



Dr. B. Lix (Universität - GH Essen)
Prof. Dr. H. Obrecht (Universität Dortmund)
R. Bauer (Universität Dortmund)
A. Clauberg (Universität zu Köln)
H. Herker (Universität - GH Essen)
F. Klapper (Universität Bielefeld)

NRWWissWeb

Anbindung von Instituten und Bibliotheken
ohne direkte LWL-Verbindung zum
Hochschulnetz

Abstrakt: In vielen Fällen können Instituts- bzw. Bibliotheksnetze durch nicht zur Verfügung stehende Kabeltrassen nicht per Glasfaserkabel an das Hochschulnetz angebunden werden. Dieses Papier stellt verschiedene alternative Konzepte zur Anbindung dieser Netze an das Hochschulnetz dar. Unter anderem werden die Techniken Modem-Wählzugang, ISDN-Wählzugang, xDSL, Funk, Richtfunk, optischer Richtfunk (Laserlink) vorgestellt, verglichen und Hinweise zum Einsatz gegeben. Die Auswahl der geeigneten Technik muß stets bezogen auf den Einzelfall erfolgen.

1 Einleitung.....	1
2 Technologie.....	2
2.1 Überblick	2
2.2 Kabel-basierte Lösungen.....	4
2.2.1 Wählverbindungen – Modem, ISDN	4
2.2.2 xDSL	5
2.3 Drahtlose Übertragungssysteme	9
2.3.1 Funknetze	9
2.3.2 Richtfunk	9
2.3.3 Laserlink.....	9
3 Hinweise zum optimierten Einsatz der Technologien	11
4 Literatur	12

1 Einleitung

Der Anschluß von Instituts- bzw. Bibliotheksnetzen an das Hochschulnetz geschieht - wie im Campus-Online Papier [1] des MWF beschrieben - normalerweise über Glasfaserkabel an einen Backbone-Router oder -Switch des Hochschulnetzes.

Vorwiegend bei Nicht-Campus Hochschulen, in Einzelfällen auch bei Campus-Hochschulen, scheitert diese Möglichkeit an fehlenden Kabeltrassen bzw. bei großen Entfernungen an zu hohen Kosten zur Errichtung derartiger Trassen. Die Anmietung bzw. der Kauf derartiger Trassen oder Festverbindungen bei Carriern wie der Deutschen Telekom AG, o.tel.o, Arcor oder bei Citycarriern wie Isis oder NetCologne erzeugt laufende Kosten, die in vielen Fällen die Finanzierungsmöglichkeiten der Hochschulen übersteigen.

Dieses Papier beschreibt verschiedene Möglichkeiten zur alternativen Anbindung derartiger Bereiche an das Hochschulnetz. Wegen der höheren Leistungsfähigkeit, Ausbaufähigkeit und Betriebssicherheit ist eine direkte Glasfaseranbindung auf eigenen oder gemieteten Trassen den hier vorgeschlagenen Lösungen im Allgemeinen vorzuziehen.

Empfehlungen zur Gebäudeverkabelung in den betroffenen Bereichen sind im Campus-Online Papier [1] zu finden.

2 Technologie

2.1 Überblick

Die zur Anbindung in Frage kommenden Technologien können grob in zwei Gruppen unterteilt werden:

- kabel-basiert
- drahtlos

Die in Frage kommenden Technologien decken Bandbreiten von 33 Kbit/s bis hin zu 622 Mbit/s ab, die dazu notwendigen Investitionskosten liegen in einem Bereich von wenigen tausend DM bis hin zu mehreren hunderttausend DM. Tabelle 1 faßt die in Frage kommenden Technologien mit den gebotenen Bandbreiten zusammen.

Technologie	Bandbreite	Entfernung	Bemerkungen
Kabel-basiert			
Modem Wählzugang	33,6 bis 56 Kb/s	5,5 km	
ISDN Wählzugang	64 Kb/s, 128 Kb/s	5,5 km	
ISDN + Router	64 Kb/s, 128 Kb/s	5,5 km	
HDSL	2 Mb/s	4,6 km	Benötigt 2 Adernpaare
HDSL-2	2 Mb/s	4,6 km	HDSL mit einem Adernpaar
SDSL	768 Kb/s	6,5 km	
ADSL	8 Mb/s / 640 Kb/s	6 km	Asymmetrische Bandbreitennutzung, verschiedene andere Kombinationen (je nach Entfernung) möglich
VDSL	25 Mb/s / 1,6 Mb/s	1 km	Erst ab Mitte 1998 verfügbar
Kabel-TV	Bis 25 / 2 Mb/s	1 km	Asymmetrische Bandbreitennutzung
Drahtlos			
Funk	Bis 4 Mb/s	Max. 0,5 km	
Richtfunk	2 bis 622 Mb/s	Mehrere km	Sichtverbindung notwendig, evtl. mit Relaisstation
Laserlink	10 bis 622 Mb/s	Bis zu 3 km	Sichtverbindung notwendig

