Diplomarbeit in der

Fachhochschule Osnabrück

im Fachbereich Elektrotechnik und Informatik

Diplomant: Markus Bresch
Matrikel: 126366

Nachrichtentechnische Infrastruktur in Studentenwohnheimen des Osnabrücker Studentenwerkes

Erstprüfer: Prof. Dr. Gerald Timmer
Zweitprüfer: Prof. Dr. Werner Söte

Bearbeitungszeitraum: 01.09.1999 bis 01.12.1999

Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung

1.1 Vorwort

In den letzten Jahren hat es sich eindeutig herauskristallisiert: Elektronische Datennetze, allen voran das Internet, sind die Technologie der Zukunft. Die Menge an Jobangeboten in diesem Bereich unterstreicht dies zusätzlich. Hochschulen mit ihren Studierenden waren die Vorreiter und sollten es auch bleiben. Obwohl Internet-Service-Provider, sowohl ganz große wie die Deutsche Telekom AG, als auch kleine, aufgrund des Konkurrenzdruckes die Zugangskosten zum Internet und damit zu allen anderen Netzen immer weiter senken, stellt eine Standleitung zum Hochschulnetz mit einer hohen Geschwindigkeit immer noch ein Privileg dar, was mit einem langsamen ISDN-Wählanschluß nicht zu vergleichen ist. Nach wie vor bekommen Studierende, die in einem Wohnheim wohnen, was an die Universität angebunden ist, ungewöhnlich gute Ressourcen für das Studium zur Verfügung gestellt. Gleichzeitig werden damit aber auch alle von der Universität oder Fachhochschule zur Verfügung gestellten Rechner extrem entlastet. Ein wesentliches Ziel dieser Arbeit soll es sein Wohnheime preisgünstig und und mit hoher Geschwindigkeit an das Hochschulnetz und das Internet anzubinden. Dabei spielen neue Technologien die wesentliche Rolle.
Die Integration verschiedener nachrichtentechnischer Dienste auf einer Leitung, insbesondere auf schnellen Glasfaserleitungen, gewinnt immer mehr an Bedeutung. Ziel dieser Diplomarbeit ist es auch neue Konzepte auf die Durchführbarkeit in Studentenwohnheimen zu überprüfen. Viele Hochschulstandorte in Deutschland experimentieren zur Zeit in diese Richtung. Nicht zuletzt lassen sich diese Konzepte dann auch auf andere Wohnanlagen anwenden.
Nach 3 Jahren, einer langen Zeit in einer schnellebigen Informationsgesellschaft, besteht auch eine gewisse Notwendigkeit die in Clausthal vorgelegte Diplomarbeit durch aktuelle Technologien und Trends zu ergänzen. Herr Kiel hatte 1996 eine hervorragende Basis für den Bau von Wohnheimnetzen in ganz Europa geschaffen. Während die Arbeit sehr allgemein und unabhängig vom Standort verfaßt war, soll in dieser Diplomarbeit konkret auf den Standort Osnabrück mit allen Vorzügen und Problemen eingegangen werden. Abschließend erfolgt dann eine konkrete Planung.

Das bei Diplomarbeiten übliche Konzept "erst Bestandsaufnahme, dann eigenständige Arbeit" verschwimmt hier. Nur so war es möglich Auswirkungen zu begründen und chronologisch anzuordnen. Ausschließlich das Kapitel 2 enthält eine reine Bestandsaufnahme. Ab Kapitel 3 enthält der Text immer wieder Auswertungen, die für die eigentliche Arbeit relevant sind. Kapitel 4 beinhaltet Bestandsaufnahme und Planungsarbeit zu je 50%, ab Kapitel 6 folgt dann ausschließlich Planung und Auswertung. Weil es sich hierbei um eine Diplomarbeit im Fachgebiet Nachrichtentechnnik handelt, wurden die wirtschaftlichen Betrachtungen in die separaten Kapitel 8 und 9 ausgegliedert.
Die gesamte Arbeit liegt in 2 Versionen vor: gedruckt und online im Internet. Deshalb mußte ein Kompromiß gefunden werden, der sich darin äußert, daß die im Internet farbigen Grafiken in der gedruckten Version schwarz-weiß gerastert und deshalb teilweise nicht einwandfrei erkennbar sind. Aufgrund des farbigen Standards im Datennetz konnte aber nicht auf bunte Grafiken verzichtet werden. Auch wird zur Erläuterung von Fachbegriffen teilweise auf Links innerhalb des Textes zurückgegriffen, die in der gedruckten Version natürlich nicht nutzbar sind. Im Zweifelsfall sollte also ab dem 1. Dezember 1999 auf die Internetversion unter folgender Adresse zugegriffen werden: http://www.sedan.uni-osnabrueck.de/~mbresch/diplom/

1.2 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die mich bei der Erstellung dieser Diplomarbeit unterstützt haben. Insbesondere wurde ich auch von vielen Firmen mit Informationen und Angeboten versorgt, die ich für die wirtschaftliche Betrachtung auch dringend brauchte. Ohne deren Hilfe wäre ein Kalkulation nicht möglich gewesen. Auch die Mitarbeiter der Rechenzentren Universität und Fachhochschule haben mir oft bei Problemen und Fragen mit Rat und Tat zur Seite gestanden.
Namentlich möchte ich Herrn Prof. Dr. Gerald Timmer für das interessante Themengebiet und Frau Ursula Rosenstock vom Studentenwerk Osnabrück für das Interesse an meiner Arbeit und die großartige Unterstützung danken.

1.3 Bezug

Vorausgesetzt wird in dieser Diplomarbeit eine gewisse Einarbeitung in die Themen Rechnernetzwerke und Studentenwohnheime im Zusammenhang mit Nachrichtentechnik. Dazu eignet sich in erster Linie die 1996 erstellte Diplomarbeit von Hans-Ulrich Kiel, eine ca. 100 Seiten lange Abhandlung zu dem Thema. Das Werk hat sich inzwischen zu einem Standardwerk für die Rechnernetzplanung in Studentenwohnheimen entwickelt. Oft wird in dieser Diplomarbeit auf Textstellen in den Unterlagen aus Clausthal verwiesen. Meist bauen die folgenden Betrachtungen auf den Arbeiten von 1996 auf.
Wenn im folgenden der Begriff "Netz" erwähnt wird, könnte dort auch genauso der Begriff "Netzwerk" stehen oder umgekehrt. Der Begriff "Netz" entstand im Zuge des Ausbau der früheren Telegraphiestrecken zu einem Telefonnetz unter der Verwaltung der ehemaligen Deutschen Bundespost. Der Begriff "Netzwerk" wurde mit der Erfindung der Rechnernetze in den USA (Network) eingeführt und einfach 1 zu 1 in das deutsche übersetzt. Heute meinen beide Begriffe im Themengebiet Nachrichtentechnik das gleiche: Ein nachrichtentechnisches Gebilde in dem von jedem Anschluß auf irgendeine Weise ein anderer Anschluß angesprochen werden kann. Elektrotechniker verwenden den Begriff "Netzwerk" gerne für theoretisch zu berechnende Widerstandsnetzwerke. Um Verwechslungen auszuschließen sei an dieser Stelle erwähnt, daß damit kein Zusammenhang besteht.

2. Studentenwohnanlagen in Osnabrück, eine kleine Reise

In der Stadt Osnabrück existieren im Augenblick 28 Studentenwohnanlagen, die vom Osnabrücker Studentenwerk, von der Universität oder einer Stiftung unterhalten werden. Im einzelnen sind das folgende Wohnheime, Wohnhäuser und Gästehäuser:

- Wohnheime und Wohnhäuser des Studentenwerkes (der Unterschied zwischen Wohnheimen und Wohnhäusern liegt in der Größe der Wohngemeinschaften; während bei Wohnhäusern die Studierenden in Wohngemeinschaften mit ca. max. 7 Leuten zusammenwohnen, wohnen in Wohnheimen die Studenten auf Fluren mit ca. 10 bis 20 Personen zusammen, der Übergang zwischen den Bezeichnungen ist jedoch fließend.):
  - Dodesheide: Es handelt sich um ein altes, traditionelles Wohnheim mit 212 Plätzen; gelegen im Stadtteil Dodesheide, versorgt es hauptsächlich die grünen Fachbereiche der Fachhochschule Osnabrück mit Wohnplätzen.
  - Hof Luhrmann: Ein ehemaliger Bauerhof mit 4 Gebäuden wurde hier, zwischen den Stadtteilen Haste und Gartlage, zu einem Studentenwohnhaus umgebaut. Das ländliche Flair ist dabei erhalten geblieben und prägt die 55 Wohnplätze.
  - Haste: Aus Osnabrück heraus in Richtung Rulle liegt im Wald auf einem kleinen Berg das Wohnheim mit 24 Zimmern. Es handelt sich um einen alten Fachwerk- / Bruchsteinbau, von dem man eine hervorragende Aussicht genießt.
  - Jahnplatz: Mit ca. 270 Plätzen handelt es sich um ein recht großes Wohnheim. Das Gebäude ist eine ehemalige Fabrik, die durch Umbau und Erweiterungen zu einem Studentenwohnheim gemacht wurde.
  - Jahnstraße: Fast direkt neben dem Jahnplatz steht das relativ neue Gebäude mit 104 Wohnplätzen. Wie auch im Jahnplatz-Wohnheim wohnen dort überwiegend Studierende der Universität, die im Innenstadtbereich studieren.
  - Sedanstraße: Das 202 Zimmer zur Verfügung stellende Wohnhaus liegt am Fuße des Westerberges. Der Vorteil ist der Fußweg zu den Gebäuden der Universität und der Fachhochschule am Westerberg.
  - Natruper Straße: Im dem Studentenwohnhaus leben 52 Studierende in Wohngemeinschaften und Appartments. Zwischen Westerberg und Innenstadt gelegen, bietet es in beide Richtungen kurze Wege an.
  - Sedanstraße 2a: Eine 2 Personen Wohnung wird im Obergeschoß des Kinderhortes bewohnt und befindet sich in unmittelbarer Nähe des Wohnhauses Sedanstraße und des Westerberges.
  - Salzmarkt: Das Wohnheim befindet sich im Neubaukomplex des umgestalteten Salzmarktes (Tiefgarage, Markthalle, usw.). Mit 104 Studierenden gehört es zu den größeren Wohnheimen.
  - Ziegelstraße: Es handelt sich um ein kleines Wohnheim in der Nähe der Knollstraße. Der Altbau bietet 21 Studierenden Platz.
  - Rostocker Straße: 11 Reihenhäuser stellen in Haste 55 Wohnplätze zur Verfügung. Dabei teilen sich immer 5 Studierende ein Haus mit 3 Etagen.
  - Blumenmorgen: 57 Studierende wohnen in unmittelbarer Nähe zur Fachhochschule Haste in Reihenhäusern, die den Häusern in der "Rostocker Straße" sehr ähnlich sind.
  - Caprivistraße: Das Wohnheim ganz oben auf dem Westerberg liegt sehr nahe an den technischen Fachbereichen der Fachhochschule und bietet 48 Studierenden Platz.
  - Haus auf der Stadtmauer: Das kleinste Studentenwohnheim bietet einem Studierendem Platz und grenzt direkt an das Stadthaus am Rißmüllerplatz.
  - Wachsbleiche: Ein Altbau, im traditionellen Wohnungsbau, der jetzt 12 Studierende beheimatet, liegt sehr nahe am Wohnhaus Natruper Straße.
  - Katharinenstraße: Mit 11 Wohnpläzen ist das Haus eher klein, liegt jedoch recht ruhig an der Fahrradstraße im Katharinenviertel und sehr dicht an den Universitätsgebäuden in der Innenstadt.
  - Mindener Straße: Das ehemalige Wasserwerk beheimatet 20 Studierende, liegt jedoch sehr weit außerhalb von Osnabrück.
  - Lüstringer Straße: Das Schinkelwohnheim mit 48 Plätzen besteht aus Neu- und Altbau und bietet ein recht ruhiges Wohnen im Stadtteil Schinkel.

- Klushügel: 3 benachbarte Häuser, die direkt an einer Bahnstrecke liegen, werden dort als Studentenwohnheim genutzt und bieten 51 Zimmer.
    - Wörthstraße: Das Wohnhaus bietet neben 76 Zimmern auch eine ruhige Wohnlage trotz direkter Lage am Rosenplatz in Osnabrück.
    - Leggeweg: Direkt am Wohnhaus Wörthstraße befinden sich Reihenhäuser, die an die Häuser an der Rostocker Straße erinnern. 65 Studierende finden hier Platz.
    - Kommenderiestraße: Es ist ein auch recht neues Wohnhaus, was auf recht kleinem Raum Platz für 42 Leute zur Verfügung stellt und sehr Nahe am Schloßgebäude der Universität liegt.
    - Wiesenstraße: Dieses 'normale' Wohnhaus kann von max. 20 Studierenden bewohnt werden und bietet damit Platz mitten in der Stadt.
- Hermann-Ehlers-Stiftung
    - Die Hermann-Ehlers-Stiftung bietet deutschlandweit Studentenwohnplätze an. In Osnabrück ist es das Hermann-Ehlers-Haus am Kurt-Schumacher-Damm mit 361 Wohnplätzen. Die Stiftung vermietet alle Plätze selbst, ohne Vermittlung durch das Studentenwerk.
- Gästehäuser des Studentenwerkes in Zusammenarbeit mit der Universität (Gästehäuser bieten eine gehobenen Wohnkomfort für Diplomanden und Doktoranten, die kurzzeitig, 3 Monate bis 3 Jahre, in Osnabrück wohnen.):
    - Lührmannstraße: 10 Appartments stehen den Bewohnern in dem aufwendig renovierten Altbau mit viel Fachwerkelementen zur Verfügung, desweiteren bietet das Gebäude mehrere Gemeinschaftsräume an.
    - Gästehaus Kamp: 5 Personen können in dem Haus an der Redlinger Straße wohnen.

2.1 Derzeitiger Zustand

Die nachrichtentechnische Infrastruktur in den einzelnen Bauwerken ist stark unterschiedlich. Um alle Details zu erfassen war eine aus ausführliche Informationstour erforderlich.

2.11 Bestehende oder in Bau befindliche Rechnernetze

Im Vorfeld (die letzten 3 Jahre) gab es in den Wohnheimen insgesamt 4 studentische Initiativen, deren Ziel es war Rechnernetze in Wohnheimen zu installieren, die mit dem Hochschulnetz verbunden sind und damit einen Zugriff auf die weltweiten Datennetze ermöglichen. Leider waren nicht alle Initiativen erfolgreich, jedoch kann zumindest teilweise auf deren Vorarbeitet aufgebaut werden:

2.111 Sedanstraße

1998 wurde im Studentenwohnhaus Sedanstraße ein Rechnernetz installiert, was vom Betreiberverein SedaNet e.V. betrieben wird. Dieses Netz bietet einen Anschlußpunkt in jedem bewohnten Zimmer und einen Anschluß an das Hochschulnetz über ein Glasfaserkabel. Zu erwähnen ist, daß das Netz nahezu vollständig in studentischer Eigenarbeit installiert wurde und auch fast vollständig durch Sponsoren und Kredite, die durch die einmalige Anschlußgebühr an das Netz getilgt werden, finanziert wurde. Geplant wurde eine relativ alte Technologie (10Base2, siehe Kapitel 3.121) für einen Zeitraum von ca. 5 Jahren, um die Finanzierung zu ermöglichen und den Arbeitsaufwand in Grenzen zu halten.

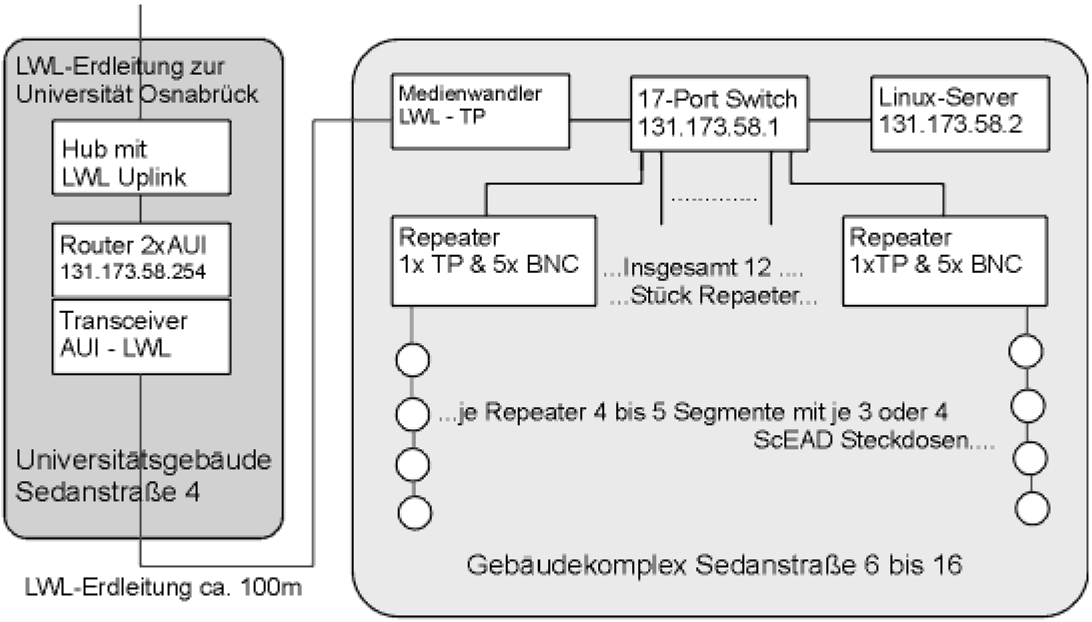


Abb. 1: Technisches Schaubild zum Netz im Wohnhaus Sedanstraße

2.112 Hermann-Ehlers-Haus

Das Netzwerk im Hermann-Ehlers-Haus war das erste Rechnernetz in Osnabrücker Studentenwohnheimen. Geplant und gebaut wurde es von Bewohnern 1996/1997 in Zusammenarbeit mit der Firma Osmo aus Georgsmarienhütte. Die Technologie beruht weitestgehend auf Kat5 und LWL (Lichtwellenleiter) Verkabelung (siehe Kapitel 3.12). Ein Rechneranschluß in jedem bewohnten Zimmer ist möglich. Die Anbindung an das Hochschulnetz erfolgt z.Zt. über eine ADSL Standleitung der Firma osnatel. Finanziert wurde das Projekt durch Spenden der Industrie (kooperierende Firmen der Hermann-Ehlers-Stiftung) und der Stiftung selbst. Mit fortlaufendem Austausch aktiver Komponenten durch aktuelle Technik läßt sich das Netz mit Sicherheit weitere 10 Jahre betreiben. Die Administration und anfallende Wartungsarbeiten werden von studentischen Beauftragten der Hausverwaltung erledigt.
In den folgenden Kapiteln wird auf dieses Wohnheim nicht mehr eingegangen, weil es nicht direkt das Thema der Diplomarbeit berührt. Das Netzwerk wird hier nur als Beispiel und wegen der Vollständigkeit erwähnt.

2.113 Caprivistraße

Die Idee im Wohnheim Caprivistraße entstand Ende 1998 aufgrund von Erdarbeiten der Fachhochschule Osnabrück, die am Wohnheim vorbeiführten. Es lag nahe eine Anbindung des Wohnheimes an das Hochschulnetz in einem Arbeitsgang (Erdarbeiten) durchzuführen, um erhebliche Kosten zu sparen. Deshalb wurde eine Lichtwellenleiterkabel vom Wohnheim zum Fachhochschulgebäude an der Caprivistraße eingezogen. Nach monatelangem Stillstand der weiteren Planungen ergriff das Studentenwerk selbst die Initiative und plante in Zusammenarbeit mit dem Staatshochbauamt das zugehörige Inhausnetz. Die Installation durch die betreuenden Hausmeister hat mittlerweile begonnen. Es wird eine Kat5 Verkabelung (siehe Kapitel 3.122) mit einem Anschlußpunkt in jedem Zimmer eingebaut. Die Planungen für die Realisierung der Anbindung, die aktiven Komponenten und den Serverbetrieb sind noch nicht abgeschlossen. Die Finanzierung soll durch eine Mieterhöhung von DM 5,- pro Monat erfolgen.

2.114 Jahnplatz

Im Jahr 1998 beschäftigte sich eine Arbeitsgruppe aus Bewohnern des Wohnheimes mit der Planung eines Rechnernetzes für das Wohnheim Jahnplatz. Das Ergebnis liegt fast vollständig vor und läßt eine Ausführung der Arbeiten durch eine Netzwerkfirma mit geringen Modifikationen zu. Geplant wurde ein Netz ähnlich dem im Hermann-Ehlers-Haus, auf Kat5 und LWL-Basis mit einem Anschlußpunkt in jedem bewohnten Zimmer. Die Anbindung an das Hochschulnetz sollte über eine ADSL-Verbindung der Hochschule aus dem Zentrum für Hochschulsport heraus erfolgen, was sich in unmittelbarer Nähe befindet. Der Netzbetrieb blieb in den Planungen offen. Die ehemaligen Planer wollten jedoch die Verantwortung der Realisierung nicht übernehmen, weil sie sich letztendlich nicht zutrauten das Projekt unter allen Umständen vollständig durchzuführen, was erforderlich gewesen wäre, um den Kreditansprüchen des Studentenwerkes gerecht zu werden, welches das Projekt über eine Mieterhöhung vorfinanzieren sollte. Die finanzielle Abhängigkeit legte das Projekt dann bis heute 'auf Eis'.

2.12 Bisherige Anbindung von Wohnheimen an das Hochschulnetz

Insgesamt sind 3 bisherige Anbindungen zu betrachten. Weil es sich um eine Art 'gewachsene Struktur' handelt, wurden einfach die Wohnheime auf dem kürzesten oder kostenmäßig günstigsten Weg an das Hochschulnetz angeschlossen.

- Vom Hermann-Ehlers-Haus wurde die kürzeste Verbindung über das osnatel-Netz zu irgendeinem Universitätsgebäude genutzt, dieses war zufällig das Jura-Gebäude am Heger-Tor-Wall.
- Vom Studentenwohnhaus Sedanstraße lag es nahe einfach ein ca. 100m langes Kabel bis zu Sedanstraße 4 (Psychosoziale Beratungsstelle des Studentenwerkes) zu verlegen, weil dort sowieso ein Anschluß verfügbar war.
- Die Leitung vom Wohnheim Caprivistraße führt in die Verwaltung der Fachhochschule, der weitere Weg ist noch gar nicht geklärt, eine transparente Durchschaltung bis zur Universität erscheint jedoch sinnvoll.

Um gewisse Sicherheitsmechanismen in beide Richtungen der Anbindung einbauen zu können, müssen solche Anbindungen über Router oder Layer-3-Switches (siehe Kapitel 3.13) erfolgen. Im Falle des Hermann-Ehlers-Hauses und der Sedanstraße ist das so realisiert worden. Desweiteren erfolgt die Anbindung der bisherigen Wohnheime mit einer Geschwindigkeit von 8 bzw. 10 Mbit/s, was zur Zeit vollkommen ausreicht, jedoch in der Zukunft ein Problem darstellt. Dann müßte neue aktive Hardware (Router o.ä.) eingebaut werden; eine Einbindung der bisherigen Wohnheime in eine übersichtliche Planung ist also sinnvoll, um für die Zukunft vorbereitet zu sein.

2.13 Telefonieren in Wohnheimen, Anschlußversorgung

Sämtliche betrachteten Wohnheime verfügen über Telefonanschlüsse entweder direkt auf dem Zimmer oder in der Wohnung (Flur). Ein weiterer Bedarf ist auch nicht vorhanden. Die gewählte Telefongesellschaft (z.Zt. ausschließlich Telekom AG) kann über die Leitungen jeweils wahlweise ISDN oder analoge Telefonanschlüsse schalten. Auch in Zukunft zeichnet sich kein Telefonsystem ab, was anspruchsvollere Leitungen benötigt als die, die z.Zt. überall installiert sind. Damit scheidet die Integration des Inhaus-Telefonnetzes in die Netzwerktechnologie schon im Vorfeld aus. Außerdem ergibt sich eine 100% ige Trennung der Netze, das bildet ein Havarie-Konzept: falls das Rechnernetz ausfällt wird das Telefonnetz dadurch dann nicht beeinflußt.

2.14 Fernseh- und Radioprogrammversorgung

Bei dem Großteil der betrachteten Wohnheime ist mit jedem Zimmer ein Breitbandkabelanschluß der Kabelcom Osnabrück vorhanden. Die Gebühren werden über die Miete eingezogen. Lediglich die Wohnheime Wachsbleiche und Haste verfügen noch über keine Verteilanlage und bieten damit auch keine Anschlußmöglichkeit. Planungen der Hausmeister für das Wohnhaus

Wachsbleiche sind jedoch vorhanden und die Installation in der Vorbereitung.
Im Wohnheim Natruper Straße erfolgt eine selektive Anschaltung der Wohnungen an das Netz der Kabelcom, standardmäßig liegen die Anschlüsse auf einer Antennenverteilanlage. Dieses Verfahren erfordert einen enormen Aufwand sowohl bei den Technikern der Kabelcom als auch bei dem betreuenden Hausmeister des Studentenwerkes. Desweiteren leidet durch den ständigen Umbau (bei jeder An- bzw. Abmeldung wird umgeklemmt) die Infrastruktur (Anschlußdosen, Kabel, Kabeltragsysteme, Wände) ganz erheblich darunter. Auch wird von Studierenden von wilden Verkabelungen in den Wohnungen und defekten Anschlüssen berichtet. Dort müßte dringend Abhilfe geschaffen und ein vernünftiges System wiederhergestellt werden.
Im Wohnhaus Sedanstraße wurde vor ca. 2 Jahren im Rahmen der Rechnervernetzung ein neues Verteilsystem für Radio und Fernsehen installiert. Dort erfolgt jetzt die Einspeisung von u.a. 22 Fernsehprogrammen über eine zentrale Satelliten-Kopfstation. Die Gebühr an die Kabelcom Osnabrück entfällt dabei, weil das Fernsehsignal selbst aufbereitet wird. Es wird dort relativ preisgünstige Technik eingesetzt, die jedoch, was die eingespeisten Programme betrifft, relativ flexibel ist und jetzt seit 2 Jahren zuverlässig läuft.

2.2 So sollte ein Studentennetz aussehen: Vorgaben

Das Studentenwerk, als Auftraggeber, und die Universität, als Lieferant der Daten, haben am 15.10.99 über die Vorgaben ein Gespräch geführt. Es wurde geklärt, daß einer Anbindung weiterer Wohnheime mit insgesamt ca. 1250 Anschlüssen an das Rechenzentrum der Universität nichts im Wege steht. Die Anbindung der Wohnheime sollte jedoch einzeln erfolgen, ein benötigtes Routing oder Layer3-Switching der Administration des Rechenzentrums unterliegen. Eine gute Zusammenarbeit zwischen den Administratoren des Rechenzentrums und des Netzbetreibers wird angestrebt. Eine Zusammenarbeit bei der Neuerschließung von Datenübertragungsstrecken ist wünschenswert. Statische IP-Adressen werden vom Rechenzentrum zur Verfügung gestellt. Anschlußkosten, die durch den Anschluß von Wohnheimen entstehen, müssen durch das Projekt (Studentenwerk) finanziert werden.

2.21 Wo soll es in Zukunft Rechnernetze geben ?

Die Parteien sind sich bei diesem Gespräch darüber einig geworden, daß folgende Wohnheime an ein Osnabrücker Studentennetz mit einem Hochschulnetz-Gateway angeschlossen werden sollen:

- Dodesheide
- Jahnstraße
- Jahnplatz
- Sedanstraße
- Natruper Straße
- Caprivistraße
- Blumenmorgen
- Rostocker Straße
- Salzmarkt
- Wiesenstraße
- Kommenderiestraße
- Leggeweg
- Wörthstraße
- Klushügel
- Lüstringer Straße

Damit scheiden von dem Projekt nur sehr kleine Wohnheime, der "Hof Luhrmann" und die Gästehäuser aus. Natürlich steht einem späteren Anschluß dieser Häuser an das zentrale Netz nichts im Weg. Insgesamt sind in den anzuschließenden Wohnheimen 1393 Wohnplätze vorhanden, 202 Anschlüsse im Wohnheim Sedanstraße sind in Betrieb, es ist also incl. Hausmeistern und Servern von ca. 1200 zu planenden Anschlüssen auszugehen.

2.22 Voraussetzungen fü den Netzzugang

Wie auch in den bisher angeschlossenen Wohnheimen ist die Voraussetzung für den Netzzugang die Immatrikulation an der Fachhochschule oder der Universität. Desweiteren müssen die Nutzerordnungen des Wohnheimnetzes (Beispiel Sedanstraße), des Rechenzentrums der Universität und des DFN e.V. anerkannt werden.

2.23 Rechtliche Fragen

Für eventuelle strafrechtliche Vergehen der Netznutzer haftet zuerst einmal die Universität Osnabrück als Netzbetreiber. Diese wendet sich dabei aber in Folge, eventuell zusammen mit dem Subnetzbetreiber (z.B. Betreiberverein), an den betreffenden Studierenden, der dann vollständig haftbar ist. Die Nutzerordnung des Wohnheimnetzes legt dabei die genaue Verfahrensweise fest.

2.24 Datenkosten

Voraussichtlich, so wird es auch in fast allen deutschen Städten gehandhabt, werden die Kosten für die Daten von der Hochschule getragen. Eine Gebührenabrechnung für angebundene Studentenwohnheime ist zwar wiederholt angeregt worden, eine praktische Durchführung erscheint jedoch unrealistisch, weil es dann zu finanziellen Ungerechtigkeiten zwischen Studierenden im Rechner-Pool und im Wohnheim kommen würde. Außerdem wäre ein massiver bürokratischer Aufwand nötig. Auch läßt ein Blick auf andere Universitäten in Deutschland keinen Osnabrücker Alleingang zu, weil das den Studienstandort Osnabrück erheblich unattraktiv machen würde.

Stadt	Datenkosten	Ideen für Datenkosten	Anbindung	Zukunft
Aachen	keine	keine, eher Zuschuß	10 Mbit/s	100 Mbit/s
Chemnitz	keine	keine	10 Mbit/s	reicht
Darmstadt	keine	keine	10 Mbit/s	reicht
Dortmund	keine	keine	2 Mbit/s	reicht
Freiberg	keine	keine	10 / 155 Mbit/s	reicht
Furtwangen	keine	keine	10 Mbit/s	reicht
Göttingen	DM 20 pro Semester für alle Studierende	keine weiteren	8 Mbit/s ADSL, 10 Mbit/s, 100Mbit/s	reicht
Hannover	keine	keine	10 oder 155Mbit/s	reicht
Harburg	keine	Ideen waren vorhanden, nicht weiterverfolgt	2 Mbit/s HDSL	reicht
Karlsruhe	keine	keine	10 Mbit/s	reicht
Kaiserslautern	keine	keine	10 / 2 Mbit/s	reicht
Oldenburg	keine	ja, aber unwahrscheinlich	2 Mbit/s	Erweiterung
Saarbrücken	keine	Gerüchte im Umlauf	10 Mbit/s	reicht
Stralsund	keine	keine	10 Mbit/s	reicht
Stuttgart	keine	keine, weil Projekt der Uni	100 Mbit/s	1000 Mbit/s
Ulm	keine	keine	0,128 / 10 Mbit/s	Erweiterung

Abb. 2: Umfrage nach Datenkosten und derzeitiger Anbindungsgeschwindigkeit

Die Umfrage, die zu obiger Tabelle geführt hat, hat im September 1999 über E-Mail stattgefunden. Dabei wurden alle Studentenwohnheime in den deutschen Städten, die über eine Datenanbindung zum Hochschulnetz verfügen, angeschrieben. Teilweise wurde aus Städten mehrfach geantwortet, die Ergebnisse wurden dann zusammengeführt. Einige Wohnheimadministratoren haben leider gar nicht geantwortet. Interessant ist, daß die Meinungen der Universitäten für Datenkosten sehr weit auseinandergehen. Während in manchen Städten darüber nachgedacht wird Gebühren zu erheben, finanziert die Universität in anderen Städten die Verkabelung in den Wohnheimen.

