und Lehre, Überwachungs- und Fernsteuerungssystemen im Dienstleistungsbereich) wird während der Planungsperiode für die ETH besonders wichtig sein. Die Integration der Telefonie wird schrittweise vonstatten gehen. Die erste Phase sieht die Realisierung eines gemeinsamen Gebäudeverteilungsnetzes vor. Wie nach-

³Kabeltyp bestehend aus einem oder mehreren nicht gegeneinander abgeschirmten verdrehten Aderpaaren und einer gemeinsamen Schirmhülle.

⁴Koordinations- und Normungsorgan für ATM der bedeutesten Produzenten von Systemen für die Datenkommunikation.

⁵Erfahrungen in der Anwendung von ATM im WAN-Bereich werden durch die vorgesehene Beteiligung der ETH an dem Pilot-Projekt der Schweizer PTT-Telecom gesammelt. Versuche im MAN-Bereich sind für die Periode 1994-97 geplant.

⁶Synchronous Digital Hierarchy, wichtig für die Integration von Telediensten.

folgend erläutert, werden bei allen Neubauprojekten und Gebäudesanierungen *universelle* Verkabelungen eingesetzt, so dass dieselbe Installation gleichzeitig für Sprach- und Datenübertragung benutzt werden kann. Während schon in dieser ersten Phase die Teilnehmervermittlungsanlagen (TVA) über das Rückgratnetz der ETH (RNETH, siehe folgenden Paragraph) miteinander verbunden werden, erfolgt der Anschluss der einzelnen Gebäude an die TVA noch über die fast überall schon bestehenden Telefonstammkabel. Das RNETH wird jedoch so konzipiert und dimensioniert, dass eine spätere weitere Integration (Verbindungen TVA-Gebäude)⁷ ohne Anpassung der Infrastruktur realisiert werden kann. Dasselbe gilt für die vorgesehene Integration in das Datenkommunikationssystem der anderen Dienste, welche entweder auf einer oberen Schicht des OSI Modells (z.B. Videokonferenz über ISDN-TCP/IP) oder einfach durch die Teilung des Mediums (Analoges oder Digitales HDTV auf Monomode LWL) erfolgen kann. Auch in diesem Zusammenhang könnten Definition und Verbreitung von ATM-Standards langfristig zur drastischen Vereinfachung der Integration führen, indem nicht nur dieselbe Infrastruktur sondern auch dieselben Protokolle für alle Dienste verwendet werden könnten. Die heute schon sowohl im ETH-eigenen (Siemens HICOM 300) als auch im öffentlichen (SwissNet-2) Telefonnetz verfügbaren N-ISDN⁸-Dienste können aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nur eine subsidiäre Funktion ausüben (für eine ausführliche Diskussion dieser Problematik siehe [3]).

Die Entwicklung einer neuen flächendeckenden Infrastruktur, welche die oben beschriebenen Anforderungen erfüllen kann, hat als Hauptziel die Homogenisierung der Kommunikationsschnittstellen bei den Teilnehmern: an jedem Arbeitsplatz der ETH sollten jedem Benutzer dieselben Dienste (für die Daten- wie auch für die Sprach- und Bildübertragung) zur Verfügung stehen. Das Projekt lässt sich konzeptuell in zwei Teile gliedern:

1. Aufbau des Rückgratnetzes der ETH (1993-1997). Das RNETH besteht aus LWL und verbindet fast alle Gebäude der ETH sowie einige Mietobjekte miteinander. Die Campus Hönggerberg und Zentrum sind über ETH-eigene LWL miteinander verbunden. Der Technopark und der Campus Schlieren sind über PTT-Mietleitung an das ETH-Zentrum angeschlossen. Innerhalb der Campus werden die Gebäude sternförmig von wenigen Knoten aus erschlossen (siehe Abb. 2.1). Um durch Redundanz die grösstmögliche Zuverlässigkeit zu garantieren, werden im Zentrum und auf dem Hönggerberg jeweils drei Sternpunkte zu einem Dreieck zusammengefasst. Die Art (Mono- oder Multimode) und Anzahl der LWL sind so gewählt, dass die Kompatibilität mit den PTT gewährleistet ist und die zukünftige Unterstützung von GBit/s Protokollen und von anderen Übertragungstechnologien ohne Anpassungen ermöglicht wird.
2. Gestaltung der Feinverteilung innerhalb der Gebäude als Teil der Hausinfrastruktur. Für sämtliche neuen Gebäude bzw. bei grösseren Renovierungsprojekten werden universelle Verkabelungssysteme basierend auf UTP eingesetzt (siehe [4] und Abb.