Tabelle 1: Technologieübersicht

Tabelle 1 zeigt einen Überblick über die Kabel-basierten Lösungen und ihre mögliche Einbindung in das Hochschulnetz. Die Einbindung via Kabel-TV ist nur interessant, wenn eine entsprechende Kabel-TV Infrastruktur schon installiert wurde. Dies betrifft meist Studentenwohnheime, ist im Bereich der Institute bzw. Bibliotheken jedoch nicht gebräuchlich. Aus diesem Grund werden Kabel-TV Netze hier nicht weiter betrachtet. Die kabel-basierten Lösungen bieten Bandbreiten von 33 Kb/s bis hin zu 25 Mb/s. Die angegebenen Entfernungen sind als *typisch* für die eingesetzte Technologie zu betrachten und können je nach Kabelqualität und spezifischer Erweiterungen der Hersteller stark variieren.

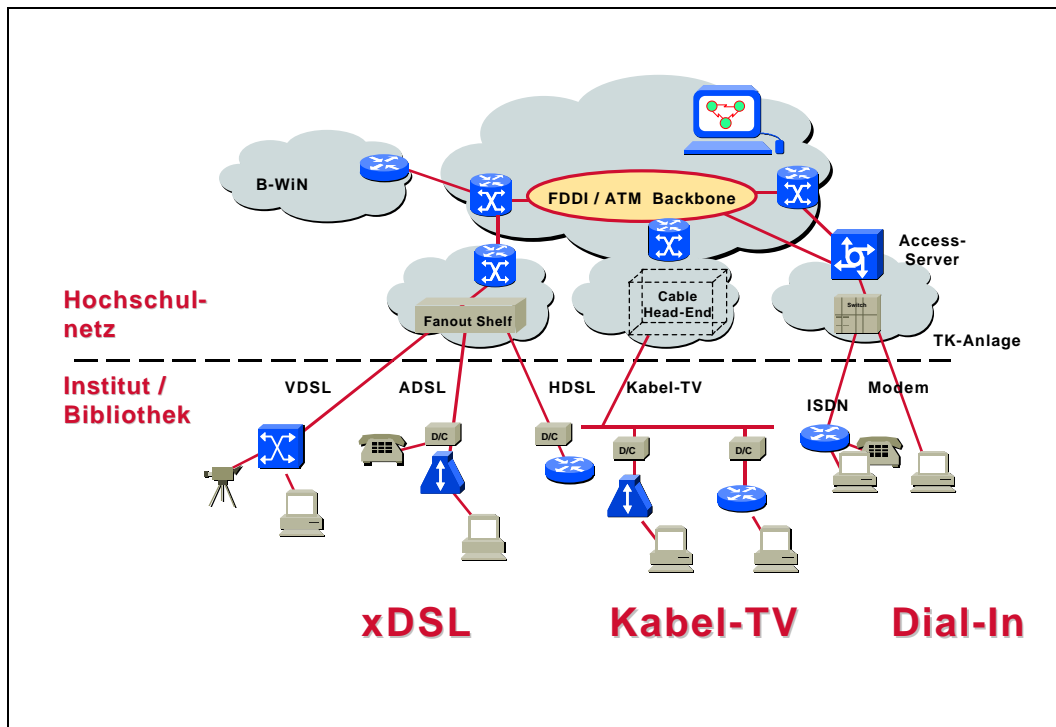


Abbildung 1: Überblick Kabel-basierte Lösungen

Im Bereich der drahtlosen Übertragungssysteme unterscheidet man zwischen den richtungsgebundenen Systemen

- Richtfunk
- Optischer Richtfunk (Laserlink)

und nicht streng richtungsgebundenen Funknetzen. Richtungsgebundene Funknetze können Bandbreiten von 2 bis 622 Mb/s zur Verfügung stellen, nicht richtungsgebundene Funknetze stellen Bandbreiten von 2 oder 4 Mb/s zur Verfügung.