3. Inhausverkabelung

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit Anschlußdosen, aktiven und passiven Verteilkomponenten und Kabeln: also allen Teilen von Nachrichtennetzen, die im Haus installiert werden.
Für die verschiedenen Netze benutzt man dafür normalerweise ganz unterschiedliche Komponeten. Um dem entgegenzuwirken wurde ein Konzept zur "Strukturierten Verkabelung" entworfen und in Normen (z.B. EN 50173, Europanorm) festgelegt. Die Normen spezifizieren Anforderungen an das Inhaus-Netz in Bezug auf die Struktur, die Anforderungen an die Komponenten und die Meßverfahren, womit das fertige Netz kontrolliert wird. Das Konzept der "Strukturierten Verkabelung" richtet sich in erster Linie an Firmen und Behörden, die ihre Verwaltungen mit Nachrichtennetzen ausstatten. Sicher sind in dem Konzept auch viele Ansätze vorhanden, die sich auf Studentenwohnheime anwenden lassen. Jedoch muß gesehen werde, daß die Versorgung mit Radio- und Fernsehprogrammen in dem Konzept gar nicht vorkommt, eine Telefonanschlußversorgung immer schon vorhanden ist und nie mehr als ein Datenanschluß pro Wohnplatz benötigt wird. Erschwerend kommt hinzu, daß die Betrachtungen zur "Strukturierten Verkabelung" schon 4 Jahre alt sind und sich die Anforderungen in der schnellebigen Datenwelt schon wieder geändert haben.

Außerdem unterscheidet sich ein Studentenwohnheim in vielen anderen Faktoren von einem Bürogebäude. Hier seien nur einige wichtige genannt:

- Wohnbereich anstatt Arbeitsplatz
- Forschungsnetz und kein Produktionsmittel (Verfügbarkeit muß nicht garantiert werden)
- kein Stelzenboden oder abgehängte Decke zur Kabelverlegung nutzbar
- Fernseh- und Radioverteilung wird benötigt
- bestehende Verteilungen (z.B. Telefon) müssen integriert werden
- Rechner werden von den Nutzern selbst administriert
- mit Abhör- und Hackerangriffen ist in Wohnheimen zu rechnen
- die Kosten müssen für Studierende tragbar sein

Aus diesen Gründen lassen sich die Normen nicht anwenden. Es muß also nach speziellen Lösungen für Wohnheime gesucht werden. Dabei sind natürlich Erfahrungen aus allen bereits bestehenden Projekten in Osnabrück und anderen Städten sehr hilfreich.

3.1 Lokale Netze

Der BegriffLAN (lokal area network) hat sich in den letzten Jahren immer mehr durchgesetzt, wenn ein lokales Rechnernetz gemeint ist. Anfangs gab es ausschließlich Rechnernetze, die den Normen des IEEE (Institute of Electrical an Electronics Engineers) Gremiums entsprachen. Es war festgelegt welche Kabel, Stecker, Rechneradapter, Sternkoppler usw. verwendet werden durften. Oft wurden die IEEE-Standards in ISO-Normen überführt. Mittlerweile hat sich dies gelockert, es werden teilweise Netzkomponenten gebaut, die zwar auf der Netztopologie aufbauen und die genormte Schnittstelle verwenden, jedoch z.B. eine Netzkopplung über Funk oder die Kabelfernsehleitung realisieren, die im Bereich LAN überhaupt nicht genormt ist.
Unter einer Vielzahl von ehemals genormten Netztopologien hat sich in den letzten 10 Jahren das Ethernet immer weiter durchgesetzt. Die niedrigen Preise für die Komponenten und der einfache und störungsarme Aufbau führten zu dieser Entwicklung. Nicht genormete Netze (z.B. Kabel-TV oder Funknetze) verwenden zumindest die Ethernet Schnittstelle zum Rechner. Es ist bisher kein Wohnheim in Deutschland bekannt, wo das Rechnernetz nicht nach dem Ethernet Standard entworfen wurde.

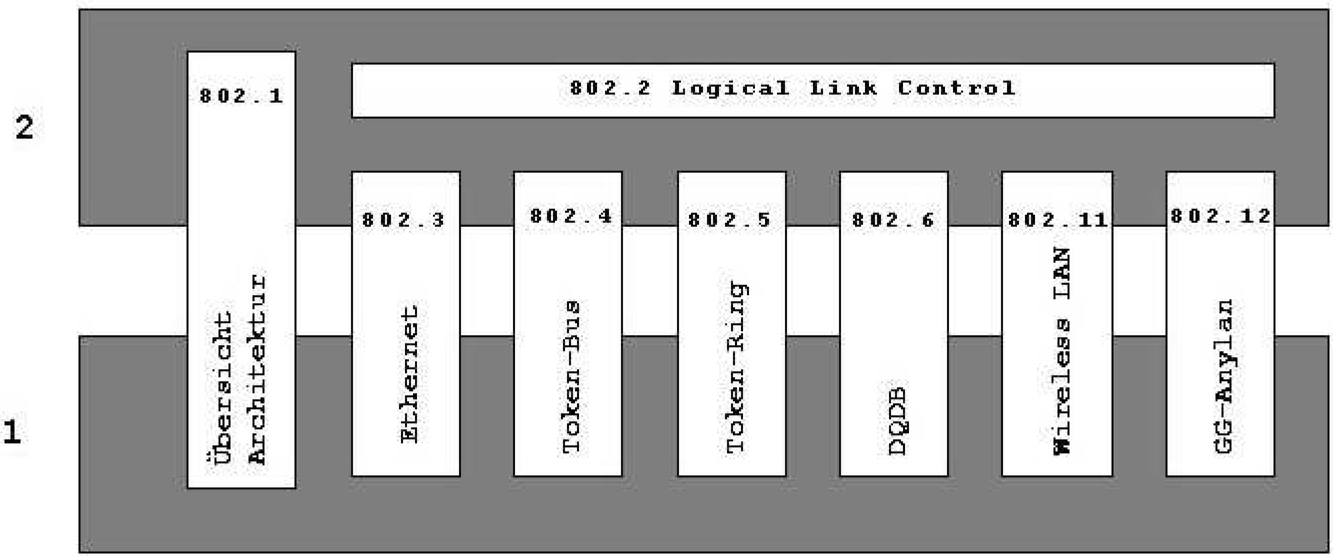


Abb. 3: einige IEEE-Standards, hier: den OSI-Schichten 1 und 2 zugeordnet

3.11 Nutzung bestehender Infrastruktur

Auf den ersten Blick scheint eine Nutzung von vorhandenen Leitungen oder Funkfrequenzen eine recht kostengünstige Lösung für eine Inhausverkabelung zu sein. Folgende Vorteile springen sofort ins Auge:

- keine Stemm- und Bohrarbeiten, keine Gebäudeschäden
- keine Kosten für neue Leitungen
- weniger Installationskosten, weil das Verlegen von Leitungen entfällt
- kürzere Installationszeit

Leider stellt sich im Einzelfall meist heraus, daß diese Lösungen einige Kriterien (Zukunftstauglichkiet, EMV [Elektromagnetische Verträglichkeit], Geschwindigkeit) nicht erfüllen oder aufgrund der teuren Endgeräte einfach preislich mit einer Neuverkabelung nicht konkurieren können.

3.111 10BaseT over KAT3 und Grundwissen zu Leitungen

10BaseT ist eine Standard, um ein Ethernet zu bauen. Die erste Zahl (10) gibt dabei die Geschwindigkeit des Netzes in Megabit pro Sekunde (Mbit/s) an. T steht für eine Übertragung über 2 Paare einer verdrillten Zweidrahtleitung (Twisted Pair). Es handelt sich um den zur Zeit gebräuchlichsten Standard zum Bau eines Ethernet. Die zugehörige Schnittstelle besteht aus einem 8-poligen Westernstecker, in dem mindestens 4 bestimmte Kontakte belegt sind. Eine maximale Verbindungslänge von 100m ist einzuhalten. Es handelt sich um einen Punkt zu Punkt Standard, d.h. konkret, daß jeweils ein Datenendgerät (Rechner) über ein Kabel an einen Sternkoppler angeschlossen werden muß. Es entsteht damit ein sternförmiges Netz.
KAT3 bezieht sich einen Kabeltyp mit speziellen elektrischen Eigenschaften (Dämpfung entsprechend der übertragenen Frequenzen, Nahnebensprechen [NEXT] u.a.). Dazu sind alle Kabel, die verdrillte Zweidrahtleitungen enthalten, nach dem amerikanischen Standard EIA/TIA 568 in Kategorien aufgeteilt worden. Durch Einhaltung bestimmter elektrischen Grenzwerte kann ein Kabel dabei in die nächste Kategorie aufsteigen. Folgende Tabelle schafft eine Übersicht:

Verkabelungs-Kategorie	Dienste und Ethernet Standards	max. Frequenz	Jahr des Ethernet Standards
Kategorie 1	Türklingel	100 kHz	kein Ethernet
Kategorie 2	Telefon, ISDN	1 MHz	kein Ethernet
Kategorie 3	Telefon, ISDN, 10BaseT, 10BaseT4	16 MHz	1991
Kategorie 4	Token-Ring, 10BaseT, 100BaseT4	20 MHz	1993
Kategorie 5	10BaseT 100BaseTX 1000BaseT	100 MHz	1994 1999
Kategorie 6, 7	1000BaseT andere	200 MHz, 600 MHz	noch kein Standard

Abb. 4: Aufteilung der Kabel in Kategorien

Bei dem in der Überschrift genannten KAT3 Kabel handelt es sich um ein folien-geschirmtes Telefonkabel, was meist zwei Leitungspaare enthält. Wenn ein solches Kabel vorhanden ist, könnte darüber ein LAN nach 10BaseT aufgebaut werden. Weil diese Kabel jedoch nicht alle von gleicher Qualität und teilweise nicht nur 2 sondern 4 Leitungspaare in dem Kabel verfügbar sind, wurde auch der Standard 10BaseT4 eingeführt. Dabei werden 4 Paare benötigt, die Anforderungen an die Leitungsqualität sind jedoch geringer, weil die Frequenz nur halb so hoch ist. Dieser Standard hat in Europa keine Bedeutung, weil kaum ein Endgerät ihn unterstützt.
Es wird sehr selten vorkommen, daß ein vollständiges KAT3 Kabel als Reserve verfügbar ist. Oft stehen jedoch noch 2 Paare in z.B. einem 4 paarigen KAT3 Kabel zur Verfügung, das sonst zur Telefonie genutzt wird. Hier kommt jetzt ein weiteres Unterscheidungsmerkmal zu Geltung: die verschiedene Schirmung.

- UTP: ohne jede Abschirmung
- S/UTP: mit Gesamtabschirmung (meist Gesamtgeflecht)
- STP: einzeln geschirmte Paare
- S/STP: einzeln geschirmte Paare und zusätzlicher Gesamtschirm

Um verschiedene Dienste (z.B. LAN und Telefon) auf einer Leitung betreiben zu können, sollten die Paare in der Leitung einzeln geschirmt sein. Es tritt ansonsten in dem Kabel, zwischen den Paare ein starkes Nebensprechen auf (ein Austausch elektrischer Spannung aufgrund induktiver und kapazitiver Kopplung), wodurch sich die Dienste gegenseitig stören.
Das ist der Grund weshalb ein Betrieb von verschiedenen Diensten auf KAT3 Kabeln nicht möglich ist. KAT3 Kabel sind ausschließlich vom Typ S/UTP erhältlich, besitzen also keine einzeln abgeschirmten Paare.
Sollten die vorhandenen KAT3 Leitungen recht einfach auswechselbar sein (z.B. in Kabelkanälen oder Leerrohren) wird man normalerweise auch dort eine 10BaseT Übertragung darüber vermeiden. In naher Zukunft müßte dieser Kabeltyp aufgrund der nicht möglichen 100BaseTX Übertragung (100Mbit/s), die sich langsam als Standard durchsetzt, gegen KAT5 Kabel ausgewechselt werden. Dieses empfielt sich dann vorzuziehen, um nicht zwei mal hintereinander

sämtliche Steckdosen und Patchfelder (Verteileranschlüsse) anklemmen zu müssen.

Kurzbewertung zu 10BaseT over KAT3:

- Arbeitsaufwand: gering
- Gebäudebeschädigung: nahezu keine, nur Steckdosen
- Zukunftstauglichkeit: 3 Jahre
- maximale Geschwindigkeit: 10Mbit/s
- Zuverlässigkeit: hoch
- EMV: mäßig, Störungen möglich - abhängig von der Leitungsqualität
- Datensicherheit: bei vollständigem Switching (Kapitel 3.13) keine Bedenken
- Kosten: sehr gering (ca. DM 200,- pro Zimmer, Netzkarte - Steckdose - Kabel - Patch-Panel - Switch)
- Voraussetzungen: vorhandene KAT3 Leitung in jedes Zimmer
- Gesamturteil: nicht zu empfehlen

3.112 xDSL als Inhauslösung

Das Kapitel 3 beschäftigt sich mit LAN (Leitungslängen bis ca. 500m). Die xDSL Technologie ist jedoch ein Weitverkehrsverfahren, was man unter Umständen auch als LAN zweckentfremden kann. Vergleiche sind also eher mit einem Modem über eine Telefonleitung, das bisher gebräuchlichste Weitverkehrsverfahren, als mit Netzwerkkarten für Ethernet herzustellen.
xDSL faßt verschiedene Übertragungsverfahren zur Datenübertragung auf Telefonleitungen zusammen. Das inzwischen bekannteste und verbreiteste Verfahren dieser Art ist ADSL, das ab jetzt weiter beispielhaft für xDSL behandelt wird.

Bezeichung	**ADSL**	**SDSL**	**HDSL**	**VDSL**
Bitrate in Senderichtung (Nutzer zum Netz)	16 bis 768 kbit/s	1,544 Mbit/s bzw. 2,048 Mbit/s	1,544 Mbit/s bzw. 2,048 Mbit/s	1,5 bis 2,3 Mbit/s
Bitrate in Empfangsrichtung (Netz zum Nutzer)	1,5 bis 9Mbit/s	1,544 Mbit/s bzw. 2,048 Mbit/s	1,544 Mbit/s bzw. 2,048 Mbit/s	13 bis 52 Mbit/s
überbrückbare Leitungslänge	2,7 bis 5,5 km	2 bis 3 km	3 bis 4 km	0,3 bis 1,5 km
benötigte Adernpaare	1	1	2 bei 1,544 Mbit/s, 3 bei 2,048 Mbit/s	1
Verfügbarkeit	seit Mitte 90er Jahre	seit Anfang 90er Jahre	Seit Anfang 90er Jahre	ab Ende 90er Jahre
benutzte Bandbreite	bis ca. 1MHz	ca. 240 kHz	ca. 240 kHz	bis ca. 30 MHz
POTS im Basisband	ja	nein	nein	ja
ISDN im Basisband	nein	nein	nein	ja

Abb. 5: verschiedene xDSL Verfahren im Überblick

ADSL	**A**symetric **D**igital **S**ubscriber **L**ine
POTS	**P**lain **O**ld **T**elephone **S**ervice: Das herkömliche Analogtelefon wie wir es alle schon seit Jahrzehnten kennen.
SDSL	**S**ingle Line **D**igital **S**ubscriber **L**ine
HDSL	**H**igh Data Rate**D**igital **S**ubscriber **L**ine
ISDN	**I**ntegrated **D**igital **N**etwork **S**ervice: Stellt 2 B Kanäle à 64 kBit/s, diese werden zur Nutzdatenübertragung verwendet, und einen D Kanal à 16 kBit/s, über den Steuerdaten wie z.B. die Dienstekennung oder die Rufnummer übertragen werden, zur Verfügung
VDSL	**V**ery High Data Rate **D**igital **S**ubscriber **L**ine

Abb. 6: Glossar zu xDSL

Der Grund weshalb hier ADSL beispielhaft behandelt wird ist aus der Tabelle klar ersichtlich: Es handelt sich um ein unsymmetrisches Verfahren, d.h. es können maximal 9 Mbit/s in das Studentenzimmer übertragen werden aber nur maximal 768 kBit/s vom Hochschulnetz aus dem Studentenzimmer abgefragt werden. Diese Unsymmetrie ist optimal für Wohnheime geeignet, weil Studierende im wesentlichen Informationen aus dem Netz abfragen. Werden lokal Daten übertragen (von einem Zimmer im Wohnheim zum anderen) ist die Geschwindigkeit allerdings auch auf 768 kBit/s beschränkt. Ein weiterer Grund für die Auswahl von ADSL ist, daß für Telefon und Rechnernetzwerk nur eine Leitung benötigt wird. Am Endpunkt im Wohnheimzimmer wird dazu ein Pots-Splitter installiert, der die Dienste durch steilflankige elektrische Filter trennt.

3.1121 ADSL Technologie

ADSL ist ein asymmetrisches Datenübertragungsverfahren für Kupferdoppeladern. Im Vergleich zu herkömmlichen Modemtechnologien gibt es deutliche Unterschiede: Die von einem herkömmlichen Modem ausgesendeten Signale müssen das gesamte Telekommunikationsnetzwerk eines Anbieters – inclusive Digitalisierung in den Vermittlungsstellen – unbeschadet durchqueren. Daher steht den Analogmodems nur der Sprachbereich zwischen 300 Hz und 3,4 kHz zur Verfügung.
Zwischen zwei ADSL- Modems befindet sich dagegen nur die Kupferleitung, die gesendeten Signale müssen also keine Rücksicht auf sonstiges Equipment nehmen. ADSL nimmt das Frequenzspektrum bis etwa 1,1 MHz in Anspruch. Der Bereich zwischen 0 und 4 kHz wird für den normalen Telefoniebetrieb (POTS) freigehalten.
Ab etwa 30 kHz beginnt ADSL mit der breitbandigen Datenübermittlung. Für die Trennung zwischen Up- und Downstream gibt es zwei Möglichkeiten. Die Echokompensation ist von der konventionellen Modemtechnologie gut bekannt: Up- und Downstream teilen sich den Frequenzbereich zwischen 30 kHz und 1,1 MHz. Das gesendete Signal stört zwar das ankommende, doch da der Transceiver genau weiß, welche Signale seine Sendestufe aussendet, kann er sie recht genau aus dem Empfangssignal herausrechnen.
Die zweite Variante – Frequency Division Multiplexing (FDM) – teilt die Frequenzen oberhalb 30 kHz nochmals in zwei Bereiche auf. Zwischen 30 und etwa 130 kHz findet die Übertragung des Upstream statt, die darüberliegenden Frequenzen werden für den Downstream benutzt.
Welches Modulationsverfahren für ADSL eingesetzt werden soll, ist in der Industrie nochumstritten. Drei Leitungscodes stehen zur Auswahl: die Quadratur-Amplituden/Phasenmodulation QAM (wird von keinem Hersteller verwendet), die damit eng verwandte CarrierlessAmplituden/Phasenmodulation CAP und die für bereits mehrere Standards ausschlaggebende Discrete Multitone-Verfahren DMT. DMT teilt den für die Datenkommunikation verfügbaren Frequenzbereich in über 250 schmale Frequenzbänder auf, die jeweils etwa 4 kHz umfassen. Die Mittenfrequenzen dieser Bänder sind die Träger, auf die die zu übertragenden Daten mittels QAM aufmoduliert werden. Die Standardisierungsgremien ANSI und ETSI legen in ihren ADSL- Standards fest, daß jede Trägerfrequenz maximal 15 Bit pro Sekunde und Hertz

transportiert. Diese Anzahl muß nicht für jede Frequenz gleich sein. Die beiden an der Übertragung beteiligten Modems testen die zwischen ihnen liegende Kabelstrecke und erstellen eine Bitzuweisungstabelle (Bit loading table), die für jede Trägerfrequenz die optimale "Bit-Ladung" festlegt. Sie hängt in erster Linie vom Dämpfungsverhalten der Leitung und von den vorhandenen Störeinflüssen auf der Übertragungsstrecke ab. Diese Bitzuweisungstabelle erlaubt es dem ADSL-Anbieter, die maximal verfügbare Bandbreite vorab einzustellen. So kann er die angebotenen Datendienste differenzieren und zu unterschiedlichen Preisen anbieten – alles auf Grundlage einer einheitlichen Hardware.
Unabhängige Tests von Hochschulen (z.B. Göttingen) haben ergeben, daß mit DMT eine deutlich schnellere und sicherere Übertragung möglich ist als mit CAP. Wohl aus diesem Grund schwenken immer mehr Hersteller zu diesem Verfahren über. Wichtig zu wissen ist bei ADSL, daß kaum ein Modem oder Router zu einem Gerät eines anderen Herstellers kompatibel ist.
Wie groß die maximale Datenrate bei einem ADSL-Anschluß ist, hängt vom Zustand und vor allem von der Länge der Leitungen ab. Je länger die Leitung ist, umso größer ist die Dämpfung, die die Signale erfahren – vor allem im oberen Frequenzbereich. Entfernungen von bis zu drei Kilometern erlauben Datenraten zwischen 6 und 8 Mbit/s. Je weiter der Teilnehmer von der Ortsvermittlung entfernt ist, umso kleiner ist die maximal erreichbare Datengeschwindigkeit. Für die LAN Anwendung im Haus mit Leitungslängen von 50 m bis 500 m kann normalerweise immer die maximale Geschwindigkeit erwartet werden.

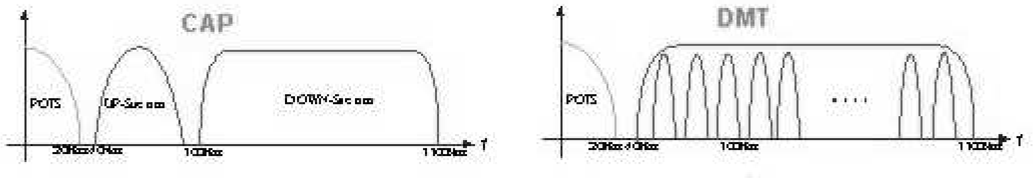


Abb. 7: Pegel bei CAP und DMT über die Frequenz aufgetragen

3.1122 Geräte für ADSL

Mittlerweile stellen die Firmen 3Com, Alcatel, Archtek, Askey, Cisco, E-Tech, Elsa, Fujitsu, ke, Nortel, Orckit, Siemens, Xavi und Zyxel ADSL Produkte her. Folgende Gerätetypen sind üblich:

- ADSL Router: Es handelt sich um einen Router im klassischen Sinne: er bietet meist einen 2-Draht Anschluß, an den die Telefonleitung (mit zwischengeschaltetem Pots-Splitter) angeschlossen wird. Rechnerseitig erfolgt der Anschluß üblicherweise über ein Ethernet Interface (10BaseT). Der Router wird meist über eine Terminal-Oberfläche (serielle Schnittstelle) oder über ein HTML-Interface konfiguriert. Bei der Realisierung einer ADSL Standleitung mit 2 Routern sollte man vorsichtig sein: Nur wenige Modelle sind standleitungsfähig !

Abb. 8: Cisco 675 SOHO/Telecommuter ADSL-Router

- ADSL Modem: Um nicht an die Geschwindigkeitsgrenze der seriellen Schnittstelle zu stoßen, gibt es ADSL Modems fast ausschließlich als Einsteckkarte für den PC oder zum Anschluß über ein USB-Interface. Angesprochen werden diese Modems über klassische AT Befehle, was sie weitgehend kompatible zu Softwareanwendungen hält. Die Anschaltung an das Telefonnetz ist identisch mit den ADSL Routern.

- ADSL Remote Access Server: Diese Geräte sind meist für den 19" Einbau im Rack vorbereitet und enthalten üblicherweise 30 geroutete Ports. Sie dienen als zentrale Kopfstation eines Netzes oder stehen bei einem Internetprovider zur Einwahl (sofern man bei ADSL davon sprechen kann) zur Verfügung.

Preislich sind alle Geräte zwischen 1000,- und 2000,- DM anzusiedeln (bei Access Servern: pro Port). Dieses kann sich bei einer endgültigen Einigung auf einen Übertragungsstandard und der Erschließung des Massenmarktes natürlich kurzfristig ändern, jedoch ist dafür kein Datum abzusehen.

3.1123 EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit) und ADSL

Leider handelt es sich bei ADSL nicht um eine neue Erfindung, um über eine Telefonleitung einfach mehr Daten zu transportieren, vielmehr beruht die Neuerung auf der Freigabe von Funkfrequenzen auf Leitungen. Konkret bedeutet das: Was früher verboten war ist heute erlaubt. Während man vor ein paar Jahren nicht mal einen Anrufbeantworter ohne Prüfzeichen an die Telefonleitung anschalten durfte, weil er Störungen hätte verursachen können, werden heute mit ADSL Funksignale über die Leitungen geführt. Oben war es schon angedeutet: ADSL belegt den Frequenzbereich von 30 kHz bis 1,1 MHz. In diesem Bereich befinden sich jedoch auch Funkdienste: Rundfunkdienst (Mittel- und Langwelle), feste Funkdienste, Seefunkdienste und Navigationsfunkdienste. Es gilt also zu untersuchen, ob ADSL von diesen Diensten gestört wird bzw. ob diese Dienste von ADSL gestört werden.
Aus diversen ADSL Pilotprojekten, z.B. Münster, und Untersuchungen an der Fachhochschule Gelsenkirchen geht hervor, daß ADSL sich durch Rundfunk und Amateurfunksender normalerweise nicht stören läßt.
Störungen von ADSL wurden jedoch wiederholt von Rundfunkhörern im Mittel- und Langwellenbereich aufgenommen. Diese Störungen stammen von Unsymmetrien in den verdrillten Zweidrahtleitungen. Schlecht produzierte Leitungen und Klemmstellen strahlen die Hochfrequenzenergie am stärksten ab.
Um die ADSL-Systeme trotzdem betreiben zu können, wurden im Zuge der Umstellung der DIN-Normen auf Europanormen die Störstrahlungsgrenzwerte angehoben. Im neusten Normenentwurf wurden die Grenzwerte nochmal um 10dB angehoben und folgender Text angefügt: "... falls es dennoch zu Störungen kommen sollte, so sind diese hinzunehmen ...". Es ist also davon auszugehen, daß bei einer Installation einer ADSL Verteilung, in dem Haus kein Langwellen- und Mittelwellenrundfunk mehr empfangbar ist, eine Auswirkung auf Nachbarhäuser ist jedoch unwahrscheinlich.

3.1124 Fazit zu ADSL als Inhauslösung

Zwei wesentliche Probleme zeichnen sich bei der ADSL Technologie ab, wenn man sie als Inhauslösung nutzen will, was das Studentenwerk Hannover bereits als Pilotprojekt 1999 getan hat (Kapitel 5.3):
Es entstehen Kosten für Endgeräte, die bei etwa DM 2000,- pro angeschlossenem Studentenzimmer liegen, und die Geschwindigkeit ist in Zukunft nicht ausbaubar. Das Projekt in Hannover ist nur so zu erklären, daß es ganz wesentlich von Firmen bezuschußt wurde, um überhaupt ein Projekt dieser Art realisieren zu können.

Kurzbewertung zu xDSL als Inhauslösung:

- Arbeitsaufwand: gering
- Gebäudebeschädigung: nahezu keine
- Zukunftstauglichkeit: 2 bis 3 Jahre
- maximale Geschwindigkeit: 8 Mbit/s bzw. 768 kBit/s intern

- Zuverlässigkeit: recht hoch
- EMV: Mittelwellen- und Langwellenrundfunk werden gestört
- Datensicherheit: mäßig, weil aufgrund der Störstrahlung abhörbar
- Kosten: extrem hoch (ca. DM 2000,- pro Zimmer, xDSL-Router - Pots-Splitter - Access-Server)
- Voraussetzungen: vorhandene Telefonleitung in jedem Zimmer
- Gesamturteil: nicht zu empfehlen

3.113 CATV

Beim Betrieb eines CATV Netzes wird die vorhandene Verteilanlage für Radio- und Fernsehprogramme zur Datenübertragung mitgenutzt. Teilnehmerseitig wird dazu ein sogenanntes CATV- oder Kabel-Modem verwendet, was die Daten moduliert und demoduliert. An der Spitze des gemischt stern- und busfömigen Netzes wird eine Kopfstelle installiert, die das Netz administriert und eine Verbindung zum Hochschulnetz realisiert. Die Daten zum studentischen Rechner (Downstream) werden dabei in einem freien Fernsehkanal übertragen. Die Daten vom studentischen Rechner weg (Upstream) müssen im Rückkanalbereich (5-55 MHz) übertragen werden.
1997 bis 1998 wurden an der Universität Hannover, Lehrgebiet Rechnernetze und Verteilte Systeme, wissenschaftiche Untersuchungen an einer Pilotanlage in mehreren Studentenwohnheimen durchgeführt. Insbesondere wurden dort auch alle Probleme betrachtet, die während des Aufbaus und des Betriebes auffielen, hier einige Stichpunkte daraus:

- Das ganze Verteilsystem muß rückkanalfähig ausgerüstet werden (meist Austausch aller Verstärker, teilweise auch aller Verteiler und Antennensteckdosen).
- Meist wurden die Netze nicht für den Rückkanalbetrieb geplant, deswegen kommt es oft zu erheblichen Pegelschwankungen.
- Störungen durch Netzleitungen, Kurzwellensender und den CB-Funk treten im Rückkanal auf und schränken ihn ein.
- Normal übliche lange Baumnetze, die für TV-Übertragung gut funktionieren, verhindern unter Umständen den Computernetzbetrieb; Abhilfe schafft dann nur eine neue sternförmige Verteilanlage.

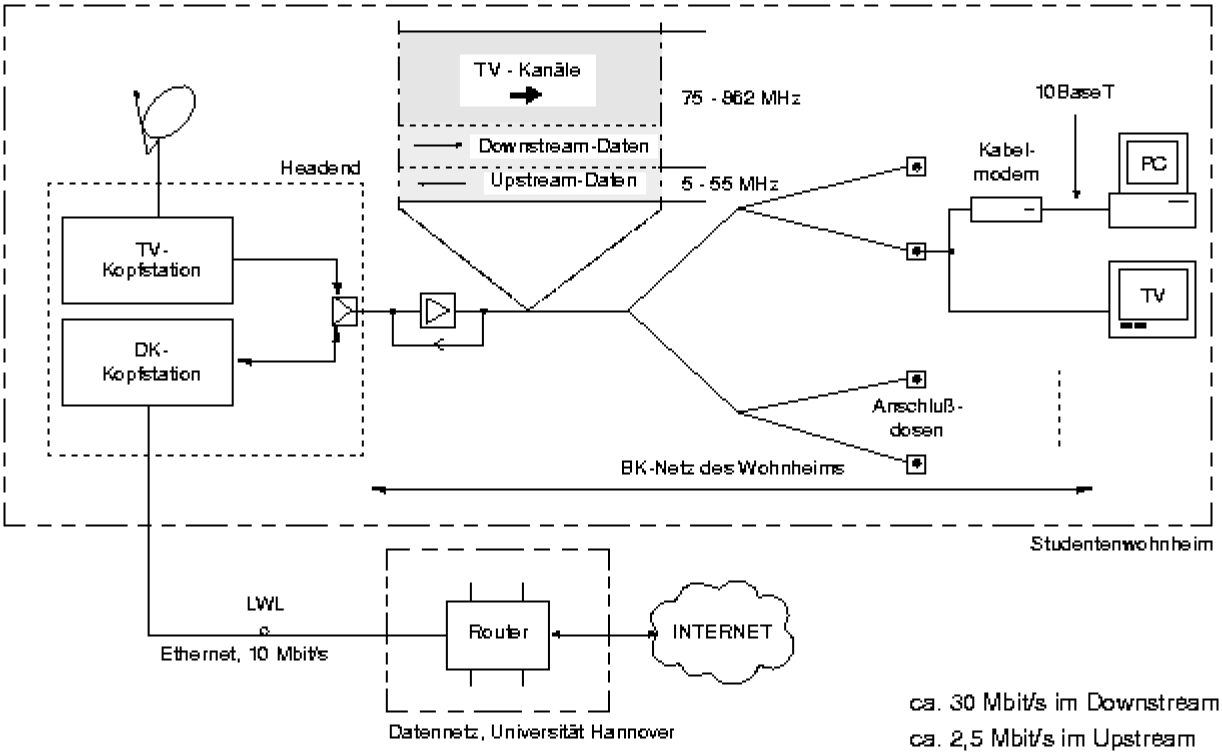


Abb. 9: Aufbau des CATV Netzes in Hannover

Auch in Stuttgart wird in Studentenwohnheimen ein CATV Netz betrieben. Im Internet ist zu dem Thema ein "Schwarzes Brett" zu finden, an dem auch alle Störungen verzeichnet sind. Im Jahr 1998 sind darauf 8 mehr oder minder schwere Störungen zu finden.
Auch schreibt der zuständige studentische Netzbetreuer aus Stuttgart: "Wir wollen hier in Stuttgart von dieser Lösung weg (da es nicht weiter skaliert und zudem extrem unzuverlaessig ist). Als limitierender Faktor hat sich hier aber die miserable Qualitaet der HF-Strecken herausgestellt."
Die Finanzierung der CATV-Anlagen erfolgt meistens geteilt. Während die Kopfstelle und die Leitung zur Hochschule zentral finanziert wird, erfolgt die Beschaffung der Kabel-Modems über eine monatliche Miete: diese Beträgt meist DM 30,-.
Auch das CATV Verfahren ist ein unsymmetrisches System. Im Downstream ist eine maximale Geschwindigkeit von 30 Mbit/s möglich, die sich allerdings alle angeschlossenen Rechner teilen. Im Upstream wird bei einem Hochschulnetzzugriff meist sowieso nicht viel übertragen, zum Problem wird der Upstream jedoch bei einer Datenübertragung im Wohnheim von Zimmer zu Zimmer, weil sich alle angeschlossenen Rechner die 2,5 Mbit/s teilen müssen.