⁷Rein technisch ist bereits heute weitere Integration von Telefonie und Datenkommunikation auch im Bereich der Stammverkabelung möglich, jedoch mangelt es noch an der Standardisierung, weswegen die Erstellung und Betreuung der entsprechenden Einrichtungen sehr aufwendig wären. Die Übertragung von digitaler Telefonie über das bestehende paketvermittelte Netz würde gegen bestehende Reglemente verstossen.

⁸*Narrowband Integrated Services Digital Network.*

2.2). Zwischen dem Gebäudeverteiler und den Etagenverteilern (Gebäude Backbone) werden zusätzlich LWL installiert. Das physikalische Layout des Netzes wird damit der Form des Gebäudes angepasst, wobei der Netzverbund durch den Einsatz von softwaremässig konfigurierbaren Komponenten in Subnetze gliedert werden kann, welche der organisatorischen Struktur der ETH entsprechen. Spezielle Verkabelungsrichtlinien gelten für Unterrichtsräume [5].

Am Anfang der Planungsperiode werden zwischen den Sternknoten im Zentrum und am Höggerberg sowie bei Bedarf zwischen einigen Stern- und Endknoten FDDI-Ringe in Einsatz sein, wohingegen IEEE 802.3 (CSMA/CD bzw. Ethernet) die Hauptrolle in der Kommunikation über die Rückgratnetze der Gebäude und im Arbeitsplatzbereich spielt. Am Ende der Periode oder später könnten über dieselbe Infrastruktur ATM-Protokolle auf den Hauptstrecken im Einsatz sein, wobei in der Regel FDDI (oder gegebenenfalls ATM) im Gebäude- und TP-PDM (oder gegebenenfalls ATM) im Arbeitsplatzbereich eine genügende Bandbreite garantieren würden.

Über dieselbe Zeitspanne muss ein umfassendes Dokumentationssystem aufgebaut werden. Dieses unerlässliche Verwaltungssystem besteht aus:

1. Kommunikationsgeräten und Software-Paketen für Netzwerk-Management, welche Information über den aktuellen Zustand des Netzwerkes sammeln, übermitteln und darstellen;
2. einer relationalen Datenbank für die Verwaltung von vollständiger Information über Topologie, Inventar und Layout des gesamten Netzes, sowie von allen wichtigen Daten über Geräte und Kabel (inklusive Konfiguration, Version der Firmware und Software, Standort, zuständige Personen etc.);
3. einem geographischen Informationssystem zur Einbindung von Gebäudeplänen und Zeichnungen in mehrschichtiger Hierarchie.