2.2 Kabel-basierte Lösungen

2.2.1 Wählverbindungen – Modem, ISDN

Wählverbindungen über das Hochschul-Telefonnetz stellen eine einfach zu realisierende konventionelle Lösung zur Anbindung von Einzelarbeitsplätzen oder kleineren lokalen Netzen an das Hochschulnetz dar. Eine Voraussetzung für das hier vorgestellte Verfahren ist, daß die Hochschule über eine ISDN-TK-Anlage verfügt und noch entsprechende Anschlüsse auf Teilnehmerseite und auf der zentralen Seite zur Verfügung stehen.

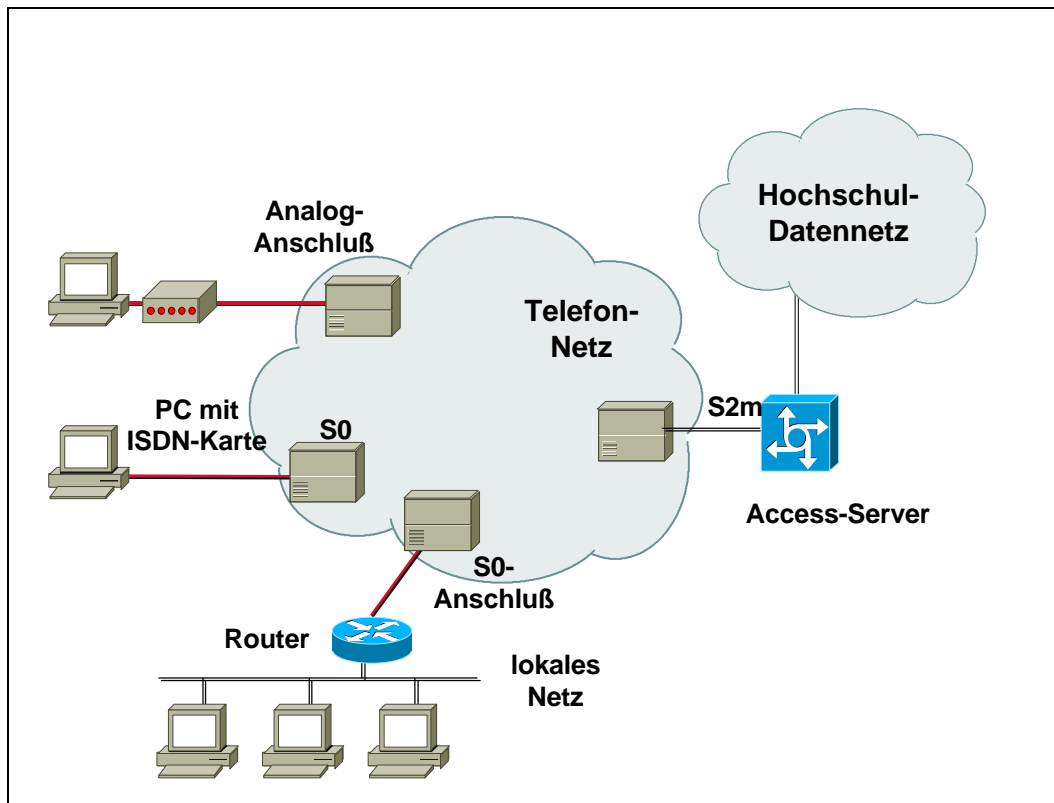


Abbildung 2: Modem- und ISDN Wählzugang

An der zentralen Seite wird ein Access-Server über ein ISDN S2m-Primärmultiplexinterface an die TK-Anlage der Hochschule angebunden. Je nach Geräteverfügbarkeit kann dazu auch ein schon im Einsatz befindlicher Access-Server um eine S2m-Schnittstelle und eventuell zusätzliche Modemkarten erweitert werden. Falls ein neuer Access-Server beschafft werden muß, sollte dieser zur Minimierung des Managementaufwands vom gleichen Typ wie bisher schon eingesetzte Geräte sein. Die in den Hochschulen zur Zeit eingesetzten Geräte stammen zumeist von den Herstellern Ascend oder Cisco.