Kurzbewertung zu CATV:

- Arbeitsaufwand: gering
- Gebäudebeschädigung: nahezu keine
- Zukunftstauglichkeit: 1 bis 2 Jahre
- maximale Geschwindigkeit: 30 Mbit/s bzw. 2,5 Mbit/s intern: für alle Rechner zusammen
- Zuverlässigkeit:schlecht
- EMV: vergleichbar mit der üblichen Fernsehverteilung, kann jedoch selbst gestört werden
- Datensicherheit: Datenspionage ist an jeder Stelle des Verteilnetzes leicht möglich
- Kosten: extrem hoch (ca. DM 2000,- pro Zimmer, Kabelmodem - Daten-Kopfstation)
- Voraussetzungen: Rückkanaltaugliche Fernsehverteilanlage
- Gesamturteil: nicht zu empfehlen

3.114 FunkLAN

Unter diesem Stichwort versteht man ein Rechnernetzwerk, was ohne Leitungen, Stecker, Verteiler, usw. auskommt und über Funk ein LAN bildet. Lediglich eine Adapterkarte (ISA, PCMCIA) muß in jedem Rechner installiert werden. Die Antenne ist darin schon integriert, kann jedoch auch abgesetzt werden. Offensichtlich gibt es vom IEEE Gremium einen allgemeingültigen Standard mit der Bezeichnung 802.11, in dem diese Systeme, die im 2,4 GHz Frequenzbereich arbeiten, definiert sind. Folgende Betrachtungen beziehen sich beispielhaft auf Produkte der Firma Lucent, die ihr System "WaveLAN" nennt.
Bei einem Ethernet wird auf das Medium (das Kabel) über das CSMA/CD Verfahren zugegriffen. Es handelt sich bei dem Prinzip um das Shared-Medium-Konzept (siehe dazu auch Diplomarbeit von Hans-Ulrich Kiel). Im FunkLAN wird versucht fast genau das gleiche Verfahren auf das Medium Funkfrequenz anzuwenden.
Konkret heißt das: Alle Stationen empfangen die Funkfrequenz auf der auch alle Stationen senden können. Wenn die Frequenz frei ist, kann eine Station, die Daten zu versenden hat, senden. Senden zufällig 2 Stationen gleichzeitig, muß die Sendung wiederholt werden. Ein Zufallsalgorithmus beseitigt das erneute gleichzeitige Senden. Das Prinzip wird seit 1980 im Amateurfunk als "Packet-Radio" benutzt.
Aufgrund der hohen Frequenz steht ausreichend Bandbreite zur Verfügung, um eine Geschwindigkiet von 2 oder 8 Mbit/s zu realisieren. Die hohe Frequenz reduziert jedoch die Reichweite, so daß je nach Antenne und Sichtkontakt 50 bis 500m überbrückt werden können. Sollte eine Frequenz schon durch andere Nutzer belegt sein (auch ganz andere Geräte belegen diesen frei verfügbaren Frequenzbereich) wird automatisch auf eine andere Frequenz ausgewichen. Insgesamt 13 Frequenzen stehen in Deutschland zur Verfügung.

Abb. 10: FunkLAN PCMCIA-Karte der Firma Lucent

Der Hersteller bietet seine Produkte hauptsächlich für temporäre Anwendungen oder für kurzfristige Lösungen an. Einem Einsatz in einem mittleren Studentenwohnheim von ca. 100 Studierenden steht jedoch schon die zu große Entfernung von mehreren hundert Metern und die geringe Geschwindigkeit (2 oder 8 Mbit/s für alle zusammen) entgegen. In sehr kleinen Wohnheimen (bis ca. 10 Wohnplätze) wäre ein Einsatz vielleicht denkbar.

Kurzbewertung zu FunkLAN:

- Arbeitsaufwand: gering
- Gebäudebeschädigung: keine
- Zukunftstauglichkeit: 1 bis 2 Jahre
- maximale Geschwindigkeit: 2 oder 8 Mbit/s: für alle Rechner zusammen
- Zuverlässigkeit:mäßig
- EMV: belegt nicht-exklusive Funkfrequenzen, kann dadurch stören und selbst gestört werden
- Datensicherheit: Abhören aufgrund der Funkübertragung denkbar
- Kosten: hoch (ca. DM 1500,- pro Zimmer, FunkNetz-Karte - Zimmerantenne)
- Voraussetzungen: keine

- Gesamturteil: nur kurzzeitig und in sehr kleinen Wohnheimen zu empfehlen

3.12 aktuelle LAN Technologie

In den vergangenen Kapiteln (xDSL, CATV, FunkLAN) wurde im wesentlichen deutlich, daß für die Nutzung einer bestehenden Infrastruktur immer recht teure Anschlußkomponenten erforderlich sind. Diese müssen an jedem Netzwerkanschluß und der zentralen Verteilstation installiert werden und verursachen dadurch enorme Materialkosten. In diesem Zusammenhang ist interessant, daß Netzwerkkarten und Verteileinrichtungen vom Typ Ethernet seit etwa einem Jahrzehnt einem enormen Preisverfall unterliegen. Teilweise sind Karten mit einer Geschwindigkeit von 10 Mbit/s schon für DM 20,- erhältlich. Aufgrund der hohen Anschlußzahl in relativ kleinen Abständen (eine Voraussetzung für Ethernet), die in Studentenwohnheimen immer vorhanden ist, ergibt sich dann eine schnelle und kostengünstige Lösung.

3.121 Koaxial

Der Verkabelung mit Koaxialkabeln liegt die Ethernet-Bus-Struktur zugrunde. Der Standard IEEE 802.3 10Base5 war der erste Ethernet Standard, der starke Verbreitung gefunden hat. Diese Art LAN ist landläufig auch unter der Bezeichnung "Yellow Cable" bekannt, weil ein relativ dickes (ca. 10mm), gelbes Koaxialkabel als Medium benutzt wurde. Von diesem maximal 500m langen Strang konnten über Transceiver max. 50m lange mehrpaarige Abzweige angeschlossenen werden, die ohne Steckdose über das AUI-Interface an die Netzwerkkarte angeschlossen wurden. Aufgrund des hohen Preises, der unförmigen Kabel und weil der fehlende Steckdosenstandard eine ordentliche Verkabelung nicht zuließ, gehört 10Base5 jedoch mittlerweile der Geschichte an.
Die Weiterentwicklung ist der 10Base2 Standard. Dabei wird ein sehr flexibles und preisgünstiges 50 Ohm Koaxialkabel verwendet, was auch im Mobilfunkbereich sehr verbreitet ist: RG58. Dieses wird mit, meist gekrimpten, BNC-Steckern konfektioniert und von Rechner zu Rechner gezogen. Auf der Netzwerkkarte, die über eine BNC Buchse verfügt, steckt ein BNC-T-Adapter, der den Rechner anschließt und das Bussystem zusammenfügt. Die maximale Kabellänge bei 10Base2 beträgt nur noch 185m (im Vergleich zu 10Base5), weil die Dämpfungseigenschaften des Kabels deutlich schlechter sind. Wie auch bei 10Base5 kann man mit 10Base2 eine theoretische Geschwindigkeit von 10Mbit/s erreichen. Hier kann man deshalb nur eine theoretische Geschwindigkeit angeben, weil alle Stationen das gleiche Kabel zur Kommunikation benutzen (Zeitmultiplex) und den Zugriff über das CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection) Verfahren regeln. Es wird also das Shared-Medium-Konzept angewendet.

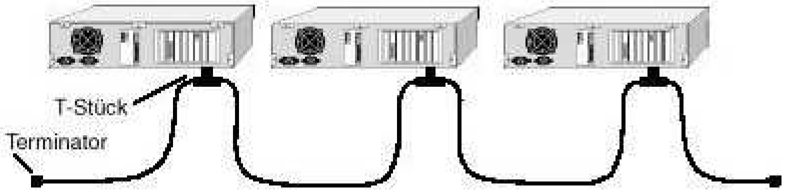


Abb. 11: 10Base2 Netzwerk

Insgesamt dürfen maximal 30 Rechner an ein Koaxialsegment angeschlossen werden. Um Reflexionen an den Kabelenden zu verhindern, die sonst jeden vernünftigen Datenempfang verhindern würden, müssen beide Enden des Ethernet Segmentes mit dem Wellenwiderstand (50 Ohm) abgeschlossen werden. Dieses wird mit speziellen Aufsteckwiderständen (Terminatoren) erreicht, die kaum größer als ein normaler Stecker sind.
Sollen mehrere solche 10Base2 Ethernet-Segmente verbunden oder ein Uplink z.B. zum Hochschulnetz hergestellt werden, muß man Repeater verwenden. Diese verstärken, regenerieren und verteilen die Netzsignale, auch werden fehlerhafte Segmente vom Netz abgekoppelt, um störende Beeinflussungen zu verhindern.

Das große Problem dieses Systemes ist die Fehleranfälligkeit: Ist ein Kabel defekt (Bruch oder Kurzschluß), ein Stecker versehentlich abgezogen oder eine Netzwerkkarte defekt, liegt das ganze Ethernet Segment brach. Die Fehlersuche gestaltet sich dann oft mühsam, insbesondere wenn das Segment sehr lang ist.
Für 10Base2 gab es anfangs auch keine üblichen Steckdosen. Die Kabel wurden einfach von Zimmer zu Zimmer, meist über die Fußleiste, verlegt und direkt an den Rechner angeschlossen. Im Laufe der Jahre verbreiteten sich aber eine Vielzahl von Stecksystemen, die teilweise auch Sicherheitsvorteile für das Netz brachten. Beispielhaft sei hier das scEAD System erwähnt. Es handelt sich um eine geschirmte Weiterentwicklung des EAD Systems. Damit hat die Firma Telegärtner auf die Forderungen der EMV Vorschriften reagiert und das System verbessert. Diese Steckdosen besitzen 2 TAE-Z Anschlüsse, die aussehen wie Telefonsteckdosen für analoge Telefone. Telefone können jedoch mechanisch dort nicht eingesteckt werden. Ein spezielles scEAD Kabel verbindet diese Steckdose mit dem anzuschließenden Rechner und ersetzt gleichzeitig das T-Stück. Netzseitig besitzt die Steckdose 2 BNC Buchsen, mit dem sie in das Ethernet Segment eingeschleift wird. Wird ein scEAD Kabel in die Steckdose eingesteckt, unterbricht der Vorgang das Ethernet Segment und leitet es über die Netzwerkkarte um. Dadurch ist ein problemloses Ein- und Ausstecken von Rechnern, ohne Betriebsstörungen, im Segment möglich.
Vor ca. 1,5 Jahren wurde diese Technologie im Studentenwohnhaus Sedanstraße eingebaut. Alle Rechner sind dort ausschließlich mit der scEAD Technologie angeschlossen. Die Segmente wurden sehr kurz gehalten und auf 4 Rechner pro Segment begrenzt. Aufgrund der dortigen Haustopologie konnte kein anderes System installiert werden, weil sonst aufwendige Stemm- und Bohrarbeiten nötig gewesen wären; in den vorhandenen Lehrrohren war nur noch für eine Busverkabelung platz. Die Erfahrungen haben gezeigt, daß trotz anfänglicher Vorbehalte gegen das System, das Netz sehr zuverlässig läuft und fast keine Fehler im 10Base2 System auftreten.

Kurzbewertung zu 10Base2:

- Arbeitsaufwand: komplette Neuverkabelung
- Gebäudebeschädigung: je nach Hausbeschaffenheit
- Zukunftstauglichkeit: 2 bis 3 Jahre
- maximale Geschwindigkeit: 10 Mbit/s
- Zuverlässigkeit:mäßig hoch
- EMV: keine Bedenken, weil vollständige Schirmung und niedrige Frequenz
- Datensicherheit: abhörbar in den Segmenten und über den Repeater
- Kosten: gering (ca. DM 350,- pro Zimmer, Netzkarte - Repeater - Steckdose - Kabel - Switch - Hausinstallation)
- Voraussetzungen: keine
- Gesamturteil: Nicht zu empfehlen, weil die Geschwindigkeit nicht ausbaufähig ist.

3.122 KAT 5,6,7

Wie in Kapitel 3.111 schon beschrieben ist der Ethernet Standard 10BaseT inzwischen sehr weit verbreitet. Es handelt sich dabei um eine ausschließlich sternförmige Verkabelung. Jedes Zimmer bzw. jede Anschlußdose wird mit einem separatem Kabel von einem zentral gelegenen Verteilerkasten aus angeschlossen. Im Vergleich zur Bustopologie ist der Installations- und Investitionsaufwand höher. Die Vorteile des Twisted Pair (ab Kategorie 5) liegen jedoch in der Möglichkeit auch höhere Geschwindigkeiten über die gleiche Leitung zu realisieren. Jeder Teilnehmer hat seinen eigenen Anschluß, er kann deshalb nicht durch Defekte anderer gestört werden und ist auf einem Patchfeld einzeln zu- oder absteckbar. Fehler lassen sich dadurch leichter lokalisieren und beheben. Eigentlich sind für die Übertragung nach 10BaseT (10 Mbit/s) und 100BaseTX (100 Mbit/s) nur 2 Kupferpaare in der Leitung nötig. Die Verbreitung des Prinzips der strukturierten Gebäudeverkabelung hat jedoch bewirkt, daß nahezu ausschließlich 4-paarige

Leitungen erhältlich sind. Seit neustem ist der Standard 1000BaseT (Gigabit Ethernet, IEEE 802.3ab) festgelegt, dieser greift dann auf alle 4 Adernpaare zurück und überträgt Daten mit einer maximalen Geschwindigkeit von 1000 Mbit/s. Alle Geschwindigkeiten setzen eine maximale Kabellänge von 100m voraus, die erfahrungsgemäß sehr schnell überschritten werden kann und bei der Planung oft überprüft werden muß. Mit einem KAT5 Kabel werden immer 2 Stationen verbunden, man spricht auch von einer Punkt-zu-Punkt Übertragung. Abschlußwiderstände, wie sie im Bus-System in Kapitel 3.121 wichtig waren, sind hier in den Endgeräten und Sternkopplern integriert.

	Ethernet		**Fast Ethernet**		**Gigabit Ethernet**	
Datenrate (HD)	10 Mbit/s		100 Mbit/s		1 Gbit/s	
Slot Time	51,2 µs / 512 Bit		51,2 µs / 512 Bit		4,096 µs / 512 Byte	
Inter Packet Gap	9,6 µs		0,96 µs		96 ns	
	Reichweite	**Standard**	**Reichweite**	**Standard**	**Reichweite**	**Standard**
CAT5 UTP	100 m	10BaseT	100 m	100BaseTX	25-100 m	1000BaseT

Abb. 12: Übersicht der möglichen Ethernet-Übertragungen über KAT5

Als Stecker für die KAT5 Verkabelung wird der 8 polige RJ45 Stecker (Western-Plug) verwendet. Es handelt sich um einen Crimpstecker, den man sowohl geschirmt und auch nicht geschirmt findet. Um ein hochwertiges Netzwerk zu realisieren, werden meist geschirmte Stecker der Firmen Herose oder Steward verwendet. Anstatt die Stecker bei der Netzinstallation zu krimpen, werden meist fertige Patchkabel verwendet. Diese bestehen aus einem flexiblen KAT5 Kabel (Litzen, andere KAT5 Kabel enthalten massive Leiter) mit aufgekrimpten Steckern an beiden Seiten. In den anzuschließenden Zimmern werden RJ45 Steckdosen verwendet, um Beschädigungen zu vermeiden üblicherweise mit einem 45 Grad geneigten Anschluß, auf die das Installationkabel mit Hilfe der LSA-Plus Klemm- / Schneidtechnik aufgelegt wird. Dabei handelt es sich um ein Verfahren aus der Telefontechnik, bei dem der Draht ohne Abisolierung direkt in eine Schneidklemme gepreßt wird. Gleichzeitig wird eine Überlänge entfernt. Dieses Verfahren ist sehr kontaktsicher und schnell, erfordert aber spezielles Werkzeug. Leider sind die Farbfolgen der einzelnen Drähte in den Kabeln von Hersteller zu Hersteller verschieden, diverse Farbcodes werden verwendet: IEC 708, PTT, ICEA S80-576, EIA/TIA 568A, EIA/TIA 568B.

Kabeltype	Farbcode-Norm	Paar Nr. Klemme 5 / 4	Paar Nr. Klemme 3 / 6	Paar Nr. Klemme 1 / 2	Paar Nr. Klemme 7 / 8
Kerpen Megaline 622 S7STP 100MB KAT5	IEC 708 IEC 189.2	1 weiß / blau	2 weiß / orange	3 weiß / grün	4 weiß / braun
Kerpen Megaline 522 S/UTP 100MB KAT5	PTT-Code	1 weiß / blau	2 rot / orange	3 schwarz / grün	4 gelb / braun
Kerpen Megaline 626 flex 100MB KAT5 Patchkabel	ICEA S80-576	1 grau / orange	2 schwarz / rot	3 grün / gelb	4 blau / braun
Belden 1633 S/UTP KAT5	EIA/TIA 569A	1 ws-bl / blau	2 ws-or / orange	3 ws-gn / grün	4 ws-br / braun
Belden 1633 S/UTP KAT5	EIA/TIA 569B	1 ws-bl / blau	3 ws-gn / grün	2 ws-or / orange	4 ws-br / braun
Betefa KAT5 STP-S	IEC 708 IEC 189.2	1 weiß / blau	2 weiß / orange	3 weiß / grün	4 weiß / braun
Dätwyler Uninet 3002 4P	PTT-Code	1 weiß / blau	2 rot / orange	3 schwarz / grün	4 gelb / braun

Abb. 13: Farbcodierung einiger Kabelhersteller

Für Ethernet Anwendungen müssen jedoch jeweils Adernpaare zur Übertragung verwendet werden. Deshalb muß sorgfältig festgestellt werden, in welcher Farbfolge die Steckdosen und die Patchfelder belegt werden müssen. Die Kupferübertragungsadern werden aber auch nicht in der Reihenfolge 1, 2, 3, ..., 8 aufgelegt. Folgende Steckerbelegung ist üblich:

Abb. 14: Adernpaare im RJ45 Stecker

Kupferpaar 1: Pin 5 (+) Pin 4 (-) (meist frei)
Kupferpaar 2: Pin 3 (+) Pin 6 (-) (verwendet 10BaseT)
Kupferpaar 3: Pin 1 (+) Pin 2 (-) (verwendet 10BaseT)
Kupferpaar 4: Pin 7 (+) Pin 8 (-) (meist frei)

In den Steckdosen sind die Pins beschriftet; an den Steckern zählt man die Pins von rechts nach links, wenn man den Stecker von vorne betrachtet, das Kabel vom Betrachter weg geht und die Federverriegelung sich unten befindet (siehe Bild). Oft findet man in der Literatur widersprüchliche Angaben für die Zuordnung der Farben, Paare und Pins. Eine Vertauschung der Kabelpaare untereinander und der Pins innerhalb eines Paare ist dabei unkritisch, wenn die falsche Belegung an beiden Enden des Kabels erfolgt. Katastrophal wirkt sich aber eine Vermischung der Adern aus verschiedenen Paaren aus. Dies würde zu Fehlern im Netzbetrieb führen nach denen man unter Umständen sehr lange sucht.
Es handelt sich bei den beschriebenen Verbindungen immer um eine Sternkoppler-Endgerät Verbindung. Verbindungen zwischen Endgerät und Endgerät bzw. Sternkoppler und Sternkoppler lassen sich so nicht realisieren. Die Folge wäre nämlich, daß beide Stationen auf dem gleichen Kupferpaar senden und beide auf dem gleichen Paar empfangen, was wenig Sinn macht. Aus diesem Grund wird dazu ein gekreuztes Patchkabel (speziell blau oder rot markiert) verwendet. In diesem findet eine Vertauschung der Pins 1-3, 2-6, 7-5, 8-4 statt.
Von der Steckdose zum Rechner erfolgt die Verbindung über ein normales Patchkabel. Im Verteilerschrank wird das Installationskabel ebenfalls mit der LSA-Plus Technik auf einem Patch-Panel aufgelegt. Von dort kann mit kurzen Patch Kabeln die Verbindung zum Sternverteiler hergestellt werden.

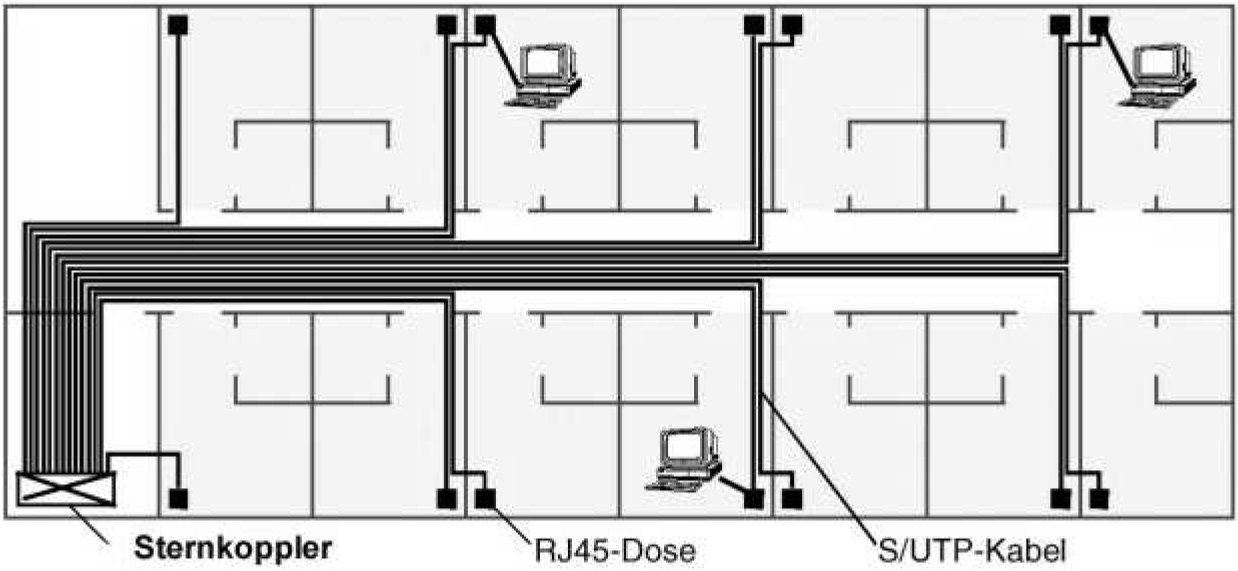


Abb. 15: Sternförmige Struktur in einem Wohnheimflur

Neben dem bisher hier erwähnten KAT5 Standard, der sich sehr stark durchgesetzt hat, werden seit einigen Jahren Leitungen mit noch besseren Eigenschaften angeboten. Die Tabelle in Kapitel 3.111 zeigte, daß Kabel für KAT6 (max. 200 MHz), KAT6+ (max. 300MHz) und KAT7 (max. 600MHz) verkauft werden: Es handelt sich dabei aber teilweise um noch keinen festen Standard. Sinnvoll erscheint die Verkabelung mit höherwertigen Kabeln als KAT5 in der Hinsicht, daß Gigabit-Ethernet zwar auf KAT5 Kabeln standarisiert ist, bisher aber kaum Erfahrungen vorhanden sind, ob eine Funktion auf allen KAT5 Kabeln gewährleistet ist. Insbesondere die Lobby der Lichtwellenleiterfirmen (nächstes Kapitel) versorgt Fachzeitschriften und Kunden z.Zt. mit Zweifeln. Diese sind auch nachvollziehbar, weil es bisher noch wenige Geräte mit einer 1000BaseT Schnittstelle gibt. Aus diesen Gründen ist man bei einer Neuinstallation, bei der alle passiven Komponenten (Installationsleitungen, Steckdosen, Patch-Panel und Patch-Kabel) bis 200 MHz zu gebrauchen sind, auf der sicheren Seite. Außerdem wird im IEEE Gremium augenblicklich darüber nachgedacht einen Standard für eine 2,5 Gbit/s Übertragung mit KAT6-Kabeln zu entwerfen.

Maximal zulässige Dämpfung auf 100 Meter						**Minimale Nahnebensprechwerte (NEXT)**				
Alle Werte entsprechen wie beim Nahnebensprechen der Normung EN 50173, während die Einteilungen für die Kategorien 6 und 7 als DIN 44312-5 der IEC zur Standardisierung vorgeschlagen wurden.						Die Werte sind in den Standards EN 50173 beziehungsweise DIN 44312-5 für Kategorie 6 und 7 festgelegt. Die beiden letzten Typen sind vom DIN der IEC als Standardisierungsvorschlag vorgelegt worden.				
Frequenz	KAT3	KAT4	KAT5	KAT6	KAT7	KAT3	KAT4	KAT5	KAT6	KAT7
1 Mhz	2,6 dB	2,1 dB	2,1 dB	2,1 dB	2,0 dB	41 dB	56 dB	62 dB	-	80 dB
16 Mhz	13,1 dB	8,9 dB	8,1 dB	8,0 dB	7,6 dB	23 dB	38 dB	44 dB	60 dB	80 dB
20 Mhz	-	10,2 dB	9,1 dB	8,9 dB	8,5 dB	-	36 dB	42 dB	57 dB	80 dB
62,5 Mhz	-	-	17,1 dB	16,4 dB	15 dB	-	-	35 dB	50 dB	75,3 dB
100 Mhz	-	-	22 dB	21 dB	19 dB	-	-	32 dB	48 dB	71,1 dB
200 Mhz	-	-	-	23 dB	25 dB	-	-	-	45 dB	67,3 dB
300 Mhz	-	-	-	-	33 dB	-	-	-	-	63,7 dB
600 Mhz	-	-	-	-	50 dB	-	-	-	-	60 dB

Abb. 16: wichtigste Leitungsparameter für die Kategoriesierung

Um die Richtlinien zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) einzuhalten, sollten ausschließlich geschirmte Kabel und Komponenten verwendet werden. Dies ist zwar allgemein üblich und auch meist erforderlich um die Nutzungsfrequenz zu garantieren, jedoch finden sich

immer noch vereinzelt Hersteller, die andere Produkte anbieten. S/UTP Kabel sind in Studentenwohnheimen normalerweise vollständig ausreichend (mechanisch auch deutlich dünner und meist preiswerter), weil nicht davon auszugehen ist, daß in Zukunft andere Dienste auf dem gleichen Kabel übertragen werden sollen, was S/STP Kabel erforderlich machen würde. Gerade in Osnabrück liegen in sämtlichen Studentenwohnheimen die Telefonleitungen separat, eine Nutzung dafür ist deshalb nicht zu erwarten.
Die zentralen Verteilerkästen bestehen meist aus einem 19" Schrank, in dem die aktiven Komponenten (Sternkoppler und Wandler für die Anbindung an das Hochschulnetz) und Patch-Panels eingebaut sind. Teilweise sind in diesen Schränken auch noch Server und andere Geräte mit untergebracht. Ein Schloß sollte den Schrank gegen Unbefugte schützen. Eine Scheibe in der Tür läßt auch bei geschlossenem Schrank eine schnelle Fehleranalyse zu. Nicht zuletzt ist auf eine gute Erdung (Potentialausgleich) des Verteilerschrankes, und damit des ganzen Netzes, zu achten. Dies ist nicht nur in den Normen vorgeschrieben, sondern schützt auch vor Überspannungen und unerwünschten Ausgleichsströmen auf dem Netz. In diesem Zusammenhang sollte auch beachtet werden, daß wenn sich das Datennetz (mit durchgehender geerdeter Schirmung, STP) über mehrere angrenzende Häuser (z.B. Reihenhäuser) mit getrennter Elektroverkabelung erstreckt, unbedingt ein Potentialausgleich zwischen den Potentialausgleichsschienen der einzelnen Häuser durchgeführt werden muß. Es ergeben sich sonst unter Umständen erhebliche Ausgleichsströme auf dem Schirmgeflecht, die den Datenverkehr stören können. Zum Potentialausgleich sollten Kupfer-Erdungsleitungen mit einem Querschnitt von $4mm^2$ oder besser $16mm^2$ verwendet werden.
Bei der Installation einer KAT5,6,7 Verkabelung können viele Fehler gemacht werden. Z.B. können falsche Adern in den Anschlußdosen oder Patch-Panels aufgelegt, die Kabel zu lang entseilt werden, die Kabel geknickt oder zu dicht an Störquellen vorbei verlegt werden. Aus diesem Grund sollte jede installierte KAT5,6,7 Strecke nach der Fertigstellung mit einem Kabelmeßgerät kontrolliert werden. Dieses protokolliert auf Diskette oder Papier alle wichtigen Kabeldaten und meldet bei einem Wert, der außerhalb der Toleranz liegt, Alarm. Die Firma Fluke bietet z.B. ein weitverbreitetes Gerät an, was alle wesentlichen Funktionen unterstützt. Sowohl die Firma, die die Installation durchführt, als der spätere Betreiber sollten Messungen durchführen, wobei sich die Betreibermessungen jedoch auf Stichproben beschränken könnnen, weil die Meßprotokolle bereits vorliegen.
Sowohl beim 10 Mbit/s Ethernet als auch beim 100 Mbit/s Fast Ethernet wird zum Anschluß von Geräten (Server/Rechner etc.) an das Netzwerk ein Netzwerkadapter, oder auch Network Interface Card (NIC) genannt, benötigt. Diese Netzwerkkarten, welche sowohl 10 Mbit/s und auch 100 Mbit/s unterstützen haben sich als "de facto Standard" inzwischen durchgesetzt. Aufrund der Auto-Negotiation-Funktion erkennen diese Adapter automatisch den richtigen Übertragungsmodus. Der Übertragungsmodus wird mit dem nWay Protokoll auf der physikalischen Ebene ermittelt. Das nWay Protokoll ermöglicht Ethernet-Adaptern und Switch-Ports (siehe Kapitel 3.132) die automatische Einstellung des Übertragungsmodus, d.h. ob 10 Mbit/s oder 100 Mbit/s. Preislich liegen dieses Netzwerkkarten zwischen DM 50,- und 200,-, während reine 10 Mbit/s Karten schon für DM 20,- zu erhalten sind.