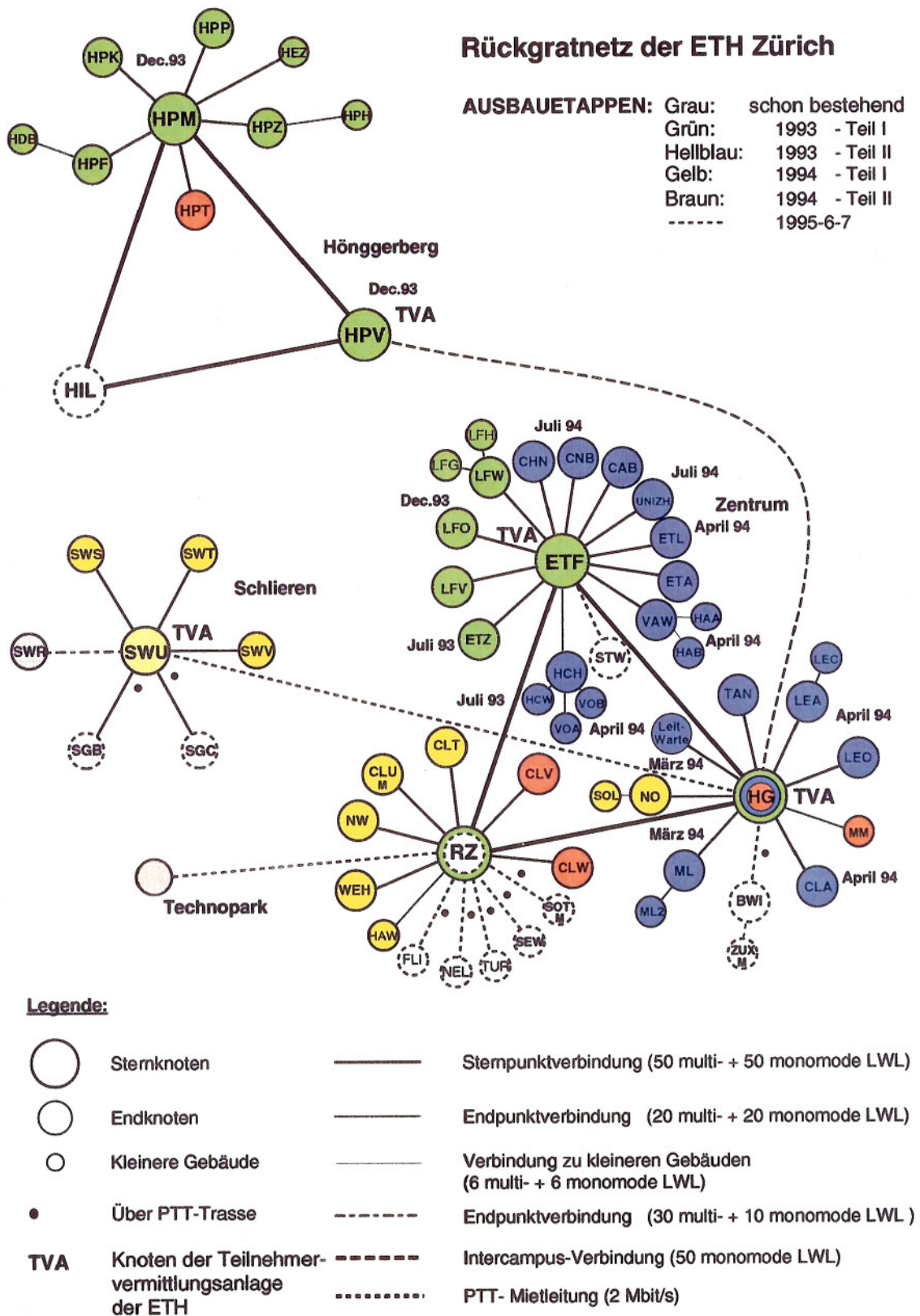


Abbildung 2.1: Universelle Kommunikationsinfrastruktur im primären und sekundären Bereich: Topologie des im Bau befindlichen Rückgratnetzes der ETH.