Die Anzahl der parallelen Sitzungen wird von der Anzahl der installierten S2m-Schnittstellen im Access-Server bestimmt (30 ISDN-B-Kanäle pro S2m-Schnittstelle). Sitzungen können mit Nutzern von ISDN-fähigen PCs und per analogem Modem angeschlossenen PCs durchgeführt werden. Für jede mit einem analogen Modem aufgebaute Verbindung wird zusätzlich ein internes Modem, welches sich auf einer Zusatzkarte im Access-Server befindet, belegt. Die Anzahl dieser Zusatzkarten ist entsprechend zu dimensionieren.

Die Kosten für einen kompletten Access-Server des Typs Cisco AS5300 mit 4 Primärmultiplex-Anschlüssen und 60 56K-Modems, sowie einem Ethernet- bzw. Fast-Ethernetanschluß betragen derzeit ca. 60 TDM.

Falls keine Erweiterungseinheit notwendig ist, fallen je nach Typ und Hersteller der TK-Anlage für ein zusätzliches S2m-Interface in der TK-Anlage Kosten zwischen 5 TDM (Bosch, Alcatel) und 20 TDM (Siemens Hicom 300) an. Bei einer notwendigen Erweiterungseinheit für die TK-Anlage müssen die Kosten individuell bestimmt werden, sie liegen zwischen 20 und 100 TDM.

Einzelarbeitsplätze können über eine handelsübliche ISDN-Karte (z.B. Teles, AVM, ...) im PC an einen ISDN-S0-Anschluß an der TK-Anlage oder über ein analoges Modem an eine Analogschnittstelle der TK-Anlage angebunden werden. Die Kosten für ein Modem bzw. für eine ISDN-Karte liegen im Bereich weniger hundert DM. Ein zusätzlicher Analog-Anschluß in der TK-Anlage kostet gleichfalls einige hundert DM, ein S0-Anschluß kostet je nach Hersteller und Typ der TK-Anlage von wenigen hundert DM bis zu ca. 4000,- DM pro Anschluß.

Analoge Anschlüsse bieten eine Kapazität von bis zu 56 Kb/s bei Verwendung der neuesten Modemtechnologie. 56 Kb/s können dabei nur im Optimalfall erreicht werden, realistische Übertragungsraten liegen bei ca. 40 Kb/s. Diese Bandbreite reicht lediglich für den Anschluß von Einzelarbeitsplätzen aus.

ISDN-S0 Anschlüsse bieten eine Bandbreite von 64 Kb/s, bei Kanalbündelung auch 128 Kb/s. Bei geringen Anforderungen kann diese Bandbreite zum Anschluß kleiner Instituts- bzw. Bibliotheksnetze ausreichen. In diesem Fall wird das Institutsnetz über einen Router mit ISDN-S0-Schnittstelle an eine S0-Schnittstelle der TK-Anlage angebunden. Die Kosten für einen Router liegen zwischen 1000,- DM und 4000,- DM. Zur Minimierung des Managementaufwands sollte der Router vom gleichen Hersteller wie die normalerweise im Hochschulnetz eingesetzten Router stammen.

Durch die geringe zur Verfügung stehende Bandbreite ist die Nutzung moderner multimedialer Applikationen (z.B. Audio-, Videokonferenzen, Joint Editing) über eine derartige Anbindung nicht möglich, einfache WWW-Zugriffe ohne Nutzung aufwendiger Grafiken, Dateitransfers oder Dialogsitzungen sind jedoch möglich. Bei Anbindung von Institutsnetzen sollte der eingesetzte Router über die Möglichkeit verfügen, bestimmte Verkehrsklassen zu priorisieren, so daß z.B. Dialogsitzungen vorrangig vor Dateitransfers behandelt werden können.

2.2.2 xDSL

Mit Hilfe der Digital Subscriber Line (DSL) Technik ist es möglich, auf konventionellen Telefonleitungen Datenraten bis hin zu 25 Mb/s zu übertragen. Je nach verwendeter Technik steht diese Bandbreite symmetrisch in beide Richtungen (HDSL, SDSL) bzw. asymmetrisch (ADSL, VDSL) zur Verfügung. Bei asymmetrischen Verfahren steht in der Richtung zum Teilnehmer, hier also dem Instituts- bzw. Bibliotheksnetz eine höhere Bandbreite zur Verfügung. Asymmetrische Verfahren eignen sich demnach nicht zur Anbindung eines Instituts bzw. einer Bibliothek mit einem stark von außen frequentierten Server.