Kurzbewertung zu 100BaseTX:

- Arbeitsaufwand: komplette Neuverkabelung
- Gebäudebeschädigung: je nach Gebäudebeschaffenheit
- Zukunftstauglichkeit: ca. 15 Jahre (bei späterem Austausch von aktiven Komponenten)
- maximale Geschwindigkeit: 1000 Mbit/s
- Zuverlässigkeit: hoch
- EMV: keine Bedenken, weil vollständige Schirmung (Folie und Geflecht)
- Datensicherheit: bei vollständigem Switching (Kapitel 3.136) keine Bedenken
- Kosten: gering (ca. DM 550,- pro Zimmer, Netzkarte100Mbit/s - Switch - Steckdosen - Kabel - Patch-Panel - Hausinstallation)
- Voraussetzungen: keine

- Gesamturteil: in den meisten Fällen zu empfehlen

3.123 Lichtwellenleiter

Schon seit ca. 15 Jahren verdrängen die Lichtwellenleiter (kurz LWL) zunehmend die Kupferverkabelung. Weil die Vorteile klar offenliegen, kann nur der höhere Preis der LWL-Verkabelungen eine Kupferverkabelung noch rechtfertigen. Folgende Vorteile sind eindeutig:

- Potentialtrennung: keine Probleme durch Überspannungen, Blitzeinschläge und Ausgleichsströme
- EMV-freundlich: die EMV-Problematik entfällt, weil die Übetragung optisch stattfindet
- höhere Übertragungsgeschwindigkeiten: Geschwindigkeiten bis über 10 GBit/s sind möglich
- weitere Entfernungen: auch über viele Kilometer können noch einige Gigabit/s übertragen werden
- platzsparend: die Fasern sind sehr dünn: nur 125µm
- Zuverlässigkeit: Fehler sind extrem selten feststellbar

Es wird unterschieden zwischen Multi-Mode, normal Gradienten-, Faser und Mono-Mode Faser (siehe Diplomarbeit Hans-Ulrich Kiel). Die Entscheidung für die richtige Faser muß nach der Länge der Übertragungsstrecke gefällt werden. Prinzipiell kann z.Zt. ein Trend in Richtung Mono-Mode Faser abgesehen werden, weil auch die zugehörigen Endgeräte sich preislich immer mehr den Endgeräten für Multi-Mode Fasern annähern.
Für die Datenübertragung über Lichtwellenleiter wird Licht oder Laserlicht mit Wellenlängen von 850, 1300 oder 1550 nm verwendet. Je höher die verwendete Wellenlänge ist, desto geringer wirkt sich die Dämpfung des Lichtleiters aus. Sender, Faser und Empfänger müssen zusammenpassen. 850 nm ist am meisten verbreitet und wird zum Beispiel für Ethernet nach 10Base-FL verwendet. Netzwerkstandards mit Datenraten von 100 Mbit/s und mehr (wie z.B. 100BaseFX oder ATM) verwenden in der Regel eine Wellenlänge von 1300 nm. Für die Single Mode-Übertragung werden Wellenlängen von 1300 nm und im Einzelfall 1550 nm verwendet.
Ein optisches Kabel besteht aus mehreren Schichten. Die eigentliche Glasfaser ist von einer Ummantelung (Coating, 1) aus Kunststoff umgeben. Sie soll vor allem das Splittern beim Spleißen (Verbinden von 2 Fasern mit Hilfe eines optischen Schweißverfahrens) verhindern. Darüber liegt eine weitere Kunststoffschicht, der Puffer, der dem mechanischen Schutz dient. Die eigentliche optische Faser besteht aus einem Kern (Core, 3) und einer Verkleidung (Cladding, 2). Diese beiden sind für die optischen Eigenschaften relevant, deshalb wird für den Faserdurchmesser immer ein Wertepaar angegeben. Gängige Faserdurchmesser sind 50/125 µm für Multi Mode- und 9/125 µm für Single Mode-Fasern. Fasern mit 62,5/125 µm werden nicht mehr so häufig verwendet, sind aber mit den moderneren 50/125 µm Fasern und Endgeräten verwendbar.
Spätere Standards des IEEE-Gremiums erlauben voraussichtlich über 50/125µm Kabel größere Entfernungen zu überbrücken als über 62,5/125 µm Kabel. Dieses zeichnet sich auch schon bei Gigabit-Ethernet ab.

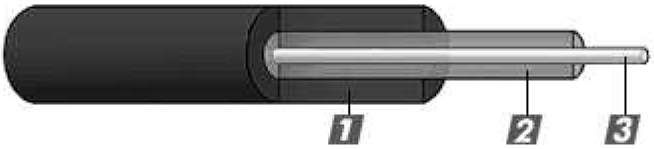


Abb. 17: Monomodefaser E9/125/250 mit Primärbeschichtung

Um die LWL-Fasern an die Endgeräte anzuschließen, werden optische Steckverbinder verwendet. Bei Bündeladerkabeln (meist Erdleitungen, die ein ganzes Bündel LWL-Fasern in einer einzigen Schutzhülle vereinen) erfolgt die Steckermontage jedoch nicht, wie bei elektrischen Steckverbindern üblich, direkt an dem offene Kabelende, vielmehr kauft man fertige Stecker mit

einem angeschlossenem Kabelstück von ca. 1,5m (Pigtails). Diese werden durch das Zusammenschweißen (Spleißen) der beiden Faserenden montiert. Ausschließlich bei Volladerkabeln (meist Inhausleitungen), bei denen die einzelnen Glasfasern separat umhüllt sind, lassen sich Steckverbinder mit Hilfe von speziellen Werkzeugen und Schleifverfahren direkt montieren. Sowohl das Spleißen als auch die Steckermontage sollte jedoch nur von Fachkräften durchgeführt werden, die über passende Werkzeuge, Geräte und die nötige Erfahrung verfügen. Zu jeder Steckermontage gehört eine abschließende OTDR (Optical Time Division Reflectometer) -Messung. Damit kann einwandfrei festgestellt und protokolliert werden, ob die Leitung zuverlässig funktionieren wird.
Einige verschiedene optische Steckverbinder haben sich in der Vergangenheit durchgesetzt:

- ST-Stecker schließen eine einzelne Faser an und haben eine Bajonettverriegelung, sie sehr gebräuchlich und preiswert ist.
- SMA-Stecker schließen ebenfalls eine einzelne Faser an, haben aber eine Schraubverriegelung. SMA-Stecker werden heute nicht mehr verwendet.
- FSMA-Stecker sind auch relativ alte Stecker, die lange Zeit an aktiven Komponenten der Firma Hirschmann verwendet wurden.
- SC-Stecker sind als Einzel- oder Doppelstecker erhältlich (SC bzw. Dual-SC). Sie schließen eine Faser oder ein Faserpaar an und haben eine viereckige Steckverriegelung. SC-Stecker werden hauptsächlich für Fast-Ethernet und ATM verwendet.
- FC/PC-Stecker sind sehr hochwertige Steckverbinder, die meist bei teuren Meßgeräten Verwendung finden. Sie sind relativ dick und verfügen über eine gerändelte Metallverschraubung.
- E2000-Stecker sind eine patentierte Erfindung der Firma Diamond. Sie bieten eine Alterntive zu SC-Steckern in der Form, daß bei abgezogenem Stecker kein Licht austritt.
- FDDI- oder Mic-Stecker sind Duplex Stecker für 2 Fasern und werden ausschließlich für FDDI verwendet.
- DIN-Stecker sind sehr hochwertige Stecker, die meist im Single-Mode Bereich eingesetzt werden. Dieser Metallstecker wird auch über eine Rändel- / Überwurfmutter arretiert und ermöglich eine gesicherte Verbindung. Oft wird auch eine Rutschkupplung verwendet, um den Stecker immer mit dem gleichen Drehmoment und damit der gleichen Übergangsdämpfung zu befestigen. Die Deutsche Telekom AG verwendet diesen Stecker ausschließlich.

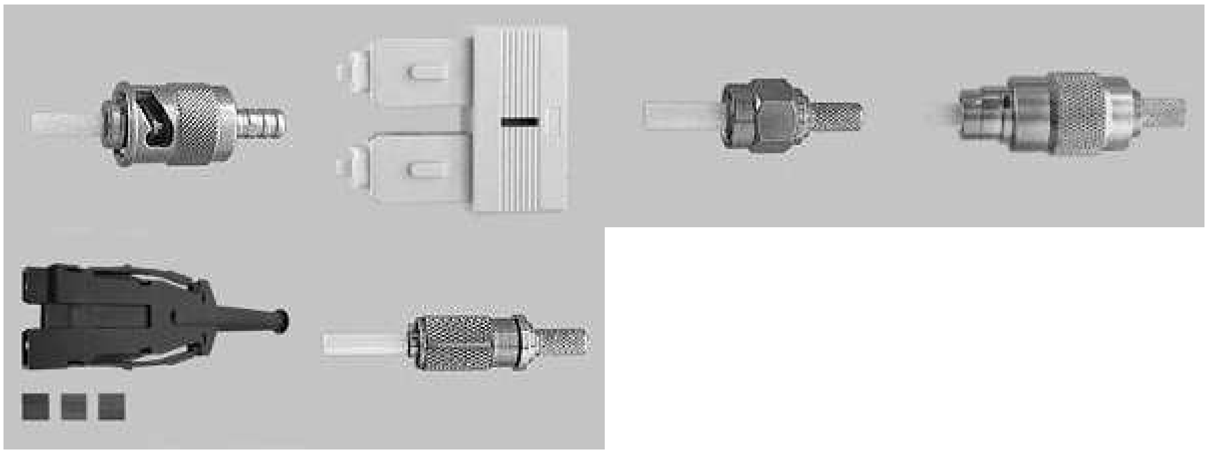


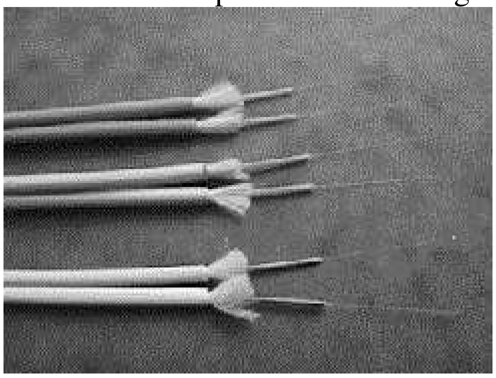
Abb. 18: ST- , SC-Duplex, FSMA-, FC/PC-, FDDI- und DIN-Stecker (links nach rechts)

Um bei Single-Mode Anwendungen eine hohe Rückdämpfung auf der Übertragungsstrecke zu erreichen, werden DIN-, SC-, E2000- und FSMA-Stecker in manchen Anwendungsfällen mit einem Schrägschliff von 8 Grad versehen. Dieses soll den sendenden Laser vor störendem Fremdlicht schützen, das durch Reflektionen zustande kommt und die Übertragung stark behindern würde.

	Ethernet		Fast Ethernet		Gigabit Ethernet	
Datenrate (HD)	10 Mbit/s		100 Mbit/s		1 Gbit/s	
Slot Time	51,2 µs / 512 Bit		51,2 µs / 512 Bit		4,096 µs / 512 Byte	
Inter Packet Gap	9,6 µs		0,96 µs		96 ns	
	Reichweite	**Standard**	**Reichweite**	**Standard**	**Reichweite**	**Standard**
Multimode Faser 50/125 (850 nm)	2000 m	10BaseFL	2 km	100BaseFX	500m	1000BaseSX
Multimode Faser 50/125 (1300 nm)			2 km	100BaseFX	550m	1000BaseLX
Singlemode Faser 9/125 (1300 nm)	25 km	10BaseFL	20 km	100BaseFX	2000m	1000BaseLX

Abb. 19: Übersicht der möglichen Ethernet-Übertragungen über LWL im FD-Modus (Kapitel 3.131)

Abb. 20: Zipcord LWL Leitungen



Im Inhaus-Bereich (Sternförmige Verbindungen aus allen anzuschließenden Zimmern im Wohnheim zum zentralen Verteilerschrank, Verbindung aller Verteilerschränke im Wohnheim untereinander) werden üblicherweise Duplex-LWL-Kabel (Zipcord) verwendet. Dieses sind spezielle Volladerkabel, die 2 trennbare Fasern beinhalten und damit genau einen Ethernet-Anschluß realisieren können. Die Ummantelung besteht normal aus einem halogenfreien Material (Kapitel 3.14). Der wesentliche Vorteil in Studentenwohnheimen, im Vergleich zu Kupferkabeln, liegt im geringen Kabeldurchmesser (2,9x5,8 mm). Damit ist es manchmal möglich vorhandene Leerrohre zu nutzen, was mit dickeren Kupferkabeln nicht möglich wäre. Aufwendige Stemm- oder Bohrarbeiten könnten damit vermieden werden.
Aus obiger Tabelle geht hervor, daß unter Verwendung von Multi-Mode Faser bei einer Kabellänge von 500m ein Betrieb von 1000BaseSX noch möglich ist. In Osnabrücker Studentenwohnheimen wird eine größere Entfernung als 500m innerhalb des Hauses niemals auftreten. Deshalb kann eine Inhausverkabelung, und es ist auch üblich es so zu realisieren, ausschließlich mit Multi-Mode Faser durchgeführt werden.
Nach der Kabelverlegung erfolgt an beiden Enden eine Steckerinstallation (ST oder SC-Duplex). Im Wohnheimzimmer wird eine LWL-Steckdose installiert, dort wird der montierte Stecker einfach eingesteckt. Der Anschluß des studentischen Rechners erfolgt dann einfach über ein LWL-Patch-Kabel. Im Verteilerschrank erfolgt die Montage eines Patch-Feldes, das einfach aus vielen LWL-Kupplungen besteht. Dort wird der montierte Stecker von hinten aufgesteckt, vorne erfolgt die Verbindung zum Sternkoppler über ein kurzes LWL-Patch-Kabel.
Die Erfahrung zeigt, daß aktive Komponenten (Sternkoppler) mit LWL Anschlüssen nur mit erheblichem Aufpreis erhältlich sind. Meist ist es deshalb preisgünstiger Sternkoppler für KAT5,6,7 Netzwerke einzubauen und die Verbindung zum LWL-Kabel über einen Medienwandler

herzustellen. Diese sind in 19" Einschüben zu 6,8,12 oder 16 Stück sowohl für 10BaseFL als auch für 100BaseFX erhältlich. An dieser Stelle muß man sich jedoch leider entscheiden: Die Medienwandler für 100BaseFX sind etwa doppelt so teuer wie die 10BaseFL Wandler, die jedoch widerum in ca. 3 Jahren ausgetauscht werden müßten.
Die LWL Netzwerkkarten, die im studentischen PC die Verbindung zum Netz herstellen, sind um ein vielfaches teurer als die Kupferkarten. Während 10BaseFL Versionen schon für ca. DM 100,- erhältlich sind, kostet eine 100BaseFX Karte im günstigsten Fall DM 180,-. Es sind also nicht die eigentlichen Lichwellenleitungen und die Stecker, die den Preis in die Höhe treiben, sondern die aktiven Komponenten, die eine LWL-Nutzung eigentlich nur ermöglichen sollen.

Kurzbewertung zu 100BaseFX:

- Arbeitsaufwand: komplette Neuverkabelung
- Gebäudebeschädigung: je nach Hausbeschaffenheit
- Zukunftstauglichkeit: > 20 Jahre (bei späterem Austausch von aktiven Komponenten)
- maximale Geschwindigkeit: z.Zt. 1000 Mbit/s, weitere Entwicklungen folgen
- Zuverlässigkeit: hoch
- EMV: prinzipbedingt keine Probleme, weil optische Übertragung
- Datensicherheit: bei vollständigem Switching (Kapitel 3.136) keine Bedenken
- Kosten: hoch (ca. DM 1200,- pro Zimmer, Netzkarte100Mbit/s - Switch - Medienwandler100Mbit/s - LWL-Facharbeiten - Steckdosen - Kabel - Patch-Feld - Hausinstallation)
- Voraussetzungen: keine
- Gesamturteil: zu empfehlen, wenn Leerrohre genutzt werden können, die für KAT5,6,7 zu dünn sind

3.13 Hubbing, Switching oder Routing

Bisher wurde versucht diese 3 Begriffe zu vermeiden. Statt dessen wurde der Begriff Sternkoppler benutzt, der vieles bedeuten kann: es wird aber immer auf einen Hub, Switch oder Router hinauslaufen. In den folgenden Unterkapiteln werden die Funktionen der 3 Gerätegruppen ausführlich erläutert, im letzten Kapitel findet eine Bewertung statt.

3.131 Hub

Ein Hub ist ein sehr einfacher Sternkoppler für ein Ethernet nach 10BaseT oder 100BaseT, der prinzipiell funktioniert wie ein Repeater für 10Base2. Das bedeutet, es handelt sich um ein kleines Gerät (meist im 19" Einbauformat mit 1 bis 2 Höheneinheiten), welches vorne viele Ethernet-Ports besitzt. An jedem Anschluß wird ein Rechner angeschlossen, wenn er nicht unbenutzt bleibt. Sobald der Hub an einem Port ein Datenpaket empfängt, leitet er es verstärkt und regeneriert an alle anderen Ports weiter. Fehlerhafte Datenpakete werden ignoriert. Registriert der Hub an einem Port extrem falsche Signale, liegt z.B. ein Kurzschluß vor, dann wird der Port abgeschaltet, um die anderen Ports nicht zu beeinträchtigen. Er wird erst wieder in Betrieb genommen, wenn kein Fehler mehr festgestellt werden kann.
Auf diese Weise entsteht durch viele Rechner, einen Hub und Leitungen das Shared-Medium mit dem CSMA/CD Zugriffsverfahren (Collosion Domain), was bereits in einigen vorherigen Kapiteln erwähnt wurde. Deshalb kann jeweils nur eine Station gleichzeitig Daten an den Hub senden. Jede Station empfängt alle gesendeten Daten auf dem gesamten Netz, auch alle Daten, die an andere Stationen adressiert sind. Alle Stationen teilen sich die Gesamtgeschwindigkeit von 10 oder 100 Mbit/s. Diese Höchstgeschwindigkeit kann jedoch nie erreicht werden, weil immer Umschaltzeiten abgewartet werden müssen oder eine Sendung wiederholt werden muß, weil unabsichtlich 2 Stationen gleichzeitig gesendet haben (Collision). Man spricht auch hier von einer theoretischen Maximalgeschwindigkeit.

Mittlerweile gibt es Hubs mit 4 bis 48 Ports. Wenn die Portzahl noch weiter ausgebaut werden muß verwendet man stackable-Hubs, also Hubs, die man stapeln kann. Diese verfügen dann über spezielle, schnelle Ports, um teilweise bis zu 6 oder mehr Hubs zusammenzuschalten. Ursprünglich gab es spezielle Regeln, um Hubs an unterschiedlichen Orten in einem Gebäude oder auch einem Firmengelände zusammenzuschalten. So wurde immer die maximale Ausbreitungsgeschwindigkeit des Ethernet berücksichtigt und ein sicherer Betrieb gewährleistet. Mit der Entwicklung der Switches (nächstes Kapitel), die sich aufgrund ihrer Speicherfunktion über diese Regeln hinwegsetzen dürfen, wird es aber kaum noch vorkommen, daß man mehr als 2 Hubs miteinander verbindet. Wenn überhaupt noch Hubs verwendet werden, dann meist dazu einige Recher zusammenzufassen und über einen Uplink-Port an den nächsten Switch anzubinden. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle die Repeater-Regel nicht mehr behandelt.

3.132 Switch

Ein Switch ist ursprünglich aus einem Gerät mit dem Namen "Bridge" entstanden. Die Bridge hatte schon alle Funktionen eines Switch, jedoch nur 2 Ports. Switches können beliebig viele Ports besitzen, üblich sind aber Werte wie 6, 8, 12, 16, 24, 32, 48. Ein Switch kann einem Hub zum verwechseln ähnlich sehen, hat auch eine ähnliche Funktion, sollte jedoch anders behandelt werden. In einem Switch arbeitet, im Vergleich zum Hub, ein Mikroprozessor. Er wertet die Kopfzeilen aller Ethernet-Pakete der angeschlossenen Rechner aus und leitet daraus Informationen für seine effektive Arbeit ab.
Dazu ist es wichtig zu wissen, daß jede Ethernet-Adapterkarte eine feste, eingebrannte Ethernetadresse hat, die weltweit einmalig ist. Dazu wurden an alle Hersteller dieser Karten Adressblöcke im hexadezimalen Bereich vergeben. Diese Adresse ist 12-stellig, mittels Software auslesbar und wird auch MAC- oder Hardwareadresse genannt. Der Name MAC-Adresse (Media Access Control) findet seinen Ursprung in der Netzwerk-Schicht 2 des OSI Referenzmodells, in der der sich die Arbeit der Switches insgesamt auch abspielt.
Bekommt z.B. ein Switch an Port 4 ein Datenpaket von einem Rechner mit der Ethernet-Adresse 00-20-AF-45-DC-FC, dann speichert der Switch das Paket zwischen, merkt sich, daß dieser Rechner an Port 4 angeschlossen ist und leitet es weiter. Wird in nächster Zeit an einem anderen Port ein Paket für 00-20-AF-45-DC-FC empfangen, greift der Switch auf die alte Information zurück und leitet das Paket ausschließlich an Port 4 weiter. Ist nicht bekannt an welchem Port der Zielrechner angeschlossen ist, wird das Paket an alle Ports, mit Ausnahme des Ports wo das Paket herkommt, weitergeleitet. Es gibt auch spezielle MAC-Adressen des Typs "Broadcast" (Datenpakete an alle), die generell an alle Ports weitergeleitet werden, diese seien hier aber nur am Rande erwähnt. Dieses Vorgehen einer primitiven Datenvermittlungsstelle wird "Store & Forward Switching" genannt. Daneben gibt es auch das "Cut-through-Verfahren" und das "Fragment free cut through" Verfahren, die aber ähnlich funktionieren oder nur in der Geschwindigkeit optimiert sind. Switches bieten im Vergleich zum Hub folgende Vorteile:

- Nur Daten, die auch benötigt werden, belegen die Anschlußleitung zum Rechner (wesentlich geringe Datenlast).
- Vertrauliche Daten werden nicht an andere Rechner verschickt und können dadurch dort auch nicht mißbräuchlich ausgewertet werden.
- Die Repeaterregel muß bei Switches nicht beachtet werden, weil eine Zwischenspeicherung frühere Repeaterprobleme verhindert.
- Es kann im Switch die Geschwindigkeit des Mediums gewechselt werden: z.B. von 10 auf 100 Mbit/s.
- Im Switch kann eine Statistik über die Netzauslastung geführt werden.
- Die Switch Ports lassen sich in einem sogenannten "Managed Switch" (üblich) aus der Ferne zu- oder abschalten.
- Die Vermittlungsfunktion kann z.B. über ein genormtes Interface (SNMP) fernadministriert werden. Damit lassen sich einzelne Ports mit angeschlossenen Rechnern beeinflussen.

- Meistens unterstützen die Ports an einem Switch den Ethernet Full-Duplex-Modus (FD).
- Im Normalfall besitzt ein Switch einen Port für einen Hochgeschwindigkeits-Uplink (z.B. 1000BaseLX).

Aufgrund des gravierenden Preisverfalls der Switches in den letzten 5 Jahren und der enormen Vorteile nach obiger Aufzählung, gibt es offenbar bald keinen Grund mehr noch Hubs einzubauen. Meist bieten die Switches Ports an, die sowohl Geschwindigkeiten von 10 Mbit/s als 100 Mbit/s verarbeiten und dies auch noch automatisch detektieren. Studierende im Wohnheim können dann nach eigenem finanziellem Polster und Interesse entscheiden, ob sie ihr Geld in einen 100 Mbit/s Netzwerkzugang (Netzwerkkarte) investieren wollen.

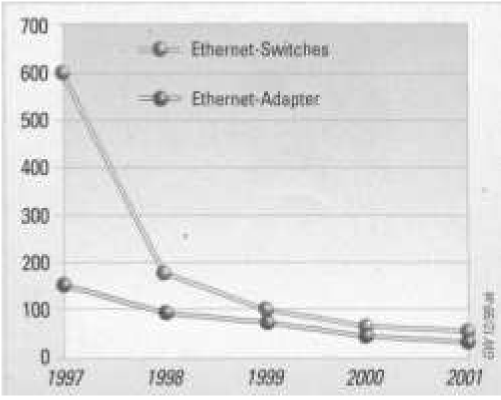


Abb. 21: Preise der Netzwerkkarten und Switch-Ports über die Jahre

Im Augenblick (9/99) sind Preise ab DM 100,- pro geswitchtem 10/100-Port incl. SNMP-Management von bekannten Herstellern erhältlich. Diese Geräte garantieren auch eine genügende Portdichte (Ports pro Volumen des Switches), um Wohnheime mit mehreren hundert Studierenden ohne großen Aufwand mit Daten zu versorgen.

3.133 HD und FD

Nach dem Shared-Medium-Konzept werden z.B. auf 10Base2 (Koaxialleitung) alle Datenpakete über eine einzige Leitung übertragen. Das gleiche Verfahren ist auch im Sprechfunk üblich, alle beteiligten Stationen senden dann auf einer Frequenz. Dort spricht man von Simplex, dieser Begriff hat sich jedoch bei Rechnernetzen nicht durchgesetzt. Dafür ist jedoch der Begriff für Sprechfunk auf 2 Frequenzen (eine hören und eine senden) übernommen worden: Duplex. Mit der Einführung des Standards 10BaseT benutzt man jeweils ein Kupferleitungspaar zum senden und eins zum empfangen. Weil jedoch aufgrund der verwendeten Hubs immer noch das Shared-Medium-Konzept mit dem CSMA/CD-Zugriff Verwendung findet, kann nicht gleichzeitig gesendet und empfangen werden. Deshalb spricht man von Halb-Duplex (HD).
Full Duplex (FD), also gleichzeitiges Senden und Empfangen, ist zwischen Endstationen (Rechnern) und Switch bzw. Switch-zu-Switch-Verbindungen möglich. Beide Stationen müssen jedoch das zugehörige Protokoll unterstützen. Ist dies der Fall, dann handelt es sich bei der Geschwindigkeit (10, 100 oder 1000 Mbit/s) nicht mehr um einen theoretischen Wert, sondern um einen Maximalwert pro Richtung. Zusammen können dann maximal 20, 200 oder 2000 Mbit/s zwischen den Ports übertragen werden. Durch dieses neue Verfahren müssen im Ethernet auch keine Kollisionen mehr erkannt werden. Deswegen sind mit FD auf den LWL Strecken auch 100BaseFX-Übertragungen über 2km hinweg möglich. Mit HD wären nur 412m zulässig. Aufgrund der oben beschriebenen zunehmenden Verbreitung von Switches ist es nur noch eine Frage der Zeit, ab wann ausschließlich FD Strecken in Betrieb sind.

3.134 Router

Router sind die eigentlichen Vermittlungsstellen im Hochschul-, Wissenschafts- und Internet. Obwohl es auch Router für Protokolle wie IPX/SPX gibt, wird hier ausschließlich das verbreitete TCP/IP Protokoll behandelt. Es ist deutschlandweit kein Wohnheim bekannt, in dem ein anderes Protokoll geroutet oder benutzt wird, es wäre auch aus Performance-Gründen nicht sinnvoll. Im Vergleich zu Switches arbeiten Router nicht nur in der OSI Schicht 2, sondern hauptsächlich in der Schicht 3. Dort vermitteln sie keine MAC-Adressen, vielmehr werden IP-Adressen verwendet, die folgende Form haben: "131.173.58.26". Es handelt sich um 4 Zahlen von 0 bis 255, die durch Punkte getrennt sind. Sie werden weltweit eindeutig vergeben; jeder Rechner, der am Internet teilnimmt, benötigt prinzipiell eine eigene IP-Adresse.
Handelt es sich um einen Layer 3/4 Router (nach OSI Schichtenmodell), verwaltet das Gerät neben den Adressen auch noch sogenannte TCP/IP-Ports. Dabei handelt es sich um virtuelle Eingänge, die jedes mit TCP/IP arbeitende Gerät bietet. Diese Ports sind von 0 bis 65535 durchnumeriert und teilweise festen Diensten (WWW, FTP, DNS, SMTP, POP3, NETBIOS) zugeordnet.
Der Name Router leitet sich von dem Begriff "route" ab, der im englischen Strecke oder Weg bedeutet. Das kommt der Funktion auch schon sehr nahe: Der Router findet Strecken durch das Netz.
In den Anfängen von TCP/IP handelte es sich bei den Routern um ausschließliche Vermittlungsstellen, die den Weg von einem Rechner im Internet über mehrere Router zum Zielrechner im Internet vermittelten. Dazu wurde auf statische (einmalig durch den Administrator festgelegte) oder dynamische (angepaßte der übertragenen Datenmenge auf den jeweiligen Strecken) Routingtabellen zurückgegriffen.
Im Laufe der Entwicklung kamen immer mehr Funktionen auf den Router zu: Er sorgte dafür unterschiedliche Medien (Ethernet, Token-Ring, ISDN-Verbindungen, X.21-Verbindungen, usw.) aufeinander anzupassen. Auch entwickelten sich spezielle Access-Router, die die Einwahl bei Internet-Providern ermöglichen. Aus der anfänglichen Vermittlungstelle mit einheitlichen Anschlüssen wurde ein universelles Koppelgerät zwischen Systemen.
Üblicherweise wird über einen Router nicht ein einzelner Rechner an das Hochschulnetz oder Internet angebunden (mit Ausnahme der Modem oder ISDN Einwahl), sondern vielmehr ein ganzes Sub-Netz, was aus mehreren hundert Rechnern bestehen kann. Der Router fungiert dabei als Standard-Gateway (Ausgang nach draußen) und wird in dem Sub-Netz einfach als ein spezieller Rechner angeschlossen. Zugriffe auf das äußere Netz sind dann aus dem Sub-Netz heraus nur über den Router möglich, während der Router innerhalb des Sub-Netzes keine Funktion hat und auch nicht belastet wird.
Der Zugriff durch den Router auf externe Netze muß dabei jeweils für die, einem Rechner zugewiesene, IP-Adresse (in Verbindung mit der vorhandenen MAC-Adresse) freigeschaltet werden. Damit ist eine gewisse Kontrolle möglich. Auch ist es üblich nicht alle TCP/IP-Ports freizuschalten und damit nicht alle Dienste zu erlauben. Dieses dient aber teilweise auch dem Schutz des Sub-Netzes, um Eindringlingen die Arbeit zu erschweren (Netzwerkschicht-Firewall).
Es gibt bei den IP-Adressen auch spezielle Broadcast-Adressen, die Aufgaben haben, die hier nicht behandelt werden können. Broadcasts, die von Switches verteilt werden (OSI Schicht 2), durchlaufen Router normalerweise nicht. Sie können diese Grenze nicht überwinden und bleiben damit im Sub-Netz (Broadcast Domain). Dadurch ist gewährleistet, daß größere Netze (und das Internet) nicht von Broadcast-Datenpaketen überflutet werden. Bei Wohnheimen ist es sinnvoll jeweils jeden größeren Wohnheimkomplex (50 bis 400 Wohnplätze) einzeln zu routen. Bei noch größeren Sub-Netzen (z.B. alle Wohnheime in Osnabrück zusammen) würde irgendwann die Anzahl der Broadcasts, die jeder Rechner aufgrund des Betriebssystemes leider zwangsläufig aussendet, derart groß, daß ein großteil der gesamten Datenlast nur noch aus Broadcasts bestände.

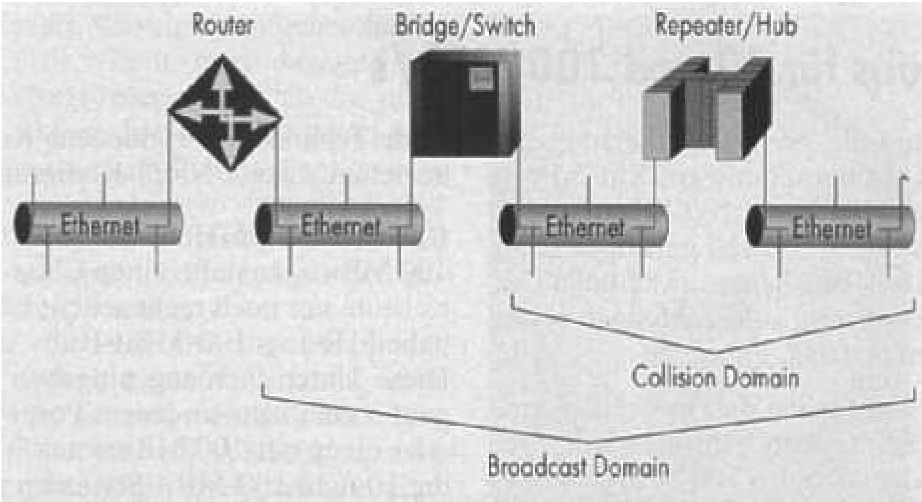


Abb. 22: Ethernet mit Ausbreitung von Broadcasts

3.135 Layer 3 Switch

Hierbei handelt es sich um einen Marketingbegriff (der technisch leider etwas unsauber ist). Auf OSI-Schicht 3 findet eigentlich immer ein Routing statt. Trotzdem setzt sich der Begriff "Layer 3 Switch" und die Geräte immer mehr durch. Technisch verbirgt sich dahinter die Hochgeschwindigkeitsversion eines traditionellen Routers. Ein wesentlicher, performancesteigernder Unterschied ist dabei, daß die Routing-Tabellen in Hardware (ROM) vorgehalten werden. Damit ist ein schneller Zugriff gewährleistet.
Im wesentlichen hat ein Layer 3 Switch jedoch alle Funktionen, die ein Router auch besitzt. Weil der Router im normalen Einsatz den Backbone (Zusammenfassung aller Netzwerkverbindungen mit hoher Datenrate) bildet, sollte er eine hohe Performence haben, er würde sonst alle Netze ausbremsen. Aus diesem Grund ist ein Layer 3 Switch für den Anwendungsfall eine vernünftige und inzwischen übliche Lösung, wenn nicht spezielle Anwendungsfälle dies verbieten.