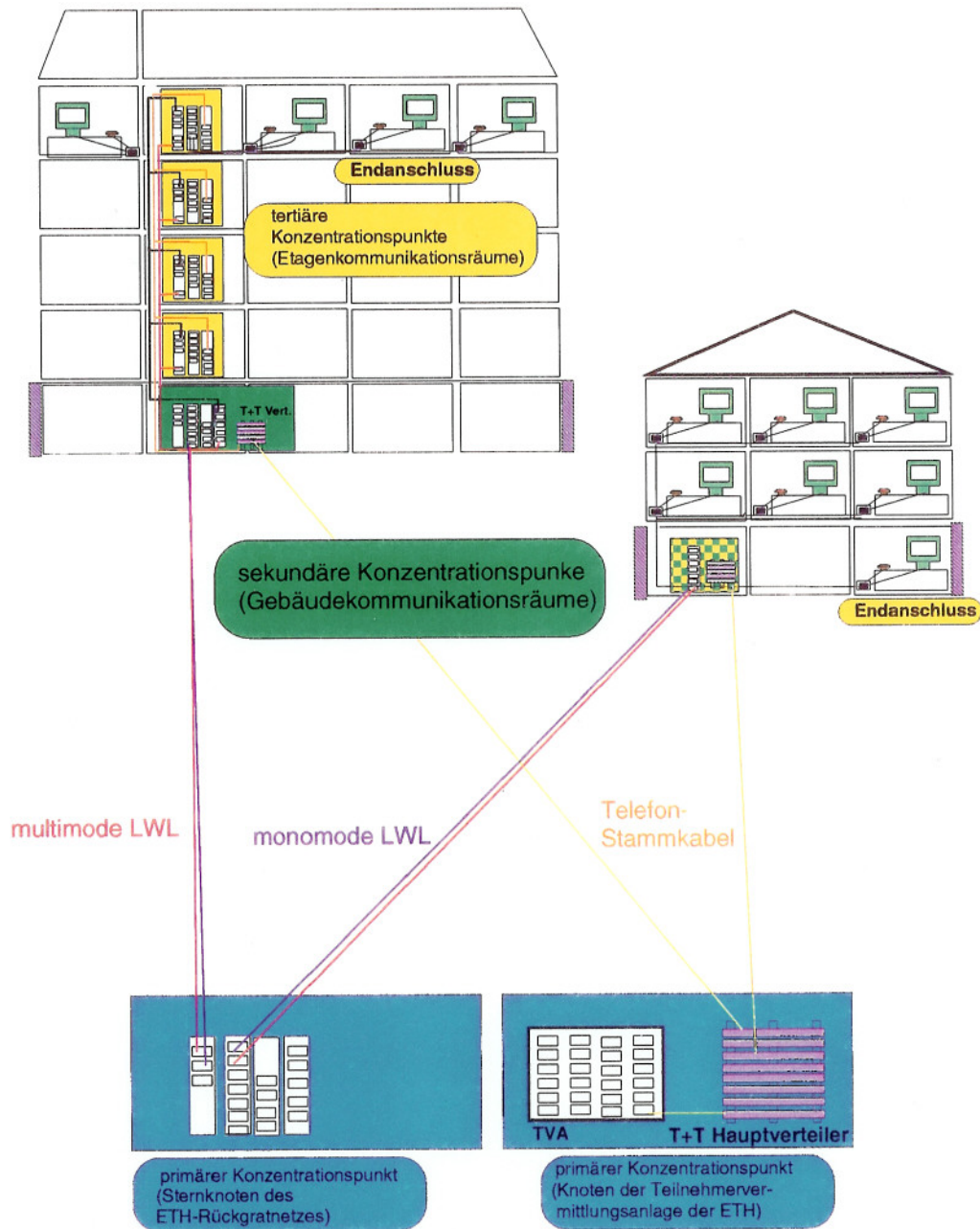


Abbildung 2.2: Universelle Kommunikationsinfrastruktur im tertiären (Benutzer-) Bereich. Sekundärer und tertiärer Konzentrationspunkt sind im Beispiel eines kleineren Gebäudes (oben rechts) zu einem zusammengefasst.

Referenzverzeichnis

- [1] K.Ocheltree, S. Horvath and G. Mityko, "*Requirements and Design Considerations for the FDDI Follow-On LAN*", X3T9.5 Working Group Document FFOL-007, 17 May 1990
- [2] L.G. Cuthbert und J.-C. Sapanel, "*ATM - The Broadband Telecommunications Solution*", The Institutions of Electrical Engineers, 1993
- [3] Kommunikationssysteme - Informatikdienste der ETH Zürich, *Datenkommunikation über ISDN für die ETH Zürich*, Zürich, Juli 1993
- [4] Kommunikationssysteme - Informatikdienste der ETH Zürich, *Richtlinien für die Planung universeller Verkabelungssysteme an der ETH Zürich, Version 2*, Zürich, März 1994
- [5] Kommunikationssysteme - Informatikdienste der ETH Zürich, *Kommunikationsinfrastruktur für Seminarräume und Auditorien der ETH Zürich*, Zürich, August 1993