Das symmetrische HDSL Verfahren verwendet zwei Doppeladern, die anderen Verfahren verwenden eine Doppelader eines normalen Telefonkabels. Das Übersprechen zwischen den beteiligten Adern, sowie mit benachbarten Adern erlangt beim Einsatz der verschiedenen DSL-Techniken durch das große Frequenzspektrum eine besondere Bedeutung. Die physikalischen Eigenschaften der verwendeten Kabel müssen vor dem Einsatz der Technologie bekannt sein.

Im Bereich der symmetrischen Verfahren hat sich die HDSL-Technik durchgesetzt. Der Anschluß der Endgeräte geschieht über eine serielle Schnittstelle (X.21 oder RS-449) eines Routers, alternativ sind Geräte mit einer integrierten Ethernet-Bridge verfügbar. Die Kosten für ein Gerätepaar betragen ca. 5000,- DM, hinzu kommen eventuell die Kosten für zusätzliche Schnittstellen in den Routern.

Die asymmetrischen Verfahren haben im kommerziellen Bereich eine deutlich höhere Bedeutung gewonnen als die symmetrischen Verfahren. Verschiedene Carrier führen bundesweit ADSL Pilotversuche durch, z.B. das Projekt an der Universität Münster zur Anbindung von Wohnheimen.

Abbildung 3 zeigt das ADSL Referenzmodell. Über einen Frequenzteiler werden in der Zentrale die Telefonsignale mit auf das ADSL-Signal gemultiplext. Die Weiternutzung von Telefondiensten zusätzlich zur Datenanbindung auf derselben Leitung ist daher möglich.

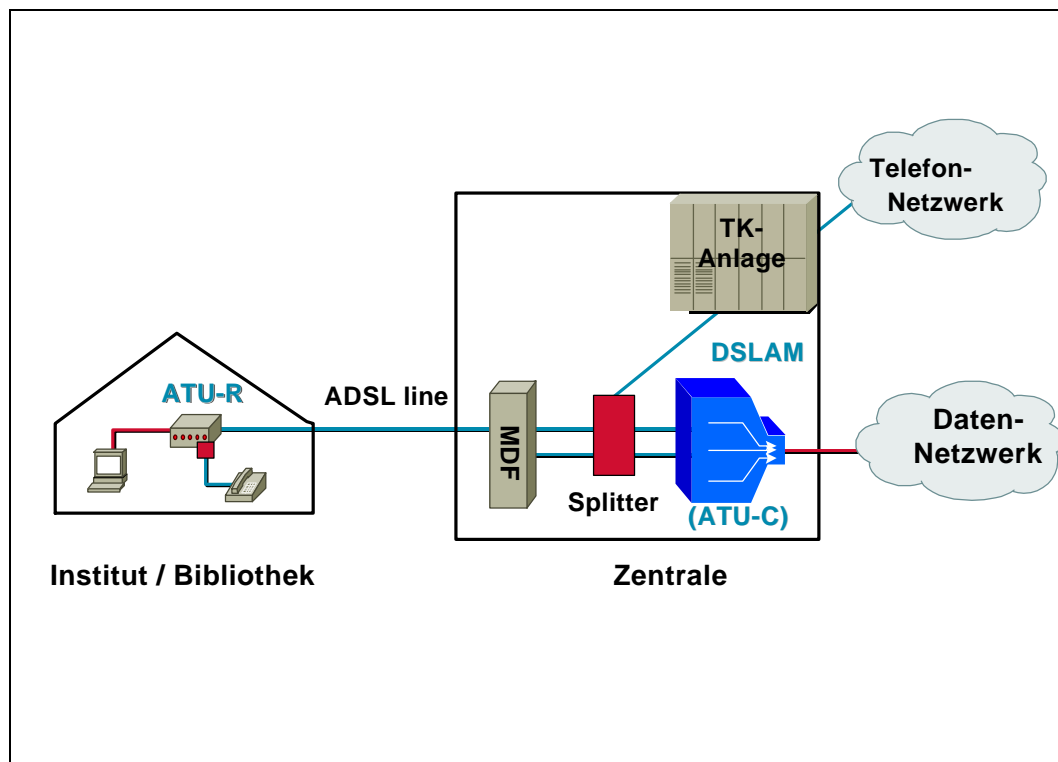


Abbildung 3: ADSL Referenzmodell

Die zur Zeit auf dem Markt erhältlichen Geräte unterstützen zur Zeit lediglich analoge Telefonanschlüsse, die Unterstützung von ISDN-Anschlüssen ist von einigen Herstellern für die 2. Hälfte 1998 angekündigt worden.