3.136 Datensicherheit und Geschwindigkeit

Gerade in Studentenwohnheimen handelt es sich um einen Anwendungsfall von Datennetzen, der etwas besondere Aufmerksamkeit benötigt. Einerseits sollte das Netz schnell sein, weil es sich um ein Forschungsnetz handelt und damit etwas über dem üblichen Standard angesiedelt werden muß. Andererseits werden über das Netz nicht nur Daten übertragen, die allgemein zugänglich sind oder von allen genutzt werden. Vielmehr werden sogar private und vertrauliche Informationen (E-Mails, Bilder, Konferenzen) übertragen, die nicht abgehört werden sollten.
Eine ausreichende Geschwindigkeit von 10 Mbit/s wurde in den meisten bisher in Deutschland versorgten Wohnheimen mit den Ethernet-Standards 10Base2 und 10BaseT erreicht. Die interne Geschwindigkeit, z.B. kopieren von Rechner zu Rechner, liegt damit nur geringfügig unter der Kopiergeschwindigkeit von CD-ROM auf die Festplatte. Die externe Geschwindigkeit (Zugriff auf das Hochschulnetz) hängt von anderen Faktoren ab, mit denen sich das Kapitel 4. beschäftigt.
Jedoch entwickelt sich die Rechnertechnologie bekanntlich explosionsartig weiter. In 3 bis 4 Jahren ist es deshalb wahrscheinlich, daß eine Geschwindigkeit von 10 Mbit/s als eher gering betrachtet wird. Wenn heute ein Netz geplant wird, sollte deshalb mit einer Betriebszeit von vielleicht 10 Jahren gerechnet werden, ohne Komponenten in dem Netz auszutauschen. Die Ethernetgeschwindigkeit von 100Mbit/s nach 100BaseTX oder 100BaseFX ist bekanntlich verfügbar und auch bezahlbar. Der Preisunterschied pro Wohnplatz beträgt dabei ca. 20% bei einer Kupferverkabelung. Eine Investion in ein 100 Mbit/s-Netz ist deshalb wahrscheinlich sogar preisgünstiger als derzeit ein 10 Mbit/s-Netz aufzubauen und in vielleicht 4 Jahren alle aktiven Komponenten (Switches, Netzwerkkarten) auszuwechseln. Desweiteren wird an anderen Hochschulstandorten bereits über Multimediaanwendungen diskutiert (Stichwort: Vorlesung über das Internet). Es bleibt abzuwarten inwieweit sich Lehrkräfte in Osnabrück für solche Systeme

entscheiden. Mit einem 100 Mbit/s-Netz sind jedoch auch alle Vorbereitungen in diese Richtungen getroffen.

Der Effekt ist verblüffend: mit einem kleinen Computerprogramm kann der gesamte Netzwerkdatenverkehr auf einem Ethernet, das über Hub oder Repeater verbunden ist, mitgeschrieben (IP-Sniffing) werden. Damit sind nicht nur alle persönlichen Daten und vertrauliche Nachrichten abhörbar, auch alle fremden Paßwörter, die unverschlüsselt über das Netz übertragen werden (was meist der Fall ist), erscheinen mit dem Programm auf dem Bildschirm. Schuld daran ist das Prinzip des Ethernet: das Shared-Medium. Bisher war die Tatsache zumindest den Administratoren der Netze in den Studentenwohnheimen bekannt. Abhilfe konnte kaum geschaffen werden. Lediglich das verschlüsselte Übertragen von Paßwörtern (Secure Shell) wurde teilweise eingeführt. Bei der Neuplanung von Datennetzen in Studentenwohnheimen ist es jedoch möglich zu berücksichtigen, daß solche Angriffe auf die Datensicherheit in Zukunft zwecklos bleiben. In Kapitel 3.132 wurde es schon angedeutet: Ein Switch leitet die Datenpakete nicht an alle Empfänger blind weiter wie ein Hub, sondern stellt die Pakete gezielt zu, sofern der Empfänger bekannt ist. Das ist der Grund, weshalb bei einem Angriff auf die Datensicherheit in einem geswitchten Ethernet, wenn überhaupt, nur noch das erste Paket mitgeschrieben werden kann. Sobald dem Switch der Standort des Empfängers bekannt ist, werden alle Pakete gezielt zugestellt. Im Kapitel 3.132 wurden noch viele andere Vorteile von Switches gegenüber der Hubs genannt. Die Verhinderung von Lauschangriffe ist jedoch eine Notwendigkeit, die einen vergleichsweise geringfügig höheren Preis rechtfertigt.
Im Augenblick beschäftigt sich das IEEE mit einem Sicherheitsstandard, um zu verhindern, daß an ein Ethernet nicht gemeldete Geräte angeschlossenen werden. Unter der Nummer 802.1x wird ein Verfahren entwickelt, daß einen Zugang zum Netz nur nach vorhergehender Authentifizierung ermöglicht. Weil es in Studentenwohnheimen öfter zum Anschluß von Fremd- und Zweitrechnern gekommen ist, sollte die Entwicklung dieses Systems weiter beobachtet werden, um rechtzeitig eine Nutzung zu ermöglichen. Manche Hersteller bieten auch jetzt schon Lösungsansätze - in den Switches implementiert - an.

3.14 Brandschutz bei neuen Netzen

Nach dem Flughafenbrand in Düsseldorf 1996 ist das Brandschutzbewußtsein in Deutschland wieder aufgeblüht. Dort breitete sich der Brand hauptsächlich durch PVC-haltige Kabel enorm schnell aus. Bei diesen Leitungen, die meistens Verwendung finden, besteht die Isolierung aus dem Kunststoff PVC, das im Brandfall die Flammen schnell weiterleitet und giftige Gase freisetzt. In öffentlichen Gebäuden mit starker Brandlast gibt es mittlerweile vom VDS (Verband Deutscher Sachversicherer) eine Empfehlung keine halogenhaltigen (womit PVC gemeint ist) Kabel mehr zu verwenden. Halogenfreie Kabel kosten mittlerweile nur noch unwesentlich mehr Geld (ca. 10%). Deshalb sollte man von PVC-Kabeln auch in Studentenwohnheimen Abstand nehmen. Werden die Leitungen über lange Strecken oder über Türen in Kabeltragsystemen (Rohre, Kanäle) geführt, sollte aus den gleichen Gründen auch auf PVC verzichtet werden. Bei der Montage über Türen kommt im Brandfall noch die Gefahr durch herabtropfenden Kunststoff hinzu, der den Fluchtweg versperrt. Kabelkanäle aus Aluminium oder Stahl sind hier eine Alternative.
Oft müssen Leitungen durch Brandwände und Komplextrennwände hindurch verlegt werden. Zu diesem Zweck sind Kabelabschottungen vorgeschrieben, sie verschließen die für die Durchführung von Kabel und elektrischen Leitungen erforderlichen Öffnungen durch Decken und Wände und verhindern im Brandfall die Ausbreitung von Feuer sowie Rauch in angrenzende Bereiche. Wird die Kabelinstallation nicht durch eine Fachfirma durchgeführt, sollte vor den Arbeiten eine Information bei einer Fachfirma für Brandschutz eingeholt werden. Nach Abschluß der Arbeiten sollte dann eine Kontrolle der sorgfältigen Ausführung aller Arbeiten an Brandwänden und Komplextrennwänden durch einen Fachmann erfolgen.
Die bessere und einfachere Lösung stellt das Verfahren dar; die Leitungen zu verlegen und die gebohrten Löcher anschließend vorschriftsmäßig von einer Brandschutzfirma verschließen zu lassen. Dabei sollten die Bohrungen aber höchstens zu 60% mit Leitungen gefüllt werden.

Ein Problem stellt auch die Einführung von z.B. LWL-Erdleitungen in ein Gebäude dar. Neben der Problematik, daß eine druckwasser- und gasdichte Einführung mittels eines Kabeldurchführungssystemes erfolgen muß, bestehen diese Kabel auch meistens aus PE. Kabel aus diesem Kunststoff dürfen jedoch aufgrund der hohen Brandlast nicht innerhalb von Gebäuden verlegt werden. Deshalb muß entweder direkt nach der Gebäudeeinführung eine Spleißung auf ein Innenkabel erfolgen, oder generell ein PE und PVC freies Innen- und Außenkabel verwendet werden.

3.15 Fazit zur LAN-Technologie

Ein abschließendes "Statement" fällt nach den ausführlichen Betrachtungen zur Inhausverkabelung nicht schwer. Alle möglichen Verfahren wurden reichhaltig beschrieben und bereits bewertet. Erstaunlich ist, daß der Preis für eine komplette Neuverkabelung auf Basis von LWL und 100 Mbit/s pro Zimmer günstiger ist als eine ADSL oder CATV Lösung.
Zwei sinnvolle Lösungsmodelle sind übriggeblieben:

- Sind dicke Leerrohre oder gar keine Leerrohre vorhanden, bietet sich eine Neuverkabelung mit KAT6 Leitungen nach dem Standard 100BaseTX an. Es sind als Sternverteiler ausschließlich 10/100 Mbit/s Switches zu verwenden.
- Sind dünne Leerrohre, durch die ein LWL-Duplex-Volladerkabel paßt, vorhanden, sollte über eine reine LWL Verkabelung mit 50/125 Multi-Mode Kabel nachgedacht werden. Als Sternverteiler sollten 10/100 Mbit/s Switches mit 100Mbit/s-Medienwandlern verwendet werden.

Die jeweils in der Kurzbewertung angegebenen Schätzpreise enthalten alle erforderlichen Hardwarekomponenten und den erforderlichen Arbeitsaufwand einer Fachfirma. Eine Anbindung an das Hochschulnetz (Internet) ist in dem Preis nicht enthalten und wird in Kapitel 4. behandelt und bewertet. Die angegebenen Schätzpreise sollten einen objektiven Vergleich der Übertragungsverfahren zulassen. Deshalb ist eine studentische Beteiligung am Aufbau des Netzes, die den Preis teilweise erheblich reduzieren würde, noch nicht eingerechnet worden. Auch ist im Preis die Netzwerkkarte für den angeschlossenen Computer enthalten, die jedoch normalerweise aus Haftungsgründen vom Netznutzer (Studierenden) selbst erworben wird. 40% des Preisunterschiedes zwischen einer KAT6 und einer LWL-Verkabelung fallen auf diese Netzwerkkarte, die den Netzbetreiber finanziell nicht belastet.

3.2 Telefonverkabelung

Bereits in Kapitel 2.13 wurde erwähnt, daß Telefonanschlüsse in alle Wohnheimen reichlich verfügbar sind. Deshalb werden in den folgenden 3 Kapiteln nur kurz die Prinzipien und die verwendete Infrastruktur vorgestellt. Generelle Änderungen und neue Entwicklungen sind in diesem Bereich vorerst nicht zu erkennen.

3.21 analog a/b

Das traditionelle Telefonverfahren verwendet einen Sprachübertragungsbereich von 300 bis 3400 Hz. Die Übertragung erfolgt auf einer symmetrischen 2-Drahtleitung, um Störungen weitestgehend auszuschließen. Für das Senden und Empfangen der Sprache reicht das eine Kupferpaar aufgrund der Anwendung der Gabelschaltung aus. Der Rufton (Klingel) wird mit Hilfe einer 60V/50Hz Wechselspannung aufmoduliert. Telefone werden normalerweise ohne Zwischenverstärker bis zur Vermittlungstelle direkt an die teilweise bis zu 5 Kilometer lange Kupferleitung angeschlossen. Es gibt aber auch Systeme, wie zum Beispiel im Studentenwohnheim Dodesheide zu finden, wo mit Hilfe eines PCM-Systems (Puls-Code-Modulation), also einer transparenten Digitalisierung oder einer analogen Modulation

der Telefongespräche in eine andere Frequenzlage (Trägerfrequenztelefonie), mehrere Telefonate über eine Leitung geführt werden. Das wird immer dann erforderlich, wenn mehr Telefonanschlüsse geordert werden, als Leitungen zur Vermittlungstelle verfügbar sind.
Im Haus werden als Infrastruktur meist 2 bis 4 paarige Leitungen verlegt. Diese werden an normale TAE-Steckdosen angeschlossen. Im Keller faßt dann eine Verteilerbox alle Inhauskabel zusammen und stellt den Anschluß zum Erdkabel her.
Teilweise gibt es in den Studentenwohnheimen Netze, wo jede im Haus verfügbare Steckdose direkt bis zur Vermittlungstelle der Telekom durchgeschaltet ist. Landläufig wird dies auch als "starres Netz" bezeichnet. Dies ermöglicht dem Netzbetreiber alle Änderungen an den Telefonanschlüssen ohne einen Service-Techniker im Außendienst durchzuführen. Dieses ist jedoch nur dort möglich, wo genug Leitungspaare bis zur Vermittlungstelle verfügbar sind. Außerdem muß dazu im Haus, auch wo noch kein Telefonanschluß gewünscht wird, ein vollständiges Netz aufgebaut werden. Dieses kostet viel Geld und wird gerne vermieden. Dann ergibt sich der Zustand, daß oft Service-Techniker des Netzbetreibers vor Ort arbeiten müssen, um z.B. Leitungen umzuklemmen oder Anschlüsse ganz neu zu verdrahten.

3.22 ISDN

ISDN wurde in den 80er Jahren entwickelt und brauchte eine sehr lange Zeit, um überhaupt auf dem Markt aufzutreten. Dies lag mit Sicherheit daran, daß sehr viele Länder an der Standardisierung beteiligt wurden, aber auch daran, daß eigentlich wenig Bedarf an einer Technologie wie ISDN bestand. Deutlich macht das auch die Tatsache, daß z.B. in den USA ISDN so gut wie unbekannt und meist auch nicht verfügbar ist.
ISDN verfolgt die konsequente Weiterführung der digitalen Übertragungstechnik von der Vermittlungstelle bis zum Kunden. Während bei der heutigen a/b Telefontechnik zwar eine digitale Vermittlung stattfindet und die Übertragung im Weitverkehrsnetz auch digital erfolgt, geschieht die digital-analog Wandlung in der Vermittlungsstelle. Bei ISDN erfolgt die Übertragung in das Haus des Kunden digital über die symmetrische 2-Drahtleitung. Meist wird dazu das U0-Vefahren verwendet, was mit Hilfe der Echokompensation die Hin- und Rückübertragung auf einem Leitungspaar ermöglicht. Im Kundenhaus erfolgt dann mit Hilfe des NTBA eine Schnittstellenwandlung auf die inzwischen weit verbreitete S0 Schnittstelle. Dabei handelt es sich um eine 4-Draht-Schnittstelle, die für die beiden Übertragungsrichtungen verschiedene Paare verwendet. An diesen Leitungs-Bus können dann auch mehrere Geräte im "Punkt zu Mehrpunkt" Übertragungsverfahren angeschaltet werden. Ein solcher ISDN-Anschluß stellt 2 Sprach- oder Datenkanäle zur Verfügung. Diese ganze Übertragung erfolgt synchron zum Telefonnetz und stellt dadurch eine garantierte Bandbreite oder Geschwindigkeit zur Verfügung. Die Übertragung von Signalisierungen (Klingel, Ruftöne, usw.) erfolgt in einem separaten Datenkanal, der neben den beiden Sprachkanälen im digitalen Zeitmultiplexverfahren über die Leitung geführt wird. Aus diesem Grund lassen sich nahezu beliebige Telefonnummern zuordnen. Zur Unterscheidung wird dabei die angerufene Nummer mit an den Kunden übertragen.
Neben dem Anschluß mit 2 Sprachkanälen wird auch ein Anschluß mit 30 Sprachkanälen für Großkunden angeboten. Die zugehörige Kundenschnittstelle nennt sich S2M. Normal erfolgt an diese Schnittstelle eine Anschaltung einer Telefonanlage, die alle ISDN Daten weiterverarbeitet und weiterverteilt.
Aufgrund der Verwendung des gleiches Mediums (symmetrische 2-Drahtleitung) sind bei einer Umstellung eines a/b Anschlusses auf ISDN die Hardwareänderungen minimal. Die Montage des NTBA erfolgt meist neben der ehemaligen TAE-Telefonsteckdose. Üblich ist mittlerweile auch, daß kein Service-Techniker mehr die Installation vornimmt, sondern der Kunde den NTBA anschließt und der Netzbetreiber den Anschluß nur noch in der Vermittlungsstelle umschaltet.
Für die Installation einer Inhausverkabelung in Studentenwohnheimen ist es also unerheblich, ob Studierende einen ISDN oder einen a/b-Anschluß betreiben wollen. Die Verkabelung beschränkt sich auf ein 2-Drahtpaar, was z.Zt. in allen Osnabrücker Wohnheimen pro Wohnung oder Zimmer vorhanden ist.

3.23 ATM

Bei ATM (Asynchron Transfer Mode) handelt es sich um ein Verfahren, was gerne High-Speed ISDN genannt wird. Es handelt sich um ein asynchrones Verfahren zur Weitverkehrsübertragung. Z.Zt. sind Geschwindigkiet von 1,5 bis 622 Mbit/s üblich. Das verwendete hardwaremäßige Medium ist dabei sehr unterschiedlich. Die Besonderheit von ATM ist, daß es möglich ist Bandbreite, also Geschwindigkeit, für Übertragungen zu reservieren. Deshalb kann die Übertragung als gesichert betrachtet werden. Weil es sich jedoch um ein asynchrones Verfahren handelt, kann es zu Verzögerungen in der Übertragung kommen. Das ist auch der Grund weshalb Übertragungsverfahren für Telefongespräche bisher eigentlich immer synchron ausgeführt wurden. ATM als High-Speed ISDN zu bezeichnen trifft also nicht den Kern der Problematik. Vielmehr handelt es sich bei ATM um ein High-Speed Datennetz, was meist zur Schaffung von Internetverbindungen genutzt wird. Dabei arbeitet ATM aber grundsätzlich anders als das Internet: Während ATM verbindungsorientiert überträgt, ist TCP/IP als Internetprotokoll verbindungslos definiert.
ATM läßt sich sowohl über ADSL-Strecken (ab 1,5 Mbit/s, ADSL-Lite) als auch über Lichtwellenleiter-Verbindungen betreiben. Damit definiert ADSL keine hardwaremäßigen Komponenten sondern nutzt bestehende Plattformen, um die neuen Protokolle einsetzen zu können. Feste ATM-Standards sind größtenteils sowieso noch nicht vorhanden, weil die Festlegung aller Standards z.Zt. im sogenannten ATM-Forum geschieht. Dabei handelt es sich um eine Interessenvertetung der Industrie im Internet, die dieses Verfahren für den eigenen Zweck, jedoch koordiniert, weiterentwickelt.
Aus diesen Gründen wird ATM offensichtlich auch nicht das Telefonsystem der Zukunft werden. Vielmehr läßt sich eine Nischenlösung absehen, nachdem ATM in den vergangenen Jahren vielfach dazu genutzt wurde den fehlenden Gigabit-Ethernet Standard abzudecken, der jetzt vorhanden ist.
Auf die Telefonverkabelung in Studentenwohnheimen hat die Entwicklung von ATM also keine Auswirkungen. In Kapitel 4.13 wird ATM jedoch noch näher betrachtet und auf die Tauglichkeit als Backbone-System im Computernetzwerk begutachtet.

3.3 Fernseh- und Radioprogrammverteilung

Als am Anfang des Jahrhunderts das Radio und das Fernsehen erfunden wurde war es lange Zeit üblich eine Dachantenne direkt an das Empfangsgerät anzuschließen. Bei größere Wohnanlagen erfoderte das allerdings für jeden Empfänger eine eigene Antenne auf dem Dach, was mit der zunehmenden Verbreitung des Mediums Rundfunk ausuferte. Die Folge war das System der Fernseh- und Radioprogrammverteilung, was seine Perfektion mit der Erfindung des Kabelfernsehens fand.
Hinter dem Gedanken der Programmverteilung steht die Idee alle Antennensignale für Radio und Fernsehen zentral zu empfangen, zu verstärken und an jeden Empfänger zu verteilen. Weil es sich bei dem verteilten Signal um ein Hochfrequenzsignal handelt, kann der Empfänger normalerweise nicht unterscheiden, ob er an eine Antenne oder eine Verteilanlage angeschlossen ist. In der frühen Zeit der Verteilanlagen wurden ausschließlich Programme verteilt, die man auch mit Einzelantennen hätte empfangen können.
Mit dem Kabelfernsehangebot wurden dann an der zentralen Empfangsstelle (meist eine pro Stadt) weitere Programme über Satellit empfangen und in die Verteilanlage eingespeist. Bis heute wurden damit die empfangbaren Programme immer weiter ausgeweitet, so daß es z.Zt. ein Angebot von über 30 Fernsehprogrammen im Kabelfernsehnetz gibt.

3.31 Nutzung bestehender Verteilsysteme

In den meisten Mehrparteienhäusern, so auch in Studentenwohnheimen, wurde irgendwann ein

Verteilsystem für den Empfang der ersten 3 Fernsehprogramme installiert. Nebenbei wurde noch der UKW Rundfunkbereich übertragen. Mit der terrestrischen (Empfang ohne Satellitenantenne) Empfangsmöglichkeit von RTLplus und Sat1 wurde diese Anlage dann erweitert, so daß auch ein Empfang der 2 weiteren Programme möglich war. Um dies zu ermöglichen wurden Frequenzumsetzer installiert, die die Fernsehprogramme von einer Ursprungsfrequenz im UHF-Bereich in einen anderen Fernsehkanal (meist im VHF-Bereich) umsetzten. Damit wurde vermieden, daß sich im Haus die Signale des direkt empfangenen Senders, der manchmal sehr stark war, und die verteilten Signale auf dem gleichen Kanal mischen und stören. Bevorzugt wurden die Kanäle im VHF I und VHF III Band benutzt, um mit niedrigen Frequenzen arbeiten zu können, das verringerte die Anforderungen an die Verteilanlage (Kabel, Steckdosen).

3.311 verschiedene Koaxialkabel und Verteilkomponenten

Eingebaut wurden damals übliche Antennenkabel. Diese ca. 5 mm dicken 75 Ohm Koaxialkabel besitzen einen äußeren Schirm aus Kupfergeflecht. Der Isolierstoff zwischen Schirm und Innenleiter (Dielektrikum) besteht aus dem Kunststoff PE. Diese Kabel besitzen Eigenschaften, die mit Koaxialkabeln heutiger Bauart nicht zu vergleichen sind. Nicht nur ist die Dämpfung der hochfrequenten Signal in den alten Kabeln extrem hoch, auch dringt sehr viel HF-Energie aus den Kabeln nach draußen und wird dabei "gesendet".
Technische Vergleichswerte sind dabei die Angaben für das Schirmungsmaß und die Dämpfung. Heute übliche Koaxialkabel sind meist 7 mm dick und besitzen einen äußeren Schirm aus Alumiumfolie und Kupfergeflecht. Auch wird für das Dielektrikum meist kein PE mehr verwendet, sondern man greift auf einen Schaum aus PE zurück, auch Cell-PE genannt. Durch diese und noch einige weitere Maßnahmen wurde die Qualität der Koaxialkabel soweit verbessert, daß sich die verteilten Signale im Koaxialkabel mit den Signalen im Freiraum (Funkbetrieb) nicht mehr nennenswert beeinflussen. Schirmungsmaße von über 70dB sind heute möglich und realisieren dieses. Nur so ist ein Betrieb von Kabelfernsehen mit vielen Programmen möglich. Die genutzen Frequenzen außerhalb des Kabels werden von anderen Funkdiensten genutzt, die nicht gestört werden dürfen (EMV).
Nicht nur die Koaxialkabel wurden weiterentwickelt, auch Verteiler, Abzweiger und Steckdosen, die in der Verteilanlage eingebaut werden und die Verbindungen ermöglichen, wurden verbessert. Insbesondere wurde hierbei die Durchgangsdämpfung (Dämpfung der Signale beim Durchgang durch die Komponente) wesentlich verringert. Damit wurde die nötige Verstärkung an der zentralen Empfangsstelle geringer.
Die schlechte Qualität der Komponenten erlaubt es also normalerweise nicht eine alte Verteilanlage für die Verteilung von Kabelfernsehprogrammen zu nutzen. Leider wird dies illegalerweise und aus Unwissenheit von vielen Hausbesitzern dennoch gemacht. Die Folge daraus ist, daß Funkdienste, wie z.B. der Amateurfunkdienst und der Flugfunkdienst, inzwischen seit Jahrzehnten flächendeckend gestört werden. Weil das ehem. BAPT (Bundesamt für Post und Telekommunikation), die heutige Regulierungsbehörde, jedoch keinen Ausweg aus dem Problematik sah, wurden die wichtigsten gestörten Dienste aus dem Frequenzspektrum im Kabelfernsehen ausgespart. Dies führte jedoch zu einer geringeren übertragbaren Anzahl von Fernsehprogrammen.
Mittlerweile wurde das ganze Gebilde von Vorschriften über den Bau von Radio- und Fernsehverteilanlagen wesentlich reduziert. Auch die frühere Anmeldepflicht für Verteilanlagen >25 Telnehmer ist inzwischen abgeschafft worden. Übrig blieben im wesentlichen die EMV- und die Sicherheitsvorschriften, die die Anforderungen an die Komponenten regeln. Im Endeffekt muß dabei gewährleistet sein, daß die gesamte Verteilanlage keine größere Leistung als 20dBpW (39 dBµV an 75 Ohm) abstrahlt (Schirmungsmaß, Störstrahlungsleistung). Diese auf 1pW bezogene dB-Angabe bedeutet, daß für die Störstrahlung als Grenzwert 0,1 nW gilt. Die Europanormen EN 50083-1 und EN 50083-2 enthalten u.a. diese Vorschriften und sind für das CE-Zeichen und damit für den Verkauf und den Betrieb verpflichtend.

3.312 Planung neuer Verteilsysteme

An dieser Stelle wäre es übertrieben das komplette Vorgehen der Planung einer Verteilanlage zu beschreiben. Fast alle Osnabrücker Studentenwohnheime verfügen bereits über ein Verteilsystem, was für Kabelfernsehen oder ähnliche Signale mit vielen Fernsehprogrammen verwendet werden kann. Deshalb sei hier auf das Planungshandbuch der Firma Blankom aus Thüringen verwiesen, das das Vorgehen und alle Anforderungen bestens beschreibt, jedoch nicht mehr zu 100% aktuell ist. Die wesentlichen Dinge sind hier nur kurz dargestellt, es handelt sich um Empfehlungen, die meist auf den Europanormen EN 50083-3 bis EN 50083-8 beruhen und um Vorschriften aus den oben genannten Normen:
Während früher der Haupteinspeisepunkt (Kopfpunkt) der Anlage im Dachgeschoß festgelegt wurde, weil dort auch die Antennen montiert waren, wird jetzt der Kopfpunkt normalerweise im Keller festgelegt. Dies hat die Gründe, daß bei einer Einspeisung von Kabelfernsehen der Anschluß im Keller zu finden ist (Erdleitung) und daß am Kopfpunkt der Anlage meist Umsetzer und Verstärker montiert werden, deren Betriebstemperatur zur einwandfreien Funktion nicht überschritten werden sollte. Auf Dachböden wird es im Sommer aber meist ziemlich warm, deshalb sollte dieser Raum dafür besser gemieden werden.
Aus den Verteilnetz-Grundtypen "Reihenverteilnetz" (das Signal wird von Steckdose zu Steckdose durchgeschleift) und "Sternverteilnetz" (die Steckdosen werden sternförmig an einen Verteiler angeschlossen) erarbeitet man meist ein gemischtes Netz. Ziel ist es an allen Steckdosen des Verteilnetzes einen Spannungspegel aller Fernprogramme von minimal 60 und maximal 84 dBµV zu realisieren. Bei Radioprogrammen liegen die Werte 4 dB niedriger. Um das zu erreichen stehen Steckdosen mit unterschiedlicher Anschlußdämpfung (z.B. 4, 7, 10, 14, 18 und 22 dB), Abzweiger (ermöglichen Stichleitungen mit unterschiedlichen Dämpfungen von der Hauptleitung zu realisieren), Verteiler mit 2 bis 8 Ausgängen, Dämpfungsglieder mit festem oder variablem Dämpfungswert und Kabel mit einem längenabhängigen Dämpfungswert zu Verfügung.
Als sehr kostengünstiger, montagefreundlicher und zuverlässiger Steckverbinder für Verteilsysteme hat sich der F-Stecker herausgestellt. Dabei handelt es sich im Prinzip nur um eine Metallhülse, die das Anschrauben des Koaxialkabels an der Buchse ermöglicht. Die früher viel verwendeten IEC-Stecker haben insbesondere im Langzeitbetrieb weit schlechtere Eigenschaften.
Besondere Aufmerksamkeit verdienen in einem Verteilsystem die Verstärker: Sie ermöglichen nicht nur die Verstärkung von zu geringen Spannungspegeln, sondern lassen auch eine frequenzmäßige Entzerrung zu, die durch ungleiche Kabeldämpfung der verschiedenen Frequenzen verursacht wird. Werden viele Verstärker in einem Verteilsystem kaskadiert (hintereinandergeschaltet, um hohe Leitungslängen zu ermöglichen), dann ist nicht nur der richtige Pegel an der Steckdose zu beachten, sondern auch ein benötigtes Signal-Rauschverhältniß, was immer mindestens 46dB betragen sollte, um ein rauschfreies Bild zu garantieren. Im Falle von Inhaus-Verteilnetzen werden jedoch normal nie mehr als 2 Verstärker kaskadiert, weshalb der Rauschabstand meist nicht betrachtet werden muß. Verstärker werden hauptsächlich nach Verstärkung (20 bis 40 dB) und maximalem Ausgangspegel bewertet. Dabei wird in den Katalogen der maximale Ausgangspegel (Betriebspegel) unter sehr verschiedenen Bedingungen angegeben. Teilweise wird dabei auf die maximalen Störprodukte 2. Ordnung (IMA) eingegangen, was meist der kritischere Wert ist. Aber auch eine Angabe bezogen auf die Störprodukte 3. Ordnung (KMA) ist üblich. Auch muß man wissen, daß die Bezugswerte für Hausanschlußverstärker (letzter Verstärker vor der Steckdose) nicht so streng sind, wie die Bezugswerte für Strecken- oder Verteilverstärker. Außerdem beziehen sich die Angaben auf die Belegung mit unterschiedlicher Programmzahl. Bei Hausanschlußverstärkern wird von 12 Fernsehprogramen (CTBA, CSOA ja nach Kanalraster) ausgegangen, bei einer Verdoppelung der Programmzahl müssen vom maximalen Ausgangspegel 3 dB abgezogen werden. Bei Strecken- oder Verteilverstärkern wird standardmäßig von 2 übertragenen Programmen ausgegangen (KMA), eine Verdopplung der Programmzahl schlägt auch wieder mit 3 dB zu buche. Beim IMA-Wert ist der maximale Betriebspegel nicht von der Kanalzahl abhängig.
Der maximale Pegel irgendwo im Verteilsystem (meist hinter dem stärksten Verstärker) ist auch

vorgegeben. Er richtet sich nach dem Schirmungsmaß der verwendeten Komponenten. Dabei ist von dem geringsten Schirmungsmaß, also der schlechtesten Komponente auszugehen. Dieses ist meist das verwendete Kabel. Bis 862 Mhz besitzen aktuelle Koaxialkabel mit Folienschirm oft ein Schirmungsmaß von 70 dB. Mit einer zulässigen Störstrahlungsspannung von 39dBµV ergibt sich durch die Addition der Werte ein maximaler Pegel von 109 dBµV. Dieser Wert darf hier nicht überschritten werden.
Die Planung eines Verteilsystemes erfordert etwas Geschick und Ausdauer. Oft gibt es mehrere Möglichkeiten das Netz zu realisieren, die Kosten können dabei unterschiedlich sein. Nach der Neuinstallation eines Radio- und Fernsehverteilsystemes ist es immer erforderlich Kontrollmessungen durchzuführen. Leider kommt es sehr leicht vor, daß Steckdosen nicht einwandfrei angeschlossen wurden oder Kabel fehlerhaft sind. Wenn das System in Betrieb ist, kann mit einem Fernseh-Meßempfänger einfach der an jeder Steckdose anliegende Pegelwert für beispielhafte Fernsehprogramme überprüft werden. Wenn dieser mit der Planung grob übereinstimmt, kann davon ausgegangen werden, daß kein Fehler vorliegt.
Das ehemalige BAPT hat 1996 einige technische Empfehlungen für die Installation dieser Verteilanlagen herausgegeben. Darin wird u.a. empfohlen aktive Komponenten mit möglichst hoher Einstrahlungsstörfestigkeit zu verwenden, das Verteilnetz weitestgehend sternförmig aufzubauen und eine genügend hohe Anzahl installierter Antennensteckdosen je Wohnung zur Vermeidung von Störungen durch nichtfachgerechte Eigenverkabelungen vorzusehen. Auch sollten die Anlagenbetreiber die Hausbewohner auf die Gefahren von Eigenverkabelungen und die Verwendung normgerechter Empfängeranschlußkabel hinweisen.
Ernst zu nehmen sind auch die Erdungsvorschriften für Programmverteilanlagen. Dabei ist vorgeschrieben, daß die komplette Verteilanlage, vor und hinter der Hauptverstärkung, über eine mindestens $4mm^2$ Kupferleitung mit dem Potentialausgleich des Hauses verbunden werden muß. Dies ist unabhängig von einer eventuell vorhandenen Antennenerdung.