Der Anschluß von Endgeräten an die ADSL-Teilnehmerschnittstelle kann entweder mit Ethernet oder ATM erfolgen, dies ist in den Abb. 4 und 5 dargestellt.

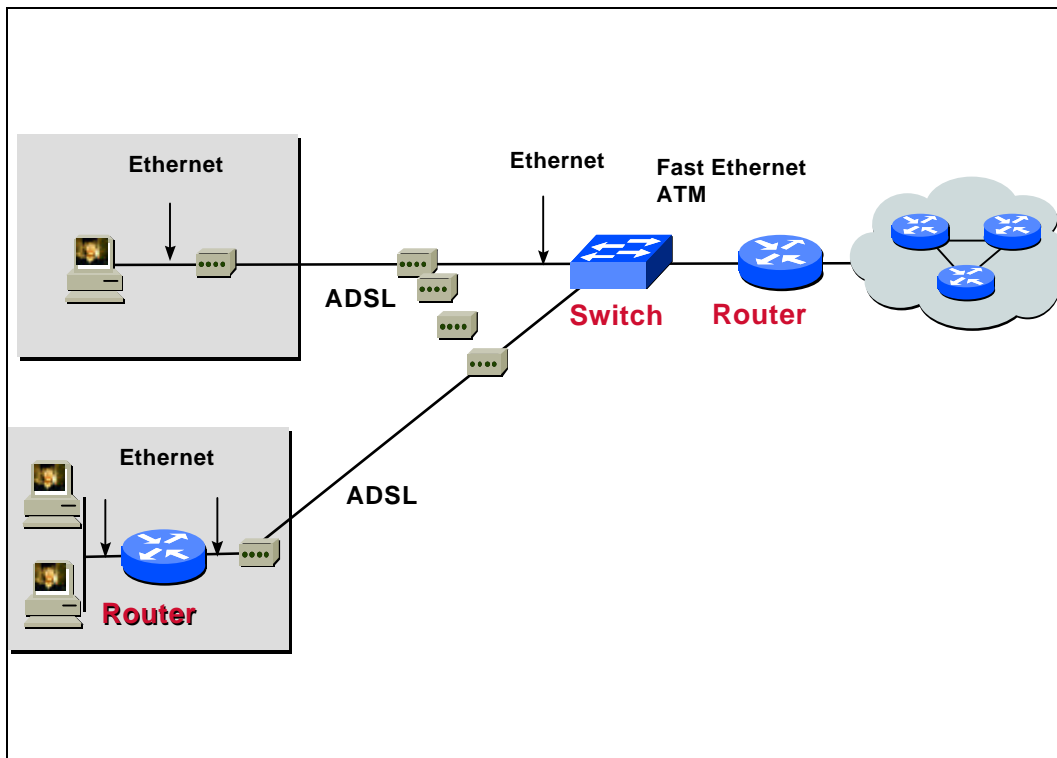


Abbildung 4: ADSL mit Ethernetanschluß

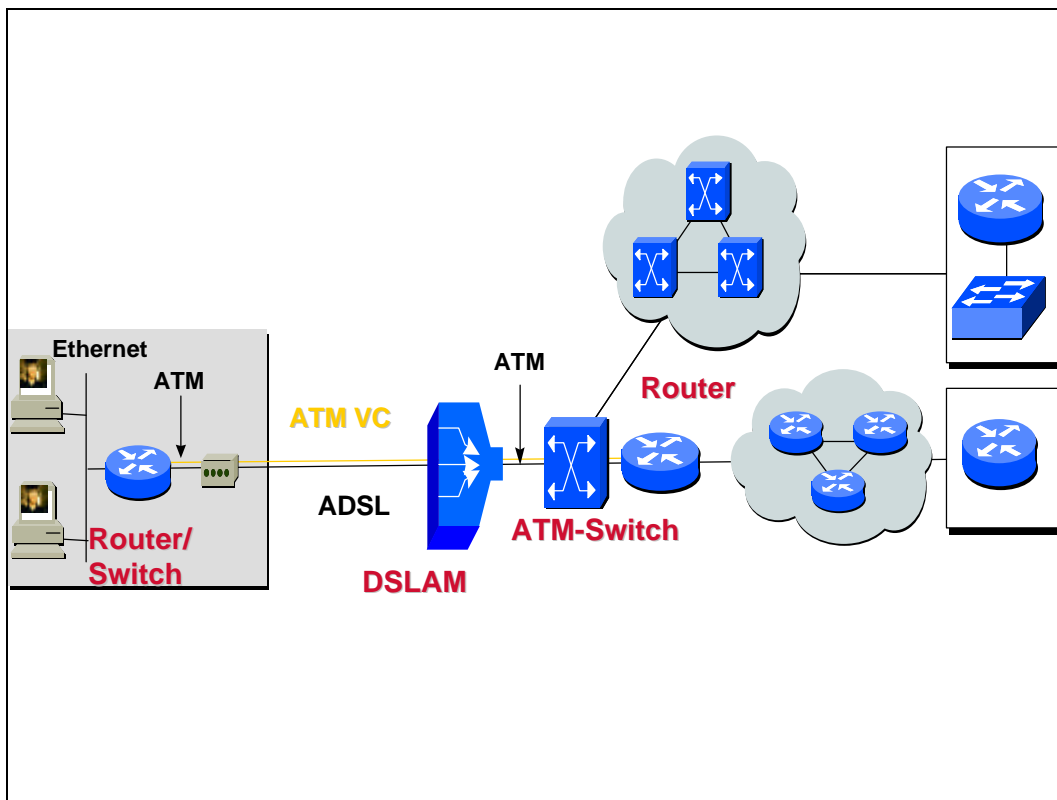


Abbildung 5: ADSL mit ATM-Anschluß

Der Einsatz eines Routers vor Ort ist bei der Ethernet-Variante optional. Zentral wird hier ein per Fast-Ethernet oder ATM an das Hochschulnetz angeschlossener Ethernet-Switch zur Verteilung auf die einzelnen ADSL-Segmente eingesetzt.

Im ATM-Fall ist zum Anschluß von ATM-Endgeräten im Institut bzw. der Bibliothek ein lokaler ATM-Switch notwendig. Die meisten Endgeräte verfügen nicht über eine direkte ATM-Schnittstelle bzw. sind nur unter hohem Kostenaufwand nachrüstbar. Es empfiehlt sich daher vor Ort eine Umsetzung mit Hilfe eines Routers auf Ethernet bzw. Fast-Ethernet. Die Kosten der ATM-Infrastruktur sind deutlich höher als die der Ethernet-Anbindung, sowohl im Institut bzw. der Bibliothek, als auch auf zentraler Seite. Wird als Übertragungsprotokoll hauptsächlich IP eingesetzt, ist der zusätzliche Overhead bei ATM zu berücksichtigen. Die effektiv nutzbare Bandbreite reduziert sich durch ATM um ca. 12%.

Die ersten VDSL-Geräte werden Mitte 1998 verfügbar sein. Die Geräte werden entweder eine 25 Mb/s ATM-Schnittstelle, oder eine Fast-Ethernet-Schnittstelle zum Anschluß von Endgeräten bieten.

Beim Netzdesign sollte auf folgende Punkte geachtet werden:

xDSL funktioniert nur auf galvanisch geschalteten Leitungen. Diese Leitungen sind zwar in eigenen Telefonnetzen vorhanden, bei anderen Anbietern aber meist nicht mehr als analoge, galvanisch geschaltete Verbindungen zu bekommen.

Wegen des starken Übersprechens sollten E1- und xDSL-Dienste nicht in einem Kabel betrieben werden.

ADSL sollte nicht gegenläufig in einem Kabel betrieben werden.

Für die Leistungsfähigkeit von xDSL ist Leitungsdurchmesser und Leitungslänge entscheidend.

2.3 Drahtlose Übertragungssysteme

2.3.1 Funknetze

Nicht gerichtete Funknetze erlauben eine Übertragungsrate von bis zu 4 Mb/s in einem Umkreis von ca. 500m um den Sender. Betonwände können den Empfang stören bzw. ähnlich dem Einfluß auf die Mobiltelefonie verhindern.

Der Anschluß an das Hochschulnetz bzw. Teilnehmernetz geschieht über eine serielle oder Ethernet-Schnittstelle in den Routern.

Die prinzipbedingte Abhörbarkeit dieser Technik erzwingt den Einsatz von Verschlüsselungstechnologie, diese ist in den meisten Geräten integriert. Derartige Funknetze sind in großem Umfang bei der Universität Tübingen im Einsatz.