3.32 Digitale Programmzukunft

Bis auf wenige Versuchsprogramme werden z.Zt. alle über Antenne empfangbaren und im Kabelfernsehen verfügbaren Fernseh- und Radioprogramme analog verbreitet. Dazu werden beim Fernsehen alle Informationen incl. des Fernsehtones in einem 7 bzw. 8 MHz breiten Fernsehkanal moduliert. Bei Radioprogrammen beträgt die Kanalbandbreite üblicherweise 300 kHz.
Weil keine weiteren Programme mehr unterzubringen waren und die Digitalisierung in sehr vielen Bereichen große Fortschritte erzielt hat, wurde deshalb der digitale Rundfunk entwickelt. DVB (Digital Video Broadcast) ist jetzt schon größtenteils nutzbar, DAB (Digital Audio Broadcast) steckt noch in der Versuchsphase. Bevor DAB als Standard festgelegt wurde, gab es schon DSR (Digitales Satelliten Radio) und ADR (Astra Digital Radio). Diese Verfahren arbeiteten jedoch fast ausschließlich via Satellit (DSR versuchsweise im Kabelfernsehen) und fanden deshalb keine sehr große Verbreitung.

3.321 DVB

Digital Video Broadcasting (DVB) umfasst eine Reihe zueinander kompatibler Standards zur digitalen Fernsehübertragung über Satelliten, terrestrische Sender und Breitband-Kabelnetze (BK-Netze). Bildkompression, Fehlerkorrektur und angepasste Modulationsverfahren ermöglichen eine Vervielfachung der anbietbaren Programme bei nahezu fehlerfreier Übertragung auf den vorhandenen Übertragungswegen. Dabei wird das Bild ähnlich wie in einem Computer bearbeitet und zum Empfänger übertragen. In diesem Zusammenhang rüstet z.B. die Deutsche Telekom AG zur Zeit ihr BK-Netz für die DVB-Übertragung aus. Gemäß DVB-Kabelstandard ETS 300429 (European Telecommunication Standard) wird hierfür als Modulationsart eine 64-Quadratur-Amplituden-Modulation (QAM) verwendet. Damit ergibt sich in einem analogen Fernsehkanal der Bandbreite 8 MHz eine Nutzbitrate von ca. 38,1 Mbit/s. Mit einer höherstufigen

256-QAM hingegen ließe sich im 8-MHz-Kanal eine Nutzdatenrate von ca. 50,8 Mbit/s erzielen.
Der Übergang zur digitalen Übertragungstechnik ermöglicht eine wesentlich effizientere Nutzung des Frequenzspektrums sowie mehr Flexibilität bei der Aufteilung der Übertragungskapazität. Für den Rundfunkteilnehmer bedeutet dies eine Ausweitung des Programmangebotes, für den Programmanbieter eine Senkung der Übertragungskosten.
Die digitalen Programme werden je nach Bitrate in Qualitätsstufen unterteilt: 1,5 Mbit/s entspricht LDTV (Low Definition TeleVision), 4-6 Mbit/s entspricht SDTV (Standard Definition TeleVision), 8 Mbit/s entspricht EDTV (Enhanced Definition TeleVision)und 24-30 Mbit/s entspricht HDTV (High Definition TeleVision). Daneben lassen sich auch noch digitale Hörfunkkanäle übertragen, obwohl es dafür ein eigenes System (DAB, Kapitel 3.322) gibt.
Die Audio- und Videocodierung für digitales Fernsehen basiert allgemein auf dem MPEG-2-Standard. Allerdings gibt es verschiedene Wege, wie das codierte Signal zum Teilnehmer gelangt. Abhängig von der Übertragungsweise - per Kabel, Satellit oder auf terrestrischem Wege - unterscheiden sich auch die Empfänger.
Das übertragungstechnische Konzept der Ausstrahlung von Fernsehsignalen über Satellit (Satellitenübertragung nach DVB-S) nach dem DVB-Standard ist durch folgende Verfahren gekennzeichnet:

- QPSK-Modulation (Quadrature Phase Shift Keying)
- MPEG-2-Transport-Stream (TS).

Der DVB-Standard für die Übertragung digitaler Fernsehsignale - Kabelübertragung nach DVB-C mit Quadratur-Amplituden-Modulation - in Kabelnetzen ist charakterisiert durch:

- 16-QAM- bis 256-QAM-Verfahren
- MPEG-2-Transport-Stream.

Während der Arbeiten im Rahmen des DVB-Projekts wurde für jeden der drei spezifizierten Übertragungskanäle (Satellit, Kabel und terrestrisch) das geeignete Übertragungsverfahren gewählt. Für die terrestrische DVB-T-Übertragung wird z.B. das OFDM-Verfahren (Orthogonal Frequency Division Multiplex) verwendet. Es ist ein Mehrträgerverfahren und unterscheidet sich signifikant von den für die Kabel- und Satellitenübertragung verwendeten Einträgerverfahren. Im Prinzip erfordert das OFDM-Verfahren eine große Zahl von parallelen Modulatoren im Sender und Demodulatoren im Empfänger. Man kann allerdings zeigen, daß die erforderlichen Signalverarbeitungsschritte einer IFFT (im Sender) bzw. FFT (im Empfänger) entsprechen. Damit stehen kostengünstige und leistungsfähige Verfahren für diese Schritte zur Verfügung.
DVB wurde in Deutschland als erstes durch die D-Boxen und PayTV bekannt. Damit bekam DVB natürlich sofort ein negatives Erscheinungsbild, PayTV ist in Deutschland offenbar unbeliebt. Dazu beigetragen hat die Tatsache, daß auch alle freien digitalen Programme (die analog natürlich meist auch noch zu empfangen sind) nur mit einer D-Box empfangen werden können: Digitale Empfänger ohne PayTV-Funktion sind auf dem Markt immer noch kaum verfügbar. Offenbar besteht beim Endkunden auch kein direktes Interesse an digitalem Fernsehen. Dennoch gibt es Bestrebungen in einigen Jahren auch den ganzen analogen terrestrischen Rundfunk durch das DVB-Verfahren zu ersetzen. In den USA ist der Umstieg für das Jahr 2002 geplant, Europa wird sich wahrscheinlich etwas mehr Zeit lassen, in 5 Jahren kann aber mit einer Umstellung des Übertragungsverfahrens gerechnet werden. Dafür sind Modelle vorgeschlagen, die eine zeitweise Aussendung in beiden Verfahren vorschlagen oder die digital-analog Umsetzer subventionieren.
Im Kabelnetz der Osnabrücker Kabelcom werden augenblicklich 3 digitale Programmpakete mit je ca. 8 Programmen eingespeist. Wie schnell eine Ausweitung des digitalen Angebotes erfolgt, wird hauptsächlich davon abhängen, wie viele digitale Empfänger bzw. digital-analog Umsetzer in den nächsten Jahren verkauft werden. Über Satellit (Astra) werden bereits eine Fülle von digitalen Programmpaketen gesendet, die Tendenz ist stark steigend.

3.322 DAB

Digital Audio Broadcast (DAB) ist ein digitales Verfahren für den Hörfunk. Es arbeitet mit einer Datenreduktion nach MPEG Layer 2 (MUSICAM) und einer Abtastfrequenz von 48 kHz. Damit ergibt sich ein zu übertragene Datenrate von 128 bis 384 kbit/s pro Kanal und eine CD-ähnliche Qualität. Die verwendete COFDM-Modulation (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex, Standard ETS 300401) gewährleistet eine gewisse Immunität der Übertragung gegen Signaleinbrüche, äußere Störungen und Mehrwegeempfang (Flackerfading). Die terrestrische Verbreitung erfolgt in einem Gleichwellennetz, d.h. alle Sender arbeiten auf der gleichen Frequenz ohne sich störend zu beeinflussen. Eine enorme Einsparung der bisher benötigten Alternativfrequenzen wird dadurch erreicht. In einem Paket (1,536 MHz Bandbreite) können je nach gewählter Klangqualität 4 bis 8 Radioprogramme übertragen werden. Desweiteren sind einige programmbegleitende Zusatzinformationen (vergleichbar mit RDS Radio-Data-System), z.B. schriftliche Verkehrsinformationen, geplant. Als terrestrische Sendefrequenzen sind 174 ... 240 MHz und 1452 ... 1492 MHz vorgesehen. In Radio- und Fernsehverteilanlagen sind diese Frequenzen jedoch schon durch den Fernsehempfang belegt oder gar nicht übertragbar (oberer Frequenzbereich), was zu Problemen führt. Offensichtlich ist dann ein Fernsehkanal zu opfern oder umzulegen, um darin die Übertragung von 24 bis 30 DAB Radioprogrammen zu ermöglichen. Die Übertragung erfolgt mit einem um 20 dB reduzierten Pegel, der ausreicht um vollständigen Empfang zu garantieren.
Alles dieses ist im Augenblick noch Zukunftsmusik und sollte lediglich bei der Planung einer ganz neuen Programmbelegung für ein großes Radio- und Fernsehverteilsystem berücksichtigt werden. Bis zur flächendeckenden Einführung von DAB vergehen noch einige Jahre, der flächendeckende Verkauf der Empfänger hat noch gar nicht richtig begonnen. Im Vergleich zum digitalen Fernsehen (DVB) gibt es beim digitalen Radio jedoch einen gewissen Bedarf. Seitdem sich die CD als Standardmedium der Musikindustrie durchgesetzt hat, kann der normale FM-Stereo Rundfunk nur noch mit einer vergleichsweise geringen Qualität aufwarten, Handlungsbedarf besteht also.

3.33 Satellitenfernsehen kontra Kabelfernsehen

Etwa im Jahr 1985 hat die damalige Deutsche Bundespost den Ausbau des Breitbandkabelnetzes in den ländlichen Gebieten gestoppt. Die Folge daraus war die Suche nach Alternativlösungen, daraus hat sich der Satelliten-Direktempfang entwickelt. Insbesondere das Astra-Satellitensystem ermöglicht den Empfang fast aller wünschenswerten Programme mit einer relativ kleinen, und durch Massenproduktion preisgünstigen, Kombination aus Satellitenantenne und Programmumsetzer (Receiver / Sat-Empfänger). Im Vergleich zum Kabelfernsehen ist es mit der Lösung möglich mit einem einmaligen Kaufpreis in den Genuß fast aller Programme zu kommen, wozu sonst eine meist relativ hohe monatliche Kabelfernsehgebühr bezahlt werden muß. Die Qualität den empfangenen Bildes ist gleichwertig oder eher höher als beim Kabelfernsehen. Leider ist diese Technologie in manche Gegenden ausgeufert. Teils sind an Mehrfamilienhäusern 10 oder mehr Satellitenantennen montiert. Systeme, um allen Hausbewohnern den Sat-Empfang mit einer Antenne zu ermöglichen, wurden erst zu spät marktüblich, sind offenbar zu teuer oder zu kompliziert einzubauen. Diese Systeme arbeiten mit einem Switching-Verfahren, daß die erforderliche Polarisationsebene und das erforderliche Empfangsband jeweils an den Sat-Empfänger durchschaltet. Nach wie vor ist es damit jedoch erforderlich an jedem Fernseher einen Sat-Empfänger zu betreiben.
Dazu gibt es eine Alternative: Beim Kabelfernsehen wird das Signal üblicherweise einmal in jeder Stadt in einer Kopfstelle (Kabelfernseh-Kopfstation) erzeugt und dann verteilt. Bei dieser Erzeugung handelt es sich um eine Umsetzung, bei der terrestrisch oder über Satellit empfangene Fernseh- und Radioprogramme aufbereitet und in den passenden Kanal im Kabelfernsehen eingespeist werden. Diese Umsetzung kann man jedoch auch exklusiv nur für ein Wohnhaus durchführen. Die Bewohner können, je nach Qualität der Umsetzung, nicht feststellen,

ob sie Kabelfernsehen (hier von der Osnabrücker Kabelcom) oder das hauseigene Kabelfernsehen angeliefert bekommen. Eine hauseigene Umsetzeranlage hat folgende Vorteile:

- Kabelfernsehgebühren fallen nicht mehr an, der einmalige Kaufpreis rechnet sich nach einigen Jahren und spart danach (abhängig von der Anzahl der Anschlüsse im Verteilnetz, siehe Kapitel 8.1).
- Die Programmbelegung kann nach den Wünschen der Mieter optimiert werden (z.B. können spezielle ausländische Sender oder weitere Radioprogramme eingespeist werden).
- Hausinterne Informationen können z.B. als Standbild auf einem freien Kanal bekannt gemacht werden.
- Die Umstellung auf DVB oder DAB kann zeitlich vorgezogen oder auch hinausgeschoben werden.
- Benachbarte Häuser können sich der Lösung einfach anschließen und das Verteilsystem erweitern.

Dem stehen einige Nachteile gegenüber: Die Kopfstation erfodert eine gewisse Wartung, die sich hautsächlich auf das Programmieren der jeweils aktuellen Quellfrequenzen beschränkt. Diese sollte jedoch von qualifizierter Hand durchgeführt werden, die notfalls auch die passenden Meßgeräte besitzt. Auch müssen natürlich Kosten für Ersatzteile und Erweiterungen der Kopfstelle mit einkalkuliert werden.

3.331 Anforderungen an Kopfstationen

Eine Kopfstation für eine Kabelfernsehanlage besteht im wesentlichen aus einem Schrank, in dem sich alle Umsetzer, Verteiler und Sammelfelder befinden und der zugehörigen Außeneinheit (Antennen). Die Antennen werden mit der Inneneinheit über Koaxialkabel verbunden, das fertige Ausgangssignal verläßt die Kopfstelle auch über ein solches: ein Pegel von 100 dBµV für normale analoge Fernsehprogramme hat sich dabei als Übergabespannung durchgesetzt, um sich einen zusätzlichen Verstärker direkt am Übergabepunkt zu sparen.
Es hat sich als positiv erwiesen auch alle terrestrisch empfangbaren Fernsehprogramme über Satellit zu empfangen. Die Qualität ist gleichwertig oder besser und es werden zusätzliche Antennen eingespart. Um eine große Programmvielfalt zu garantieren, ist es meist notwendig die Satelliten Eutelsat-Hotbird und Astra zu empfangen. Satellitenantennen von 1,20 m bündeln den Empfang stark genug, um einen ausreichenden Empfangspegel zur Speisung der Verteiler bereitzustellen und gleichzeitig ein gutes Signal-Rauschverhältnis zu erreichen. Der Empfang beider Satelliten über 2 "schielende" LNCs (Low Noise Converter) stellte sich bei dem Pilotprojekt im Studentenwohnheim Sedanstraße als schwierig heraus. Die Justage wird deutlich empfindlicher und aufwendiger. Der geringe Preisunterschied für eine zweite Antenne sollte in Kauf genommen werden, um nachträglichen Ärger zu vermeiden. Für den UKW Rundfunkbereich werden meist 1 oder 2 Antennen mit geringer Richtwirkung (3 Element Yagi) bevorzugt, die horizontal montiert werden müssen.
Um ein ähnliches Fernsehprogrammangebot wie die Osnabrücker Kabelcom bereitzustellen, müssen über 30 Fernsehprogramme von Satellit umgesetzt werden. Weil nicht alle Verteilanlagen Frequenzen oberhalb von 450 MHz unterstützen, werden die Programme normalerweise unterhalb von 450 MHz angesiedelt. Die maximal 36 Programme werden dann nach dem BK-Raster (FTZ 156 TR 4) auf die verfügbaren Frequenzen verteilt. Dabei werden fast alle verfügbaren Kanäle benutzt. Eventuell können auch noch 11 reservierte Kanäle zusätzlich belegt werden. Die Umsetzer in der Kopfstation müssen dazu die Eigenschaft "nachbarkanaltauglich" besitzen. Dies richtet sich nach der Steilflankigkeit der Ausgangsfilter. Wenn alle angeschlossenen Verteilnetze bis 860 MHz tauglich sind (ausgiebige Prüfung notwendig), kann auch eine Belegung nach der CENELEC (Europäisches Komitee für Normung) Vollkanalbelegungsliste (DIN EN 50083-3) erfolgen. Damit ist ein Betrieb von bis 95 Fernsehprogrammen möglich. Unbedingt müssen dafür aber alle Verstärker auf den maximalen

Betriebspegel mit 95 Programmen kontrolliert werden.

Bereich	Kanal	Frequenz	Bemerkung				
					ch21	471,25 Mhz	analog-PAL
Rückweg		5-30 Mhz			ch22	479,25 Mhz	analog-PAL
Band I	ch2	48,25 Mhz	analog-PAL		ch23	487,25 Mhz	analog-PAL
	ch3	55,25 Mhz	analog-PAL		ch24	495,25 Mhz	analog-PAL
	ch4	62,25 Mhz	analog-PAL		ch25	503,25 Mhz	analog-PAL
unterer Pilot		80,15 Mhz	-4dB		ch26	511,25 Mhz	analog-PAL
UKW		87,5-108 Mhz	4 dB abgesenkt		ch27	519,25 Mhz	analog-PAL
	S4	126,25 Mhz	analog-PAL		ch28	527,25 Mhz	analog-PAL
	S5	133,25 Mhz	analog-PAL	Band IV (17 Kanäle)	ch29	535,25 Mhz	analog-PAL
	S6	140,25 Mhz	analog-PAL		ch30	543,25 Mhz	analog-PAL
USB (7 Kanäle)	S7	147,25 Mhz	analog-PAL		ch31	551,25 Mhz	analog-PAL
	S8	154,25 Mhz	analog-PAL		ch32	559,25 Mhz	analog-PAL
	S9	161,25 Mhz	analog-PAL		ch33	567,25 Mhz	analog-PAL
	S10	168,25 Mhz	analog-PAL		ch34	575,25 Mhz	analog-PAL
	ch5	175,25 Mhz	analog-PAL		ch35	583,25 Mhz	analog-PAL
	ch6	182,25 Mhz	analog-PAL		ch36	591,25 Mhz	frei (Videorekorder)
	ch7	189,25 Mhz	analog-PAL		ch37	599,25 Mhz	analog-PAL
Band III (8 Kanäle)	ch8	196,25 Mhz	analog-PAL		ch38	607,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	ch9	203,25 Mhz	analog-PAL		ch39	615,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	ch10	210,25 Mhz	analog-PAL		ch40	623,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	ch11	217,25 Mhz	analog-PAL		ch41	631,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	ch12	224,25 Mhz	analog-PAL		ch42	639,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S11	231,25 Mhz	analog-PAL		ch43	647,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S12	238,25 Mhz	analog-PAL		ch44	655,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S13	245,25 Mhz	analog-PAL		ch45	663,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S14	252,25 Mhz	analog-PAL		ch46	671,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S15	259,25 Mhz	analog-PAL		ch47	679,25 Mhz	digital-TV (-10db)
OSB (10 Kanäle)	S16	266,25 Mhz	analog-PAL		ch48	687,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S17	273,25 Mhz	analog-PAL		ch49	695,25, Mhz	digital-TV (-10db)
	S18	280,25 Mhz	analog-PAL		ch50	703,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S19	287,25 Mhz	analog-PAL		ch51	711,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S20	294,25 Mhz	analog-PAL		ch52	719,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S21	303,25 Mhz	analog-PAL		ch53	727,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S22	311,25 Mhz	analog-PAL	Band V (32 Kanäle)	ch54	735,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S23	319,25 Mhz	analog-PAL		ch55	743,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S24	327,25 Mhz	digital-TV (-10 dB)		ch56	751,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S25	335,25 Mhz	digital-TV (-10 dB)		ch57	759,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S26	343,25 Mhz	digital-TV (-10 dB)		ch58	767,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S27	351,25 Mhz	digital-TV (-10 dB)		ch59	775,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S28	359,25 Mhz	digital-TV (-10 dB)		ch60	783,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S29	367,25 Mhz	digital-TV (-10 dB)		ch61	791,25 Mhz	digital-TV (-10db)
ESB Hyperband (18 Kanäle)	S30	375,25 Mhz	digital-TV (-10 dB)		ch62	799,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S31	383,25 Mhz	digital-TV (-10 dB)		ch63	807,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S32	391,25 Mhz	digital-TV (-10 dB)		ch64	815,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S33	399,25 Mhz	digital-TV (-10 dB)		ch65	823,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S34	407,25 Mhz	digital-TV (-10 dB)		ch66	831,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S35	415,25 Mhz	digital-TV (-10 dB)		ch67	839,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S36	423,25 Mhz	digital-TV (-10 dB)		ch68	847,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S37	431,25 Mhz	digital-TV (-10 dB)		ch69	855,25 Mhz	digital-TV (-10db)
	S38	439,25 Mhz	digital-TV (-10 dB)				

Abb. 23: Vorschlag für eine Programmbelegung mit 95 Kanälen nach CENELEC

Im Kapitel 3.312 wurde schon angedeutet, daß Steckverbinder in der Hochfrequenzverteilung eine große Rolle spielen. Die meisten Hersteller verwenden innerhalb der Kopfstation auch F-Stecker, was eine vernünftige Lösung darstellt. Kopfstationen, die immer noch IEC-Stecker

verwenden, sollten vermieden werden. Einige Programme, so auch ARD und ZDF, senden sowohl Sendungen mit Stereo-Ton als auch welche mit Mono-Ton. Bei der Umsetzung von Satellit muß die Sendeart berücksichtigt werden, damit es nicht zu Einbußen in der Tonqualität kommt. Gute Kopfstationen werten dazu das Videotextsignal aus, in dem Informationen über das aktuelle Tonverfahren übertragen werden. Kopfstationen ohne diese Funktion, die nur über eine manuelle Umschaltung für Stereo bzw. Mono verfügen, sollten nicht verwendet werden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit und der Stabilität des Ausgangspegels sollte eine Kopfstation diskret aufgebaut werden. Eine Kaskadierung von mehreren kleinen Kopfstationen ist zwar denkbar, führt jedoch meist zu einer unübersichtlichen Verkabelung außerhalb der Schränke. Auch ist oft eine mangelhafte Entkopplung der Anlagen untereinander die Folge, was eine Beeinflussung der Ausgangspegel aller Programme zur Folge hat. Dies erschwert eine Justage der ganzen Anlage erheblich. Eine Fehlersuche dauert wesentlich länger. Für die Umsetzeranlage sollten diverse Module verfügbar sein, so daß auch in Zukunft einer Erweiterung der Anlage (DVB, DAB) nichts im Wege steht. Üblicherweise gibt es z.Zt. Module für Satelliten-Umsetzung, Terrestrische Umsetzung, QPSK/QAM Umsetzung (DVB), UKW-Vollbereichsverstärker, UKW-Kanalumsetzer, Sat-Tonunterträgerumsetzer und Generatoren für Standbilder, um z.B. Informationen einzuspeisen. Die Anlage sollte mit vertretbarem Aufwand ein Signal erzeugen können, was mindestens 42 Fernsehprogramme und 30 Radioprogramme enthält. Bei einer Erweiterung sollte es keine generelle Schranke geben.
Eine wichtige Überlegung bringt die Übertragung der Radioprogramme mit sich. Bei kleineren Anlagen ist es üblich alle Programme transparent, also ohne eine Frequenzumsetzung, von ein oder zwei Antennen einzuspeisen. Meist sind mit dieser Lösung nicht alle Radioprogramme einwandfrei empfangbar. Sender, die außerhalb der Richtwirkung der Antennen stehen liefern dann einen ungenügenden Spannungspegel und können nur mit Rauschen oder gar nicht empfangen werden. Auch sind die Pegel aller Radioprogramme oft sehr unterschiedlich, was eine Verteilung erschwert. Zusätzliche Programme aus Satellitenunterträgern oder hauseigene Radioprogramme können nicht zusätzlich eingespeist werden, weil schwache Sender auf der gleichen Frequenz von den Antennen eine Signalüberlagerung verursachen würden. Diese Nachteile werden bei Anlagen bis zu 200 Teilnehmern jedoch üblicherweise in Kauf genommen, es wird dann davon ausgegangen, daß nur übliche Radiosender empfangen werden müssen. Eine bessere Lösung, die jedoch weit aufwendiger ist, bietet die Umsetzung aller Radioprogramme, genauso wie es bei allen Fernsehprogrammen auch praktiziert wird. Dabei werden die terrestrisch empfangenen Radioprogramme auf die Umsetzer geschaltet. Meist werden dazu mehrere Antennen verwendet, was eine Auswahl anbietet, an welcher Antenne das jeweilige Programm das stärkere Signal liefert. Die Ausgänge werden über Sammelfelder oder Richtkoppler zusammengeführt und das fertige UKW-Signal in das Signal der Fernsehprogramme mit eingespeist. Diese Lösung bietet vielfältige Möglichkeiten um weitere Radiogramme, z.B. von Satellit, zu integrieren. Das Verfahren verteuert die Kopfstelle jedoch um ca. 25 %.

3.332 Projektierung einer Musterkopfstelle

Für eine Musterprojektierung einer Kabelfernseh-Kopfstation (Satelliten-Umsetzeranlage) wurden sowohl semi-professionelle als auch professionelle Systeme der Firmen Kathrein, Hirschmann, Blankom, Astro und Fuba verglichen. Die Firma Blankom bietet mit ihrem modularen Profi800 System die einzige Anlage an, die alle Kriterien aus Kapitel 3.331 erfüllt und dazu sich in einer erschwinglichen Preislage bewegt. Aus diesem Grund wird die Musterprojektierung anhand der Produkte der Firma Blankom durchgeführt:
Vorausgesetzt wird eine gewünschte Programmversorgung von 36 analogen Fernsehprogrammen und 30 Radioprogrammen. Damit werden 3 analoge Fernsehprogramme mehr übertragen als von der Osnabrücker Kabelcom, an die die Kanalbelegung stark angelehnt wird. Auf eine Umsetzung von digitalen Programmpaketen wird vorerst verzichtet, weil Studierende üblicherweise nicht über finanzielle Mittel verfügen, um PayTV zu abonieren. Digitale Empfänger für die freien Digitalprogramme bewegen sich auch noch im oberen Preisbereich, wenn sie überhaupt erhältlich sind. Für den Hörfunkbereich wird die kostenintensive Lösung (Kapitel 3.331) gewählt, bei der

alle Programme einzeln in der Frequenzlage umgesetzt werden. 18 Radioprogramme werden dabei terrestrisch empfangen und 12 weitere über Satellit hinzugespeist.
Benötigt werden folgende Komponeten:

- 2 Stück Satellitenantennen, Aluminium, 125cm Durchmesser
- 2 Stück Antennenmasten incl. Montage- und Erdungsmaterial
- 1 Stück LNC Quadro, um später auch DVB-Programme von Astra einspeisen zu können
- 1 Stück LNC Dual für Eutelsat Hotbird
- 2 Stück UKW-Antennen 3-Element Yagi
- 7 Stück passive Satellitensignalverteiler
- 2 Stück aktive Satellitensignalverteiler (incl. Signalverstärker zwecks Kaskadierung und LNC Speisespannung)
- 1 Stück passiver Satellitensignalverteiler mit LNC Speisespannung
- 3 Stück Sat-Fernsehumsetzer 45...75 MHz
- 7 Stück Sat-Fernsehumsetzer 110...174 MHz
- 8 Stück Sat-Fernsehumsetzer 174...230 MHz
- 10 Stück Sat-Fernsehumsetzer 230...300 MHz
- 8 Stück Sat-Fernsehumsetzer 300...470 MHz
- 2 Stück aktives Sammelfeld (incl. Signalverstärker zwecks Kaskadierung)
- 5 Stück passives Sammelfeld
- Potentialausgleichsmaterial, Erdungsblöcke, 4mm² Kabel
- 5 Stück Netzteil zur Speisung von je 8 Sat-Fernsehumsetzern
- 2 Stück Stromversorgung und Steuerrechner für 10 Module Rundfunkkanalumsetzer
- 1 Stück Bereichsverstärker für 2 UKW-Antennen zur Versorgung der UKW-Aufbereitung
- 9 Stück Rundfunkkanalumsetzer für je 2 UKW-Rundfunkprogramme
- 12 Stück Sat-Tonträgerumsetzer zur Modulation eines UKW-Rundfunkprogrammes
- 3 Stück Wandmontageplatte für je 36 Kassetten
- diverse Verbindungskabel mit F-Steckern

Insgesamt besteht die modulare Kopfstelle in dieser Zusammenstellung aus 82 Kassetten. Bei dieser Musterprojektierung handelt es sich um eine Lösung, wie sie auch von den Kabelfernsehfirmen verwendet wird. An Zuverlässigkeit und Servicefreundlichkeit ist die Anlage durch die Kassettentechnik (modularer Aufbau) kaum zu überbieten. Eine Hardwaregrenze besteht erst bei einer Einspeisung von 126 Fernsehprogrammen, was jedoch sowieso mit keinem Verteilnetz möglich wäre. Aufgrund des komplexen Aufbaus erfolgt die Montage der Anlage nicht in einem Schaltschrank sondern an einer freien Wand. Ein kleiner abgeschlossener Kellerraum (z.B. Lagerraum für Reinigungsmaterial) wäre am besten zur Montage geeignet. Dort ist es ausreichend kühl, ein Schutz vor Fremdeingriffen durch ein sicheres Schloß besteht auch. Weil der Preis der Anlage sich in der Klasse oberhalb von 50.000 DM bewegt, sollten mit dieser Lösung nur sehr große Verteilnetze (z.B. alle Osnabrücker Studentenwohnheime) versorgt werden. Für kleine Netze (z.B. ein Wohnheim mit 200 Plätzen) kann an verschiedenen Stellen gespart werden. Dazu bietet sich in erster Linie die Anzahl der eingespeisten Programme an, bei 31 analogen Fernsehprogrammen verringern sich die Kosten erheblich. Auch sind normalerweise 18 Radioprogramme vollständig ausreichend, meist reicht sogar die transparente Einspeisung des terrestrischen Radiobandes aus. In Kapitel 8.1 werden beide Versionen, die Ideallösung und die Lösung mit allen Einsparungen, wirtschaftlich betrachtet. Auch sollte bedacht werden, daß vermutlich in wenigen Jahren (3 bis 5) eine starke Erweiterung der Anlage für das digitale Fernsehen und Radio (DVB, DAB) erfolgen muß. Der Einbau von einer oder nur sehr wenig Kopfstellen für alle Studentenwohnheime verringert auch diese Kosten natürlich erheblich.

4. Anbindung von Wohnheimen an externe Netze

Bisher wurden ausschließlich Lösungen erarbeitet, die zur Verwendung innerhalb von

Wohnheimen geeignet sind. Alle 3 Anwendungsfälle (Rechnernetz, Fernsehverteilung, Telefon) erfordern, oder werden dadurch lukrativer, eine externe Anbindung des Wohnheimes an ein fremdes Netzwerk. Mit den verschiedenen Möglichkeiten zur Anbindung beschäftigt sich das gesamte folgende Kapitel 4.

4.1 Studentennetzschaltung

Zweck des Studentennetzes ist, daß die Kommunikation zwischen den Wohnheimen untereinander, zur Hochschule und zuletzt zum Internet sichergestellt ist. Das Kriterium der Geschwindigkeit wirkt sich dabei mit Sicherheit hauptsächlich auf die Kommunikation zur Hochschule und zwischen den Wohnheimen aus. Der Vision mancher Dozenten und Netzplaner in anderen Städten (z.B. Münster, dort laufen Pilotprojekte), jetzt oder in wenigen Jahren Vorlesungen und Videofilme über das Netz anzubieten, könnte mit einer weitreichenden Planung entgegengekommen werden. In Osnabrück ist das im Augenblick noch kein Thema, weil weder Dozenten bisher daran Interesse angemeldet haben, noch auf der Hochschulseite dafür technische Vorbereitungen getroffen wurden. In den bisher in Osnabrück angebundenen Wohnheimen hat sich herausgestellt, daß eine Geschwindigkeit von 8 Mbit/s (ADSL) bzw. 10Mbit/s (10BaseFL) zum jetzigen Zeitpunkt ausreichend ist. Dabei erfolgt zwischen den Wohnheimen bisher kaum eine Datenübertragung. Bei vielen angebundenen Wohnheimen ist jedoch mit einer wesentlichen Steigerung aufgrund von studentischer Zusammenarbeit zu rechnen.