Die Kosten für die Einrichtung eines Funknetzes ist abhängig von der Anzahl der eingebundenen Geräte liegt für 10-20 Geräte bei 20.000,- bis 30.000,- DM.

2.3.2 Richtfunk

Mit Hilfe der Richtfunktechnik können Entfernungen von mehreren Kilometern bei Bandbreiten von $n * 2$, 34 Mb/s, 155 Mb/s bis zu 622 Mb/s überbrückt werden. Im Allgemeinen ist eine direkte Sichtverbindung zwischen Sender und Empfänger erforderlich, sie kann eventuell durch aktive oder passive Relaisstationen sichergestellt werden. Die Errichtung einer Richtfunkstrecke muß vom BAPT genehmigt werden.

Richtfunkstrecken werden an mehreren NRW-Hochschulen eingesetzt (u.a. FH Köln, Uni Bielefeld (34 Mbit/s)).

Die Anbindung an das Hochschulnetz bzw. das Teilnehmernetz vor Ort geschieht über serielle oder E3 bzw. OC-3 Schnittstellen an Switches bzw. Router.

Die Kosten für die Einrichtung einer Richtfunkstrecke betragen je nach Bandbreite und Entfernung zwischen 30 TDM und mehreren hundert TDM.

2.3.3 Laserlink

Mit Hilfe von optischen Richtfunksystemen (Laserlink) können Entfernungen von bis zu 3 km bei Bandbreiten von 10 Mb/s, 100 Mb/s, 155 Mb/s oder 622 Mb/s überbrückt werden. Zwischen Sender und Empfänger ist eine direkte Sichtverbindung erforderlich. Die Einrichtung einer Laserlinkstrecke ist nicht genehmigungspflichtig.

Laserlinks werden mit optischen Schnittstellen an entsprechende Ethernet, Fast-Ethernet, FDDI- oder ATM-Schnittstellen von Routern, Ethernet-Switches oder ATM-Switches angebunden.

Optische Richtfunkverbindungen können durch Witterungsverhältnisse beeinflusst werden. Bei schlechter Sicht durch starken Niederschlag oder Nebel kommt keine Verbindung mehr zustande. Eine Laserlinkstrecke sollte daher auf jeden Fall durch eine ISDN-Anbindung abgesichert werden.

Richtfunkstrecken werden an mehreren NRW-Hochschulen eingesetzt (Uni Duisburg, Uni Essen (100 Mbit/s)).

Die Kosten für die Einrichtung einer Laserlinkstrecke liegen zwischen 20 und 150 TDM.

3 Hinweise zum optimierten Einsatz der Technologien

Bei ISDN- und Modemwählverbindungen für Studierende oder Mitarbeiter vom Heimarbeitsplatz auf das Hochschulnetz hat sich zur Entlastung der Anschlüsse auf der Zentralseite die Einführung eines automatischen Abbaus der Verbindung nach einer bestimmten Inaktivitätszeit bewährt. Durch regelmässiges Absenden von IP-Paketen, z.B. ICMP-Echo Paketen (ping) kann dieser Mechanismus leicht unterlaufen werden. Bei Einwahl über das Telefonnetz von außen wird die Verbindungsdauer meist zusätzlich auf Teilnehmerseite durch die hohen zu entrichtenden Telefongebühren begrenzt. Dies ist bei einer hochschulinternen Verbindung jedoch nicht gegeben. Dadurch ergibt sich eine deutlich höhere durchschnittliche Verbindungsdauer als bei externen Verbindungen. Das Verhältnis Anzahl der Nutzer zu Anzahl der Einwahlmöglichkeiten ist hier – gerade bei Institutsnetzen mit faktischen Dauerwählverbindungen – anders zu bestimmen, im Extremfall kann ein 1:1 Verhältnis notwendig sein.

Die Verwendung von IP Adresspools zusammen mit einer Zeitbegrenzung hat sich bei internen Verbindungen zusätzlich als Problem erwiesen. Nach Unterbrechung bzw. folgendem Wiederaufbau ist nicht mehr garantiert, daß dem einwählenden Klienten dieselbe IP-Adresse zugewiesen wird. Sämtliche bestehenden IP Verbindungen müssen daher neu aufgebaut werden. Bei Nutzung einer Zeitbegrenzung hat sich daher die Verwendung von statischen IP Adressen für interne Nutzer bewährt.

4 Literatur

- [1] Campus-Online, MWF NRW 1997, Wissenschaftsserver NRW, <http://www.mwf.nrw.de>