4.11 WAN Anbindung

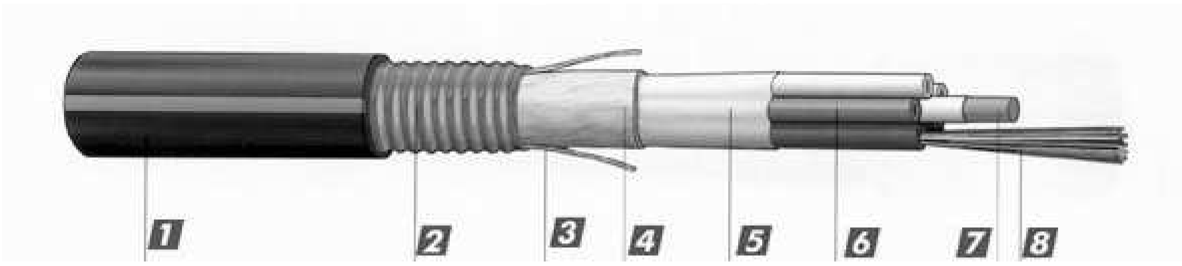
Eine Datenverbindung über große Entfernung (weiter als die Reichweite eines LAN) bezeichnet man als WAN-Verbindung (WoldWide Area Network). Diese Verbindungen sind üblicherweise langsamer als LAN Verbindungen, weil die Übertragungsverfahren aufwendiger sind, die Leitungen nicht den Qualitätsstandard erfüllen oder bei LWL-Verbindungen das Produkt aus Leitungslänge und Übertragungsgeschwindigkeit leider immer konstant ist. Im Anschluß werden alle möglichen Verfahren kurz vorgestellt und bewertet. Meist sind die Verfahren ähnlich wie im LAN Bereich und wurden dort schon ausführlich beschrieben. Die einmaligen Installationskosten bei den WAN-Strecken sind verschwindend gering (wenn man von einer Neuverlegung einer Erdleitung absieht), weil sie sich unter allen angeschlossenen Zimmern aufteilen. Interessant sind jedoch monatlich anfallende Kosten, die für Mietleitungen oder ähnliches anfallen.

4.111 LWL

Im Weitverkehrsbereich spielt die Lichtwellenleiter-Faser eine immer größere Rolle. Verwendet werden dort fast ausschließlich Mono Mode-Fasern des Typs 9/125 µm. Die Deutsche Telekom AG, damals Bundespost, war die erste Gesellschaft, die ein flächendeckendes Netz aus Glasfasern in ganz Deutschland erstellte. Dieses wird z.Zt. von den unterschiedlichsten Diensten genutzt.
Wenn über das LWL-Kabel nach dem Ethernet-Standard übertragen wird, gelten die gleichen Regeln wie im LAN Bereich. Die Abbildung in Kapitel 3.123 zeigt dazu alle kritischen Kabellängen. Angewendet wird im WAN Bereich nahezu ausschließlich der FullDuplex -Modus, weil dabei die Längenbeschränkung aufgrund der Kollisionen entfällt.
Aber auch andere Übertragungsverfahren lassen sich auf Lichtwellenleitern realisieren. Dazu zählt insbesondere ATM, was in Kapitel 3.23 schon etwas beschrieben wurde. Es wird augenblicklich größtenteils zur Datenübertragung zwischen Städten verwendet. Die Meinungen über die Zukunftschancen gehen auseinander, das sollte an dieser Stelle jedoch nicht Thema sein.
Kritsch ist bei den Single-Mode Übertragungen der verwendete Anschlußstecker. Die Verbindung muß, um sicher zu funktionieren, absolut sicher und präzise erfolgen. Das Rechenzentrum der

Universität Osnabrück setzt nach vielen schlechten Erfahrungen mit ST und SC Steckern jetzt DIN-Stecker ein. Aufgrund der drehmomentpräzisen Schraubverbindung aus Metall bieten diese Stecker einen sehr guten optischen Kontakt. Weil auch die Telekom diesen Stecker seit vielen Jahren ausschließlich verwendet, sollte man sich diesem Quasistandard anpassen. Unter Umständen kann man sich durch diese - wirklich nicht billigen - DIN-Stecker sehr viel zeit- und kostenintensive Wartungs- und Reparaturarbeiten ersparen.
Im Erdreich werden üblicherweise Bündelader-Kabel mit schwarzer Ummantelung aus dem Kunststoff PE verwendet. Der Durchmesser des Kabels beträgt dabei ungefähr 10mm. Das Bündel enthält meist 2, 4, 8, 12, 24 oder mehr Fasern. Bei dickeren Leitungen werden auch mehrere getrennte Bündel in ein Kabel eingearbeitet. Der PE-Mantel wird üblicherweise von einem nichtmetallischen Nagetierschutz umgeben, um Mader, Mäuse und Ratten fernzuhalten. Eingearbeitetes Glasgarn nimmt Zugkräfte am Kabel bis zu einem bestimmten Maß auf und schützt dabei die innenliegenden Fasern.

Abb. 24: verschiedene LWL-Bündeladerkabel



1: PE-Mantel
2: Stahlwellmantel
3: Aufreißzwirne
4: Zugentlastung aus Aramidgarn
5: Quellband
6: Bündelader mit Füllmasse
7: Stützelement (GFK)
8: 2-12 Glasfasern pro Bündelader mit Primärbeschicht.

Abb. 25: Aufbau eines Kabels mit mehreren Bündeln

Die Hausübergabe an ein Innenkabel erfolgt am Mauerdurchbruch durch Spleißung oder es wird generell ein LWL Innen- und Außenkabel verwendet. Dann erfolgt die Spleißung auf Pigtails unmittelbar am Anschlußpunkt der aktiven Übertragungskomponenten.
LWL-Leitungen werden an den Endpunkten entweder mit speziellen Modulen an den aktiven Komponenten (meist Switch) angeschlossen oder über Medienkonverter kontaktiert. Diese wandeln die optischen Signale auf eine elektrische Schnittstelle, die am Switch zur Verfügung steht.

Während man bei einer Eigenverlegung problemlos auf LWL zurückgreifen kann, lassen sich LWL-Standleitungen kaum mieten. Die großen Netzbetreiber (Telekom AG, Arcor) schließen die Vermietung von LWL-Standleitungen (dark fiber) nahezu generell aus. Sie vermieten ausschließlich nach der Standleitungspreisliste, die nur bandbreitenbeschränkte Leitungen (meist mit ATM Schnittstelle) vorsieht.

Kurzbewertung zu LWL als WAN-Lösung:

- Arbeitsaufwand: Neuverlegung oder Miete
- Zukunftstauglichkeit: > 20 Jahre (bei späterem Austausch von aktiven Komponenten)
- maximale Geschwindigkeit: z.Zt. 1000 Mbit/s bei 2km Länge, weitere Entwicklungen folgen
- Zuverlässigkeit: hoch
- EMV: prinzipiell keine Probleme, weil optische Übertragung
- monatliche Kosten: bei LWL Mietleitung hoch
- einmalige Kosten: bei Neuverlegung enorm hoch, sonst ca. DM 2000,-
- Gesamturteil: zu empfehlen, wenn Geschwindigkeit benötigt wird oder auch Rundfunk und Telefon übertragen werden sollen

4.112 ISDN

Hierbei handelt es sich um Standard-Festverbindungen, die meist von der Deutschen Telekom AG unter der Bezeichnung "digitale Standleitungen" vermietet werden. Typen wie 64S, 64S2, 64U, S01, S02, TS01, TS02 und T2MS sind dabei möglich. Als Übertragungsprinzip wird dabei das ISDN-Verfahren verwendet. D.h., daß es sich um eine synchrone Übertragung handelt, die über die Vermittlungsstelle geschaltet wird. Zumindest für die Generation des Synchrontaktes ist dies auch zwingend erforderlich. An den beiden Enden kann dann über einen NTBA, der die ISDN Signale von U0 auf S0 wandelt, je ein einfaches ISDN Endgerät betrieben werden (z.B. ISDN Router). Die Kosten für diese Leitungen werden nach feststehenden Preislisten abgerechnet und richten sich nach der Entfernung und den Bezirken der Vermittlungsstellen. Geschwindigkeiten von 64kbit/s bis ca. 2Mbit/s sind mit diesen Verbindungen möglich. Der Vorteil liegt in der maximalen überbrückbaren Entfernung: Diese ist nämlich nicht beschränkt, sondern lediglich vom Preis abhängig. Leider ist dieses Kriterium für eine Übertragung innerhalb von Osnabrück nicht entscheidend, weil die Entfernungen alle sehr gering sind.
Im Studentenwohnheim Hermann-Ehlers-Haus wurde anfangs eine 64S Verbindung zur Übertragung eingesetzt. Diese wurde zwar fast 2 Jahre betrieben, jedoch stellte sich die verfügbare Geschwindigkeit als deutlich zu gering heraus. Es wurde auf eine ADSL-Verbindung mit 8 Mbit/s umgestellt.

Kurzbewertung zu ISDN als WAN-Lösung:

- Arbeitsaufwand: gering, weil Leitung einfach gemietet wird
- Zukunftstauglichkeit: 2 bis 3 Jahre
- maximale Geschwindigkeit: 2Mbit/s
- Zuverlässigkeit: vom Netzbetreiber abhängig, mäßig hoch
- EMV: keine Bedenken, weil übliche Telefontechnik
- monatliche Kosten: 2Mbit/s -> ca. 1000DM/Monat, 64kbit/s -> ca. 300DM/Monat
- einmalige Kosten: ca. DM 3000,-
- Gesamturteil: nicht zu empfehlen, weil die Geschwindigkeit nicht mehr zeitgemäß ist und die Kosten zu hoch sind

4.113 xDSL

Die xDSL-Verfahren, speziell ADSL, wurden in Kapitel 3.112 sehr ausführlich beschrieben. Alle

Fakten können für ADSL als WAN-Lösung im Prinzip so übernommen werden. Hier kommt jedoch die maximale Leitungslänge hinzu: Abhängig von der Länge des Leitungspaares (2,7 bis 5,5 km) lassen sich nur gewisse Geschwindigkeiten erreichen. Genauso wirken Klemmleisten, wie sie in Verteilerkästen üblich sind, als Tiefpaßfilter und damit ebenfalls geschwindigkeitsmindernd, insgesamt sind das folgende Faktoren:

- Leitungslänge
- Leitungsquerschnitt
- Verjüngungen
- Übergänge von Leitungen (insbesondere von Leitungen unterschiedlichen Querschnittes)
- Patchstellen, Rangierverteiler
- Isolationsdefekte

An der Universität Göttingen wurde die Geschwindigkeit auf verschiedenen ADSL-Strecken verglichen und graphisch dargestellt. Dabei stellte sich heraus, daß eigentlich nur ein Einfluß vom Leitungsquerschnitt und von der Anzahl der Rangierverteiler festzustellen ist. Die Leitungslänge spielt eine untergeordnete Rolle, sie macht sich erst ab ca. 3km bemerkbar.

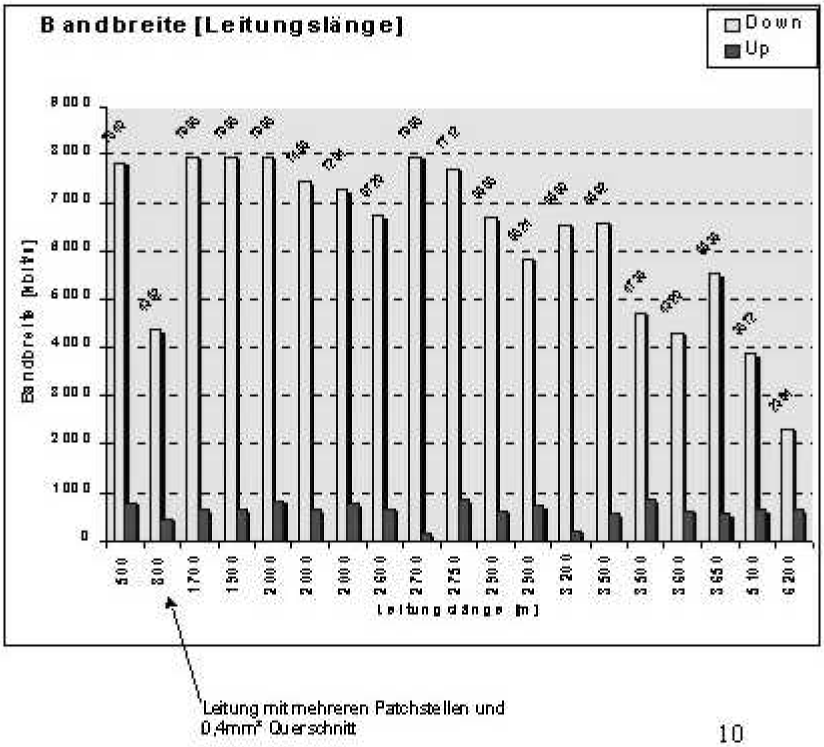


Abb. 26: Vergleich verschiedener ADSL-Strecken in Göttingen

Leider lassen sich bei der Deutschen Telekom AG keine transparenten Leitungspaare mieten, die man zur ADSL-Übertragung nutzen könnte. Dies hat mit den festgelegten Vermarktungsstrukturen dort zu tun. Dienstleitungen, die nicht in der Preisliste stehen, werden von der Deutschen Telekom AG prinzipiell nicht angeboten. Pilotprojekte wie in Münster scheinen wohl die große Ausnahme zu sein. Man ist deshalb auf Leitungen der Universität oder anderer Netzbetreiber (Kapitel 4.12) angewiesen. Bei transparenten Leitungen handelt es sich um Kabel, die direkt, ohne Vermittlungstelle oder andere aktive und passive Komponenten dazwischen, von einer Endstelle zur anderen Endstelle verlaufen. Sie sind erforderlich, weil jede Vermittlungskomponente dazwischen den verfügbaren und erforderlichen Frequenzbereich einschränken würde. Insgesamt bietet ADSL die brauchbarste WAN-Lösung über Kupferleitungen als Medium. Wenn keine LWL-Strecken zur Verfügung stehen und andere Anbindungsmöglichkeiten (Laser, Funk) ausscheiden, ermöglicht ADSL eine Übertragung mit ausreichender Geschwindigkeit bei meist geringem Installationsaufwand und niedrigen Kosten.

Erfahrungen können einfach beim Hermann-Ehlers-Haus abgefragt werden; dieses Wohnheim ist seit ca. 1 Jahr über eine ADSL-Strecke angeschlossen. Die Erfahrungen sind durchweg positiv, der monatliche Preis relativ gering. Negativ fiel bisher nur die relativ geringe Geschwindigkeit vom Wohnheim in das Hochschulnetz hinein auf. Auf den Betrieb eines großen WWW-Servers im Wohnheim sollte also bei einer ADSL-Strecke besser verzichtet werden. Ideen wie "Vorlesungen oder Viodeofilme über das Internet" können mit einer ADSL-Strecke zum Wohnheim sicher nicht verwirklicht werden, deshalb kann dieses System nur als Übergangslösung für einige Jahre betrachtet werden.
Die EMV Problematik ist bei ADSL als WAN-Lösung nicht so gravierend wie bei ADSL als Inhaus-System. Beim WAN-Betrieb verlaufen die Leitungen fast ausschließlich im Erdreich (wenn die aktiven Komponenten im Haus dicht am Hausanschluß montiert werden), welches relativ gut abschirmend wirkt. Manchmal sind die verwendeten Telefonkabel im Erdreich auch als geschirmte Variante ausgeführt, was dann absolut unkritisch ist, sofern Dienste, die auch über das Kabel übertragen werden, nicht gestört werden.

Kurzbewertung zu xDSL als WAN-Lösung:

- Arbeitsaufwand: mäßig gering, Mietleitung muß an das Haus angeschlossen werden, Telekom AG scheidet aber als Netzbetreiber aus
- Zukunftstauglichkeit: 3 bis 5 Jahre
- maximale Geschwindigkeit: 8 Mbit/s zum Wohnheim bzw. 768 kBit/s vom Wohnheim weg
- Zuverlässigkeit: hoch, weil transparente Standleitung
- EMV: Mittelwellen- und Langwellenrundfunk wird evtl. gestört, Erde schirmt aber ab
- monatliche Kosten: transparente Mietleitung: ca. DM 700,- pro Monat
- einmalige Kosten: ca. DM 5000,-
- Gesamturteil: als Übergangslösung zu empfehlen, wenn LWL nicht verfügbar ist

4.114 Powerline

Bei Powerline handelt es sich um eine Lösung für die "letzte Meile", ein Begriff für Verfahren, um private Häuser und Firmen mit einem Internet-Serviceprovider zu verbinden. Damit steht dieses Verfahren unmittelbar in Konkurrenz zu ADSL, nutzt jedoch ein ganz anderes Medium zur Nachrichtenübertragung: das Stromnetz (230V). Es sind auch Powerline Systeme für Mittelspannungsleitungen (10 oder 20 kV) in der Entwicklung, diese sollen hier jedoch nicht betrachtet werden, weil in Osnabrück dann besser die immer zu 10kV Leitungen parallel verlegten Telefonleitungen genutzt werden können. Im Falle der Osnabrücker Studentenwohnheime könnte man mit dem Powerline-Verfahren Wohnheime über das Stadtwerke Stromnetz sternförmig zusammenführen und dann zentral mit der Universität koppeln.

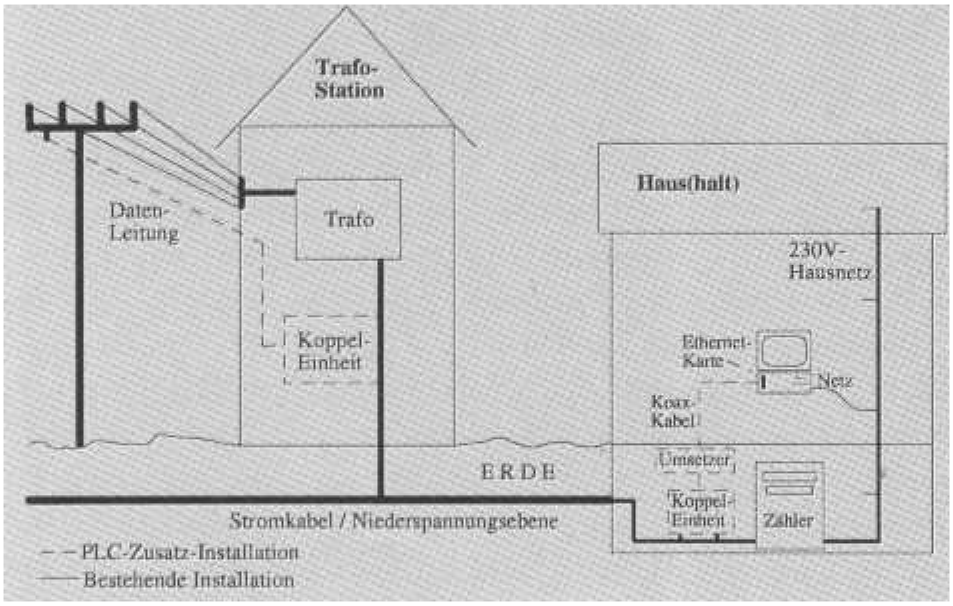


Abb. 27: Prinzip des Powerline Hausanschlusses

Während ADSL auf Kupferpaaren in Telefonleitungen übertragen wird und diese durch das symmetrische Übertragungsprinzip relativ wenig der eingekoppelten Energie in den Raum abstrahlen, nutzt Powerline Energie-Erdkabel, die erhebliche Unsymmetrien enthalten und damit einen Großteil des Nutzsignales abstrahlen. Auch gibt es an Energieleitungen viele nichtlineare Bauelemente, anoxydierte Verbindungen usw., die sich wie Frequenzvervielfacher und Mischer verhalten können und damit Störungen weit außerhalb des genutzten Frequenzbereiches verursachen. Eine Powerline-Übertragung auf Energie-Freileitungen ist noch nicht geplant. In mehreren deutschen Städten experimentieren die Firmen Siemens, Bewag und EnBW mit dem Powerline Verfahren. Die Energieversorger versuchen damit ein eigenständiges Netz zur Datenkommunikation aufzubauen, um nicht auf die Teilnehmerendleitungen der Deutschen Telekom AG angewiesen zu sein. Benutzt werden dazu Frequenzen im Bereich von 1 bis 10 MHz. Weil in dem Bereich bestimmte Frequenzen ausgespart werden (z.B. die Amateurfunkbänder) ergibt sich letztendlich eine Übertragungsgeschwindigkeit von 1Mbit/s. Gesendet wird auf den Leitungen mit 1 bis 100 mW, dies ist davon abhängig, ob die Übertragungsrichtung von der Endstation zur Kopfstation (meist Trafostation) oder von der Kopfstation zur Endstation betrachtet wird. Im letzteren Fall müssen alle Endstationen mit dem Signal versorgt werden, was natürlich eine höhere Leistung erfordert. Es wird schon deutlich, daß dieses Vefahren, wie auch schon viele andere Verfahren im Inhaus-Bereich, auf dem Shared-Medium Prinzip basiert, wenn es als Punkt zu Mehrpunkt Verfahren eingesetzt wird.

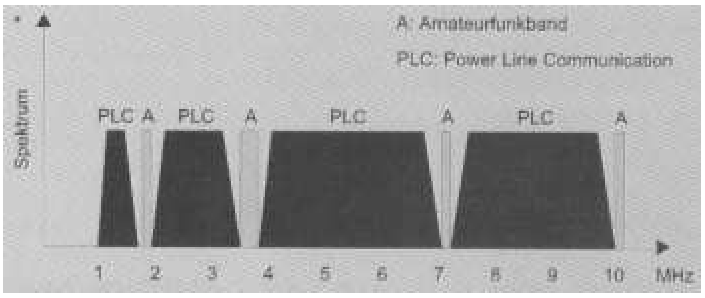


Abb. 28: Beispiel eines Powerline-Signales über die Frequenz

Auf das Rundfunkhören in den Langwellen-, Mittelwellen und Kurzwellenbändern, in denen Powerline arbeitet, wird offensichtlich keine Rücksicht mehr genommen. Die Prioritäten der Datenübermittlung sind eindeutig höher. Weil auch andere Funkdienste in diesem Frequenzbereich betroffen sind, z.B. militärische Funkdienste und die Radioastronomie, wird über die Zulassung dieses Verfahrens und den damit verbundenen Störungen aktuell in allen Gremien des CEPT (Europäische Konferenz für das Post- und Fernmeldewesen) beraten. Z.Zt. deutet alles darauf hin, daß die derzeitig von den Versuchsprojekten ausgehenden Störungen nicht hingenommen werden. Deshalb wird das Verfahren in naher Zukunft offenbar aus dem Versuchsstadium nicht herauskommen.

Kurzbewertung zu Powerline als WAN-Lösung:

- Arbeitsaufwand: gering
- Zukunftstauglichkeit: 1 bis 2 Jahre
- maximale Geschwindigkeit: 1 Mbit/s
- Zuverlässigkeit: unklar
- EMV: andere Funkdienste werden gestört, Zulassung unwahrscheinlich
- monatliche Kosten: unklar
- einmalige Kosten: unklar
- Gesamturteil: keine Lösung möglich, weil Versuchsstadium

4.115 Funk-Bridge

Bei Funk-Bridges handelt es sich um Richtfunkgeräte, die über eine hochfrequente Funkverbindung die Daten übertragen. Verwendet werden Antennen, die die benötigte Leistung relativ stark gebündelt abstrahlen, um eine sichere Übertragung mit geringen Leistungen zu gewährleisten und Dienste auf der gleichen Frequenz, jedoch in einem räumlichen Abstand, wenig zu stören. Dazu wird allerdings eine Quasi-optische Verbindung benötigt, d.h., daß sich zwischen den Übertragungsstationen kein Berg oder Haus befinden darf. Bäume oder ähnliches können auch stören, dieses muß jedoch experimentell ermittelt werden.
Insgesamt unterscheidet man zwischen 2 Varianten der Richtfunktechnik:

- professionelle Systeme, die meist im 23 oder 38 GHz Frequenzbereich arbeiten und eine Frequenzzulassung bei der Regulierungsbehörde für Post- und Telekommunikation benötigen
- semiprofessionelle Systeme, die die ISM-Frequenzen (Frequenzen für industrielle, wissenschaftliche und medizinische Anwendungen) im 2,4 GHz Band nutzen und angemeldet werden müssen, dabei aber kostenfrei sind

Die professionellen Systeme übertragen üblicherweise Geschwindigkeiten von n mal 2 Mbit/s. Systeme von 34 Mbit/s sind dabei augenblicklich aktuell. Sie bestehen aus einer Außen- und einer Inneneinheit, die über Koaxialkabel miteinander verbunden sind. Als Schnittstelle hat sich die G.703 (E1 bis E4) Schnittstelle aus der Telefontechnik durchgesetzt. Die Antennen besitzen einen Durchmesser von 30 cm bis 2 Meter. Es muß nicht großartig erwähnt werden, daß diese Systeme äußerst zuverlässig arbeiten. Dieses schlägt sich jedoch auch im Preis nieder, der sich zwischen 50 und 70 tausend DM für ein 34 Mbit/s System mit einer Reichweite von bis zu 25km bewegt. Diese wäre für die Anwendung in einem großen Wohnheim noch kein Killerkriterium, auch wenn es auf den ersten Blick so erscheint.

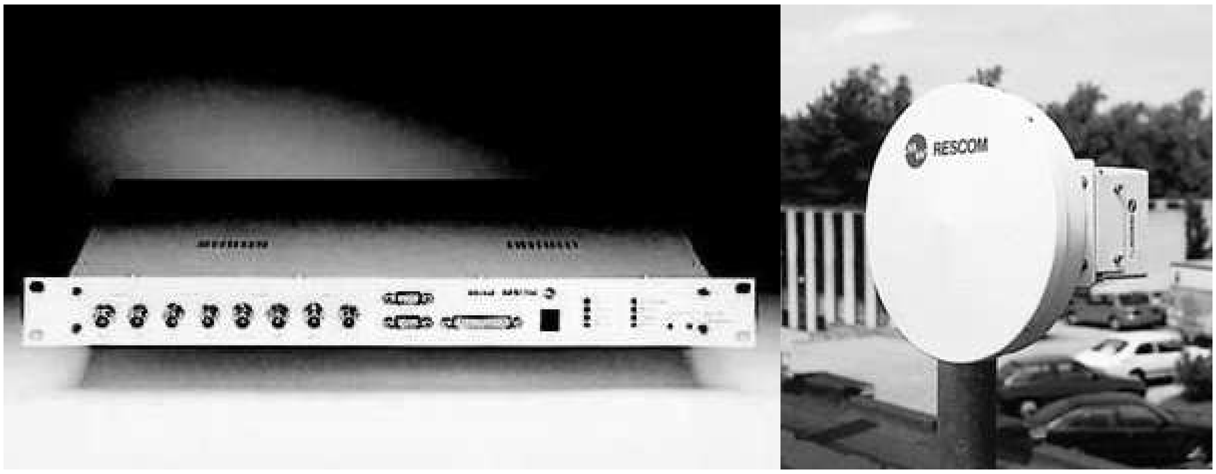


Abb. 29: Inneneinheit und Außeneinheit eines professionellen Richtfunksystemes

Ein größeres Problem stellt jedoch die Frequenzzulassung dar. Seit der Freigabe des Telekommunikationsmarktes sind die Frequenzkontingente sehr knapp geworden. Richtfunkfrequenzen werden seitdem hauptsächlich in aufwendigen Ausschreibungsverfahren an Netzbetreiber vergeben. Das ist der Grund weshalb es derzeit aussichtslos ist Frequenzen zugeteilt zu bekommen. Wenn überhaupt wäre das nur mit einer erheblichen finanziellen Zusatzbelastung möglich.

Es bleibt also keine andere Wahl als auf die semiprofessionellen Systeme auszuweichen. Weil diese im ISM-Band arbeiten, müssen Störungen auf den Strecken jedoch leider hingenommen werden. Die Erfahrung bei Studentenwohnheimen in anderen Städten zeigt jedoch, daß ein zuverlässiger Betrieb möglich ist. Die semiprofessionellen Funk-Bridges haben große Ähnlichkeit mit dem FunkLAN aus Kapitel 3.114. Jedoch erfüllt eine PCMCIA-Lösung mit Sicherheit nicht die mechanischen Anforderungen der WAN-Anbindung eines ganzen Wohnheimes. Desweiteren sollten aus den anfangs genannten Gründen Richtantennen mit einer hohen Bündelung verwendet werden, die jedoch für die FunkLAN Systeme meist nicht verfügbar sind.
Beispielhaft seien hier die Funk-Bridges der Firma ARtem erwähnt. Es handelt sich dabei um Bridges im Sinne der IEEE, die jedoch aus 2 räumlich getrennten Stationen bestehen, die über Funk kommunizieren. Die Systeme bauen auf dem 802.11 Standard auf, erweitern ihn jedoch erheblich, um höhere Geschwindigkeiten zu realisieren. Die genaue Funktionsweise der Übertragungsverfahren Frequency-Hopping und Direktsequenz-Spreizspektrum ist in der Arbeit von Hans-Ulrich Kiel beschrieben. Mit der 11 Mbit/s Bridge kann maximal eine Entfernung von 5km überbrückt werden, soll eine 10km Strecke überwunden werden, muß die 2 Mbit/s Bridge eingesetzt werden. Als Antennen werden für die großen Strecken kleine Parabolspiegelantennen (61 cm Durchmesser) verwendet. Diese haben einen ausreichend hohen Antennengewinn, höher als Stab- oder Yagiantennen, und sind natürlich für die Außenmontage geeignet.

Abb. 30: ARtem Funkbridge, Antenne und Anschlußterminal

Als Bridges läßt sich mit solchen Geräten sehr einfach eine Verbindung von einem Wohnheim zum anderen Wohnheim oder zum nächsten Universitätsgebäude herstellen. Die Inbetriebnahme einer grundstücksübergreifenden Übertragung muß der Regulierungsbehörde lediglich auf einem Formblatt angezeigt werden, Gebühren werden nicht erhoben.
Umfangreiche Sicherheitsmerkmale schützen die drahtlose Übertragung. Z.B. werden alle Daten mit einem 40Bit Schlüssel codiert übertragen. Desweiteren wird die Übertragungsfrequenz ständig gewechselt und es werden Signalpegel verwendet, die nur wenige dB über dem Rauschen liegen; deswegen werden spezielle Empfänger benötigt, um das Signal überhaupt zu empfangen.
Der Anschluß und die Inbetriebnahme ist denkbar einfach. Diese Lösung eignet sich auch für kurzzeitige Anwendungen, wenn außerhalb der Wohnheime temporär ein Netzzugang benötigt wird. Für eine dauerhafte Lösung sollte auf jeden Fall ein ausführlicher Praxistest, vielleicht mit Beteiligung der Vertriebsfirma, erfolgen.

Kurzbewertung zu Funk-Bridges als WAN-Lösung:

- Arbeitsaufwand: gering
- Zukunftstauglichkeit: ca. 5 Jahre
- maximale Geschwindigkeit: 11 Mbit/s
- Zuverlässigkeit: mäßig gut
- EMV: wegen gerichteter Übertragung und geringer Sendeleistung keine Bedenken
- monatliche Kosten: keine
- einmalige Kosten: DM 10000,-
- Gesamturteil: brauchbare Lösung, wenn keine Leitung vorhanden ist oder nur kurzzeitig ein Anschluß benötigt wird

4.116 Laserlink

Unter dem Begriff Laserlink oder Optischer Richtfunk versteht man ein System zur Datenübertragung, was je Richtung einen gepulsten Laser und ein optosensibles Bauelement zur Übertragung benutzt. Vor einigen Jahren wurden die Geräte noch von Physik-Studierenden verschiedener Universitäten entwickelt, jedoch mit sehr niedriger Geschwindigkeit. Inzwischen gibt es absolut wetterfeste industrielle Ausführungen mit Geschwindigkeiten von bis zu 155 Mbit/s (ATM oder Fast Ethernet) und Reichweiten von maximal 5 km. Es versteht sich von selbst, daß zwischen den zu verbindenden Gebäuden absoluter Sichtkontakt bestehen muß. Dies ist bei hohen Gebäuden jedoch durch Dachmontage meist zu erreichen. In dem Zusammenhang ist auch gleichzeitig sichergestellt, daß Unbefugte nicht aus kurzer Distanz (<21m) in den Strahl blicken können, was normalerweise zu schweren Augenschäden führen würde. Als Schnittstelle wird meist ein optischer Steckverbinder (z.B. ST) verwendet, sowohl Multimode als auch Monomode ist dabei möglich. Im Netzwerk erscheint die Laserverbindung dann einfach als normale Lichtwellenleiter-Netzwerkverbindung. Die Übertragung erfolgt absolut transparent, ohne Protokollzusatz oder Redundanz. Beispielhaft sei hier das System der Firma Omnitron erwähnt, daß sich weitgehend durchgesetzt hat.

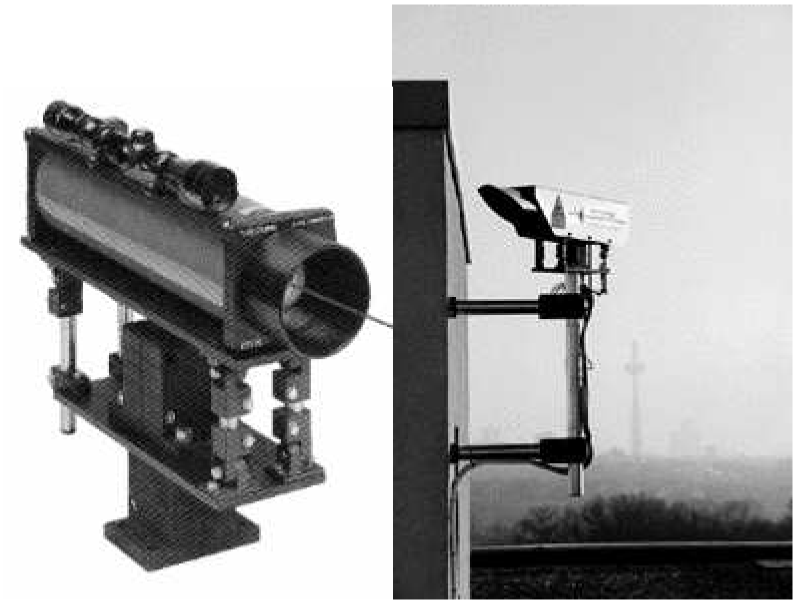


Abb. 31: Laserlinksystem ohne und mit Wetterschutzhaube

Als Nachteil der optischen Freiraumübertragung wird meist der hohe Wartungsaufwand und Ausfälle bei schlechtem Wetter angeführt. Erfahrungen von Studentenwohnheimen und Universitäten aus anderen Städten zeigen jedoch, daß als Wartungsarbeiten lediglich eine Reinigung und Neujustage (einmal pro Jahr) mit dem Zielfernrohr erforderlich sind und eine Verfügbarkeit von über 95% erreicht wird. Durch eine Serviceschnittstelle am Gerät können kritische Betriebszustände, wie das Verdrehen der Optik, rechtzeitig im voraus erkannt werden. Ein frühzeitiger Serviceeingriff vor dem Ausfall des Systems ist dann möglich. Durch eine sehr gute Befestigung an statischem Beton kann solchen Problemen jedoch vorgebeugt werden.
So wie die semiprofessionellen Richtfunksysteme müssen auch Laserlinks bei der Regulierungsbehörde für Telekommunikation lediglich gemeldet werden, sofern sie öffentliche oder fremde Grundstücke überqueren. Ein aufwendiges Genehmigungsverfahren ist nicht erforderlich, monatliche Gebühren fallen nicht an. Eine Abhörsicherheit ist dadurch gegeben, daß es nahezu unmöglich ist den Übertragungsstrahl "anzuzapfen" ohne ihn zu unterbrechen. Die Übertragung mit unsichtbarem Licht (Infrarot) erschwert dies zusätzlich. Dieses Vorgehen würde dann am Empfänger zweifelsfrei registriert werden können. Es ist aber ohnehin sehr unwahrscheinlich, daß solche Systeme in der luftigen Übertragungshöhe von 20 bis 50 m über dem Erdboden versucht werden abzuhören. Die Systempreise sind sehr unterschiedlich und richten sich nach Geschwindigkeit (10 oder 100Mbit/s) und Reichweite (400 bis 5000m). Davon abhängig bewegen sich die Preise zwischen DM 25000,- und DM 80000,-. Während man bei 10 Mbit/s Übertragungen doch lieber auf preisgünstige Richtfunksysteme zurückgreifen wird, stellt der Laserlink für 100 Mbit/s eine gute Alternative zur LWL-Übertragung dar. Offensichtlich sind diese Systeme z.Zt. die einzige Möglichkeit drahtlos diese hohen Geschwindigkeiten zu übertragen.

Kurzbewertung zu Laserlinks als WAN-Lösung:

- Arbeitsaufwand: gering

- Zukunftstauglichkeit: ca. 10 Jahre
- maximale Geschwindigkeit: 155 Mbit/s
- Zuverlässigkeit: gut
- EMV: aufgrund optischer Übertragung keine Bedenken
- monatliche Kosten: keine
- einmalige Kosten: DM 40000,- bis DM 80000,- für 100 Mbit/s
- Gesamturteil: gute Lösung für 100 Mbit/s, wenn keine Leitung vorhanden ist

4.12 Netze in Osnabrück

Im Erdboden der Stadt Osnabrück gibt es nachrichtentechnische Netzwerke. In den letzten 40 Jahren wurden diese immer stärker ausgebaut. Während oft vermutet wird, daß nur das Netz der Telekom AG in der Erde zu finden ist, gibt es ganz unterschiedliche Netzbetreiber, die zu ganz unterschiedlichen Zwecken ihre Netze betreiben. Mit dem Fall des Postmonopols werden in den nächsten Jahren noch weitere Netzbetreiber hinzukommen, Spekulationen können hier jedoch nicht betrachtet werden. In der Tabelle sind alle größeren Nachrichtennetze aufgeführt. Im Folgenden werden diese kurz beschrieben und für die Nutzbarkeit als Anbindung von Studentenwohnheimen überprüft. (SM=Single-Mode, MM=Multi-Mode)

Netz	Inhaber	Ansprechpartn.	angebundene Stellen	Kabelart
Telefon Telekom	Deutsche Telekom AG		Haushalte und Firmen	LWL SM & Kupferpaare
Kabelfernsehen	Kabelcom Osnabrück		Haushalte	Koaxial 75 Ohm
osnatel Kupfer	Stadtwerke OS AG	Herr Prote	Trafostationen	Kupferpaare
osnatel LWL	osnatel GmbH	Herr Prote	Stadtring mit Stichleitungen	LWL SM & Kupferpaare
Parkstätten	OPG	Herr Ellinghaus	"Wall" Ring um Osnabrück	Kupferpaare
Telefon Stadtverw.	Stadt Osnabrück	Herr Markmeyer	städtische Gebäude	Kupferpaare
Telefon Universität	Universität Osnabrück	Herr Loose	Universitätsgebäude	Kupferpaare
LWL Universität	Rechenzentrum UniOS	Herr Meyhöfer	große Universitätsgebäude	LWL SM & MM
Ampelanlagen	Stadt Osnabrück	Herr Kaiser	fast jede Ampel	Kupferpaare
Arcor Bahnnetz	Deutsche Bahn AG	Herr Sötje	entlang der Bahntrassen	LWL & Kupferpaare
Rohrtrassen	Stadt Osnabrück	Herr Albers	entlang der Ampelstraßen	Leerrohre
Betonschächte	DB Immobilien	Herr Möbus	entlang der Bahntrassen	Betonschächte

Abb. 32: Nachrichtennetze im Osnabrücker Erdreich

4.121 Telekom Netz

Das größte und bekannteste Netz betreibt die Deutsche Telekom AG. Es verbindet alle Vermittlungstellen mit nahezu allen Firmen und Haushalten. Größtenteils werden dazu vielpaarige

Kupferleitungen mit 0,4 oder 0,6 mm² Aderquerschnitt benutzt. Diese werden über Rangierverteiler, die meist in grauen Kunststoffkästen am Straßenrand montiert sind, im Stadtgebiet unterverteilt. Teilweise verlaufen die Kabel nicht im Erdreich, wo sie sonst mit Muffen verbunden werden, sondern in unterirdischen Rohren und Schächten. Diese Betonschächte lassen dann nachträgliche Arbeiten an den Muffen zu. Der Anschluß an die Häuser erfolgt über den Hausanschlußkasten, ein einfacher Klemmkasten, der an den Häusern oder im Keller montiert wird. Insgesamt handelt es sich um ein sternförmiges Netz, was durch einfache Rangierungen (Umverdrahtungen) sehr viel Schaltungsmöglichkeiten zuläßt.
Seit über einem Jahrzehnt erweitert die Telekom AG ihr Netz auch mit Single Mode-LWL-Leitungen. Hauptsächlich verbinden die Glasfaserleitungen die Vermittlungstellen untereinander, regional und überregional. Seit einigen Jahren werden aber auch große Firmen direkt über LWL angebunden. Für die LWL-Trassen verwendet die Telekom AG ausschließlich DIN-Stecker, um eine hohe Zuverlässigkeit zu erreichen.
Bei der Telekom lassen sich ausschließlich komplette Dienste ordern. Z.B. läßt sich ein Telefonanschluß, ein Internetzugang oder eine Datenverbindung mit einer festgelegten Geschwindigkeit zwischen 2 Punkten bestellen. Das mieten von transparenten Kupferpaaren (dark-kupper) oder LWL-Fasern (dark-fiber) ist nicht möglich. Neue Technologien werden deshalb schwer zugänglich, ADSL wird lange Zeit nur als T-DSL nutzbar sein, d.h. in Verbindung mit der T-Online-Nutzung, dem Internetwählzugang der Telekom AG. Schnelle Datenverbindungen zwischen 2 Punkten werden zwar angeboten, die monatlichen Preise sind jedoch sehr hoch, so daß Alternativen meist günstiger sind. Desweiteren sind bei diesen Leitungen aktive Komponenten der Telekom AG eingebaut, so daß Fehler meist nicht selbst behoben werden können und man bei Erweiterungen immer auf die Zusammenarbeit mit der Telekom AG angewiesen ist. Aus diesen Gründen kommt dieses Netz, trotz der traumhaften Anbindungsmöglichkeiten, für die Verbindungen zu Studentenwohnheimen annähernd nicht in Frage.

4.122 Kabelcom

In den meisten Städten in Deutschland verwaltet die Telekom auch das Kabelfernsehenetz. In Osnabrück ist dafür die Kabelcom Osnabrück zuständig. Sie betreibt ein gerichtetes Fernseh- und Radioprogrammverteilsystem, was nahezu jeden osnabrücker Haushalt erreicht. Dies wird durch ein Verteilsystem erreicht, was auf 75 Ohm Koaxialkabeln basiert und durch viele Verteiler, Abzweiger und Streckenverstärker realisert wird. Diese sind entweder unterirdisch oder in grauen Kunststoffkästen am Straßenrand untergebracht. Das Hausanschluß erfolgt durch einen koaxialen Klemmkasten (HÜP, Hausübergabepunkt), der Meßanschlüsse und gewisse Filter zur Verfügung stellt. Übertragbar sind in dem System allgemein Frequenzen von 47 bis 470 MHz, aktuell werden jedoch nur die Frequenzen bis 400 MHz genutzt. Vor einigen Jahren wurde das ganze Verteilsystem rückkanalfähig (Übertragung auch vom Teilnehmer zur Kopfstation) ausgebaut. Die Kabelcom hoffte auf Nutzer von Seiten der Stadtverwaltung, Stadtwerke und der Industrie. Das Übertragungsverfahren erwies sich jedoch als langsam und unsicher, Ausfälle waren üblich. Die Stadtwerke Osnabrück AG war dann lange Zeit der einzige Nutzer, sie ließ über das System einige Stromzähler von Großkunden auslesen.
Aufgrund der Schwierigkeiten mit dem Rückkanal läßt sich das Kabelfernsehenetz im derzeitigen Zustand nicht als Datenübertragungsmedium für Studentenwohnheime einsetzen. Die verfügbare Geschwindigkeit, die nicht exklusiv genutzt werden kann, wäre zur Wohnheimanbindung sowieso nicht ausreichend. Vielleicht finden sich im Zuge des neuen Telekommunikationsmarktes Geldgeber, die das Netz wesentlich zuverlässiger und schneller gestalten. Das Problem liegt jedoch oft an mangelhaften Installationen im Teilnehmerbereich, die auf das Netz rückwirken.

4.123 Stadtwerke / osnatel

Schon seit vielen Jahrzehnten betreibt die Stadtwerke Osnabrück AG ein Telefonleitungsnetz auf

Kupferpaarbasis, was fast alle Trafostationen (über 1000), Schalthäuser und Blockheizkraftwerke im Stadtgebiet verbindet. Auch außenliegende Wasserwerke (z.B. Tiene bei Bramsche) sind darüber angebunden. Das Netz ist nicht sternförmig, vielmehr bilden sich immer kleinere Ringe in Osnabrück aus, die dann im Stadtwerke-Gebäude an der Luisenstraße sternförmig zusammengeführt werden. Die Kabel sind teilweise sehr alt und nicht immer in gutem Zustand. Benutzt wird das Netz hauptsächlich zur betriebsinternen Telefonie und zu Fernwirkzwecken.
Mit der Neuordnung des Telefonmarktes wurde die osnatel GmbH gegründet, eine Tochtergesellschaft der Stadtwerke AG, die Firmen und Haushalte in Osnabrück mit Telefondienstleistungen versorgen soll. Die osnatel GmbH kann weitgehend über das Stadtwerke Telefonnetz mit verfügen und hat dadurch einen gewissen Grundstock an Leitungen. Gleich in den Anfängen von osnatel wurde auch die Telefonleitung, die beim Hermann-Ehlers-Haus für ADSL verwendet wird, angemietet. Auf die guten Erfahrungen damit können sowohl die osnatel GmbH als auch die Betreiber der Studentennetze aufbauen und weitere ADSL-Strecken über osnatel schalten. Offensichtlich sind 2 Mbit/s xDSL Strecken, wobei die Verwaltung der aktiven Komponenten in der Hand von osnatel bleibt und der Übergang der Nutzdaten über die G.703 Schnittstelle realisiert wird, aktuell das üblichere Angebot der osnatel GmbH. Preise im Kapitel 8.25 beziehen sich deshalb darauf. In den Verhandlungen deutete sich aber an, daß zum gleichen Preis auch Leitungen zur ADSL Realisierung möglich wären.
Ergänzend wurde vor kurzem ein LWL-Netz erschaffen, was exklusiv der osnatel zur Verfügung steht. Dieses Netz verläuft größtenteils entlang der osnabrücker Ringstraße (Stadtring) und verfügt dann noch über einige Stichleitungen. Es bildet in Zukunft den Backbone (das Rückgrad, Stammleitung) des osnatel-Telefonnetzes. Weil hier sehr vielfaserige Leitungen verlegt wurden, wäre eine exklusive Nutzung von LWL-Mietleitungen für Anbindungen von Studentenwohnheimen denkbar. Auf der anderen Seite besteht bei osnatel auch ein gewisses Interesse der Netzerweiterung, woraus sich vielleicht eine Zusammenarbeit im Verlegen von Leitungen und Hausanschlüssen organisieren läßt.

4.124 OPG-Netz (Osnabrücker Parkgesellschaft)

Die OPG betreibt zwischen allen Parkhäusern und den meisten Parkplätzen in der Innenstadt ein Netz auf Kupferpaarbasis, was für die Fernsteuerung der Kassenautomaten, Schrankenanlagen, Überwachungskameras und Parkanzeigetafeln verwendet wird. Teilweise werden auch noch Leitungen aus anderen Netzen mitbenutzt. Nach Auskunft von Herrn Ellinghaus, OPG, sind die eigenen Leitungen weitgehend belegt. Für eine Vermietung stehen also keine Adernpaare zur Verfügung.

4.125 Bahn AG / Arcor

Die Deutsche Bahn AG betreibt schon sehr lange nachrichtentechnische Netze an beiden Seiten der Bahntrassen. In früheren Zeiten wurden mit Kupferpaaren Signale und Weichen gesteuert, aber auch telefoniert (Basa-Netz). Weil der elektrische Fahrbetrieb sehr viel elektromagnetische Störungen verursacht, denen auch das symmetrische Übertragungsprinzip der Kupferdoppeladern nicht vollständig trotzen kann, wurde schon sehr frühzeitig auf LWL-Übertragung umgestellt. Dadurch verfügt die Bahn AG jetzt über ein relativ großes LWL-Netz, was auch von anderen Diensten genutzt werden kann.
Das Tochterunternehmen Arcor versucht im neuen Telefonmarkt auch deutschlandweit aktiv zu werden. Mit dem großen LWL-Netz der Bahn AG, was offensichtlich riesige Kapazitäten beeinhaltet, im Rücken bestehen auch gute Chancen. Auf Anfrage beim technischen Vorstand von Mannesmann Arcor in Frankfurt, Herr Sötje, wurde klargestellt, daß, wie auch bei der Deutsche Telekom AG, keine LWL-Fasern transparent vermietet werden. Gemietet werden können jedoch, wie üblich, ATM Festverbindungen mit einer definierten Geschwindigkeit.
Eine Alternative ergibt sich jedoch dadurch, daß alle Kabel an den Bahnstrecken in Betonschächten verlegt werden. Diese können einfach geöffnet werden, um ein weiteres Kabel

einzuziehen. Interessant sind diese Verbindungen entlang der Bahnstrecke insbesondere deswegen, weil 3 Studentenwohnheime unmittelbar an einer Bahnstrecke liegen. Die Idee ist dabei gegen eine geringe monatliche Mietgebühr den Kabelschacht der Bahn für die Verlegung eines eigenen Lichtwellenleiter-Kabels zu nutzen. Die einmaligen Kosten für die Kabelverlegung durch Bahnfachkräfte und das Kabel selbst müssen natürlich investiert werden. Dafür steht dann eine optimale Anbindung der Wohnheime zur Verfügung. Die Verwaltung der Betonschächte führt das Tochterunternehmen DB Immobilien in Frankfurt durch. Die Anfrage bei der Außenstelle in Hannover (Herr Möbius) ergab jedoch, daß die Prüfung der Verlegemöglichkeit enorme Kosten verursacht. Diese betragen durchaus mehrere Zehntausend DM und müssen vor der Prüfung, unabhängig von einem positiven Ausgang, beglichen werden. Außerdem ist der Aufwand Kabel entlang der Bahnstrecke zu verlegen nicht unerheblich. Seitens der Bahn müssen Sicherungsmaßnahmen getroffen, Verträge erarbeitet und Vorschriften formuliert werden, was die Kosten zusätzlich erhöht. Diese Alternative sollte also erst als letzte Möglichkeit ausgeschöpft werden.

4.126 Stadtverwaltung / Verkehrsleitung

Die Netze der Stadt Osnabrück (Stadtverwaltung) werden nicht einheitlich verwaltet. Vielmehr sind verschiedene Leute in verschiedenen Ämtern für gewisse Teilbereiche zuständig.
In erster Linie betreibt die Stadt Osnabrück ein eigenes Telefonnetz, um die Kommunikation zwischen allen Ämtern sicherzustellen. Dieses ist sternförmig aufgebaut, die Zentrale befindet sich neben dem Rathaus. Es existieren Leitungen auf Kupferpaarbasis zu allen wichtigen Verwaltungsgebäuden im Stadtgebiet, zum Theater und zur Berufsfeuerwehr. Freien Leitungen in den Kabeln sind aus städtischer Hand nicht ohne weiteres mietbar. Vielleicht ließe sich dafür jedoch ein Lösung finden. Sinnvoll ist eine Nutzung jedoch leider nicht, weil fast kein Studentenwohnheim unmittelbar an einem städtischen Verwaltungsgebäude liegt. Eine Anbindung an das Rechenzentrum wäre sowieso schwierig; eine Leitungsschaltung ist zwar möglich, die Leitungslänge wäre dann jedoch außergewöhnlich hoch, was bei ADSL-Betrieb Probleme bereiten würde.
Alle Ampeln im Stadtgebiet werden von einem Verkehrsleitrechner ferngesteuert. Dieser steuerte früher alle Lichter über Relais direkt an. Heute wird die Steuerung über Modemstrecken durchgeführt. Das Netz ist nicht sternförmig aufgebaut, die Leitungen verlaufen immer von einer Ampelanlage zur nächsten. Durch Klemmstellen wird dann eine Versorgung aller Ampeln sichergestellt. Eine mündliche Anfrage ergab, daß keine Leitungspaare aus dem Ampelnetz an externe Benutzer vermietet werden. Begründet wird dies mit Sicherheitsbedenken, es muß ausgeschlossen werden, daß die Ampelanlagen durch fremde Dienste gestört werden. Das ist verständlich, weil ein Ausfall einer Strecke bekanntermaßen immer ein Verkehrschaos zu Folge hat.
Die dritte und letzte Möglichkeit die Netze der Stadtverwaltung für die Anbindung von Studentenwohnheimen zu verwenden beruht auf der Tatsache, daß die Leitungen für die Ampelschaltungen großteils in Leerrohren und Betonschächten verlegt wurden. Teilweise verbinden 9-rohrige "Leerrohrbatterien" die Ampelanlagen. Das Rohrnetz reicht z.B. bis zur Ampel an der Bramscher Straße (nähe Fachhochschule Haste) und verläuft auch an der Buerschen Straße. Der ganze Stadtring ist ebenso verrohrt wie die Natruper Straße und damit auch der Sedanplatz. Diese Leerrohre sind meist nicht vollständig mit Kabeln gefüllt, so daß nachträglich weitere Kabel ohne Erdarbeiten eingezogen werden können. Insbesondere 10mm dünne LWL-Kabel, wie sie für die Anbindung von Studentenwohnheimen optimal wären, finden neben den dicken Kupferkabeln noch Platz. Die Stadtverwaltung vermietet gegen eine vergleichsweise geringe monatliche Gebühr diese Rohre an Nutzer. Im Sinne der Attraktivität des Studienstandortes Osnabrück läßt sich vielleicht ein besonders geringer Mietpreis für die Rohrtrassen erzielen. Ein rein technisches Angebot zur Nutzung der Trassen liegt vor. Auch die osnatel GmbH (Kapitel 4.123) hat ihren LWL-Stadtring in diesem Rohrsystem verlegt. Wie bei der Nutzung der Schächte an den Bahnstrecken müssen die einmaligen Kosten für die Kabelverlegung durch ein Tiefbauunternehmen und das Kabel selbst vorfinanziert werden. Dafür

besteht dann eine Anbindung auf LWL-Basis im ganzen Stadtgebiet, die Faserzahl in den Kabeln kann maximal 24 Stück betragen, ohne daß sich der Manteldurchmesser der verwendeten Erdleitung erhöht.
Interessant ist in diesem Zusammenhang die Tatsache, daß das Studentenwerk, oder der Betreiber, in dem Fall der Selbstverlegung von Telekommunikationsleitungen automatisch zum Netzbetreiber wird. Während dieses vor wenigen Jahren noch strengstens verboten war, ist nach der Erneuerung (1.8.1996) des TKG (Telekommunikationsgesetzes) dazu die Netzbetreiber-Lizenzklasse 3 erforderlich, die von der Regulierungsbehörde für Post und Telekommunikation (RegTP) vergeben wird. Folgende Lizenzklassen sind insgesamt möglich:

- Lizenzklasse 1: Betreiben von Übertragungswegen für Mobilfunkdienstleistungen für die Öffentlichkeit durch den Lizenznehmer oder andere (Mobilfunklizenz).
- Lizenzklasse 2: Betreiben von Übertragungswegen für Satellitenfunkdienstleistungen für die Öffentlichkeit durch den Lizenznehmer oder andere (Satellitenfunklizenz).
- Lizenzklasse 3: Betreiben von Übertragungswegen für Telekommunikationsdienstleistungen für die Öffentlichkeit durch den Lizenznehmer oder andere, für deren Angebot nicht die Lizenzklassen 1 oder 2 bestimmt sind (Übertragungswegelizenz).
- Lizenzklasse 4: Erbringung von Sprachtelefondienst auf der Basis selbst betriebener Telekommunikationsnetze (Sprachlizenz). Diese Lizenzklasse schließt nicht das Recht zum Betreiben von Übertragungswegen ein.

In dem Fall der verlegten Leitung ist es unerheblich, ob über die Leitung Telefon, Daten, Fernsehen, Radio oder sonstiges transportiert wird, erforderlich ist die Lizenzklasse 3. Das Problem besteht darin, daß augenblicklich keine weiteren Lizenzen mehr vergeben werden.
Wer das Gesetz genau betrachtet, die Auskunft gibt auch die Außenstelle der RegTP, sieht, daß die Lizenzpflicht nur bei Angeboten an die Öffentlichkeit gilt. Nicht lizenzpflichtig sind Netze für geschlossene Benutzergruppen, hier: nur Studentenwohnheime des Studentenwerkes Osnabrück. Als nicht-Lizenznehmer kann man jedoch auch nicht auf die rechtlichen Vorzüge des TKG für Lizenznehmer zurückgreifen, das wären gewisse juristische Hilfen bei der Leitungsverlegung und die garantierte kostenlose Nutzung von öffentlichem Grund und Boden für die Leitungsverlegung. Die zuständige Außenstelle der RegTP in Oldenburg sieht gute Chancen ein "Osnabrücker Wohnheimnetz" als geschlossene Benutzergruppe einzustufen und damit eine Lizenzpflicht zu umgehen. Bei einer Einreichung von Planungsunterlagen würde dies nach einer Prüfung schriftlich bestätigt. Damit wäre eine Verlegung eines Daten- / Sprach- und Fernsehnetzes zwischen den Osnabrücker Wohnheimen juristisch einwandfrei. Der Nutzung der öffentlichen Wege müßte die Stadtverwaltung zustimmen.

4.127 Hochschule / Rechenzentrum

Die Universität Osnabrück betreibt zusammen mit der Fachhochschule Osnabrück ein eigenes Telefonnetz auf Kupferpaarbasis. Angeschlossen sind die meisten Hochschulgebäude am Westerberg und in der Innenstadt. Teilweise sind die Leitungen sehr lang und durchlaufen viele Rangierverteiler, für ADSL-Betrieb sind das leider keine guten Voraussetzungen. Der Vorteil dieser Leitungen liegt natürlich darin, daß sie alle in unmittelbarer Nähe des Rechenzentrums am Westerberg enden. Inwieweit freie Telefonleitungen einer Nutzung für die Anbindung von Wohnheimen zur Verfügung stehen, wäre durch Verhandlungen mit der Universität und der Fachhochschule zu klären. Meistens tritt jedoch im Vorfeld das Problem auf, daß die Studentenwohnheime nicht in unmittelbarer Nähe der Hochschulgebäude liegen. Aufwendige Erdarbeiten von mehreren hundert Metern lassen sich also trotz der Leitungsnutzung meist nicht vermeiden, vielleicht jedoch verringern.
Im Zuge des Ausbaus der Dateninfrastruktur der Hochschulen entwickelten sich, auch für Verwaltungszwecke, die LWL-Datennetze an der Universität und der Fachhochschule Osnabrück. Inzwischen verbindet das Netz des Rechenzentrums der Universität fast alle Campusgebäude am

Westerberg und in der Innenstadt. Als einer der wenigen Standorte sind die grünen Fachbereiche der Fachhochschule in Haste noch nicht über eine LWL-Verbindung angebunden. Diese Netz läßt sich sicherlich im Rahmen der Unterstützung des Projektes durch das Rechenzentrum in die Überlegungen integrieren. Inwieweit freie Fasern genutzt werden können muß ein persönliches Gespräch klären. Im großen und ganzen können das leider nur vereinzelte Strecken sein, weil, wie im vorherigen Absatz schon erläutert, der räumliche Abstand zwischen Wohnheimen und Hochschulgebäuden meist sehr groß ist.
Interessant wäre jedoch eine gemeinsame Erweiterung des Netzes, wobei jeweils ein LWL-Kabel verlegt wird und die innenliegenden Fasern nach Kostenbeteiligung zur Nutzung aufgeteilt werden:

- Spekulationen gehen davon aus, daß die Fachhochschule ein Interesse daran hat die "Grünen Fachbereiche" in Haste via LWL anzubinden. So könnten die Standleitungspreise für die 2Mbit/s Datenverbindung und die Telefonstandleitungen eingespart werden, die sicher nicht unerheblich sind. 3 Wohnheime in Haste könnten in diesem Projekt eine LWL-Anbindung erhalten.
- Eine Anbindung der Wohnheime "Jahnplatz und Jahnstraße" könnte im Zusammenhang mit der LWL-Erschließung des Universitäts-Sportzentrums erfolgen. Dort wird augenblicklich eine xDSL-Strecke zur Übertragung eingesetzt. Voraussetzung dafür ist natürlich, daß die Universität ein Interesse an der LWL-Anbindung hat.

4.13 Ethernet oder ATM-Backbone

Unter dem Begriff "Backbone" versteht man die wörtliche Übersetzung "Rückgrad" auf Netzwerke bezogen. Es handelt sich also um das zentrale Kabel, das alle Unternetzwerke meist mit hoher Geschwindigkeit miteinander verbindet. Bei Wohnheimen sind es die Verbindungen, die die Switches, die in der Nähe der studentischen Zimmer stehen, im Wohnheim mit anderen Switches verbinden und die Verbindung zu anderen Wohnheimen und zu externen Netzen (Hochschulnetz, Internet) herstellen. Vor wenigen Monaten war mit Ethernet, dem meist bei TCP/IP benutzten Layer 2 Protokoll, nur eine maximale Geschwindigkeit von 100 Mbit/s, vor einigen Jahren nur 10 Mbit/s möglich. Für Hochgeschwindigkeitsverbindungen im Backbone Bereich wurden deshalb Alternativen gesucht, um die 10 bzw. 100 Mbit/s Grenze zu durchbrechen.
Oft bot sich dabei FDDI an, ein redundantes LWL-Ringsystem, was mit 100Mbit/s arbeitet und aufgrund der Ringstruktur eine gute Performance erreicht. Mit der exklusiven Nutzung des LWL-Mediums können große Entfernungen (2 bzw. 40km) überbrückt werden. Die Zeiten von FDDI sind jedoch weitgehend vorbei, Fast Ethernet erreicht auch die 100 Mbit/s Geschwindigkeit und ist wesentlich preiswerter. FDDI wird deshalb nur noch für die Erweiterung von bestehen FDDI Ringen eingebaut.
Als Weitverkehrs- und Backboneverfahren hat sich in den letzten Jahren ATM (Asynchron Transfer Mode, Kapitel 3.23) durchgesetzt. Aufgrund des nicht festen Standards, ATM wird nur im ATM-Forum beraten, erfolgt die Entwicklung des Verfahrens enorm schnell. Während anfangs nur Geschwindigkeiten von 34 (und kleiner) oder 155 Mbit/s möglich waren, sind jetzt schon Übetragungsstrecken mit 622 Mbit/s in Betrieb. Aber auch dies ist noch längst nicht die Obergrenze - im Gespräch sind bis zu 2.4 Gbit/s Port-Geschwindigkeiten. Zur Geschwindigkeit kommt die Skalierbarkeit von ATM, worunter man die Möglichkeit der flexiblen Bereitstellung der jeweils erforderlichen Bandbreite versteht. Bei ATM werden alle Arten von Informationen, also Audio, Video und Daten in Paketen mit fester Länge (53 Bytes) befördert, die als Zellen bezeichnet werden (cell relay). Der Protokoll-Overhead dieser Zellen beträgt ca. 10%. 48 Bytes stehen für Nutzdaten zur Verfügung, 5 Bytes sind für Kontrollinformation reserviert. Aus dieser Datenstruktur resultieren einige wesentliche Eigenschaften von ATM. Durch die einheitliche Länge aller Zellen entsteht eine kalkulierbare Verzögerung bei der Übertragung beliebiger Informationen, wodurch auch bei mehreren konkurrierenden Datenströmen für die einzelnen Anwendungen garantierte Bandbreiten vergeben werden können. Sehr kurze Blöcke eignen sich

jeweils besser für Sprachübertragung, lange Blöcke für den Transfer von Daten und bewegten Bildern. Mit der Zellengrösse bei ATM hat das ATM-Forum einen salomonischen Kompromiss gefunden, der prinzipiell für alle Dienste geeignet ist. Da nun die meisten Informationen nicht in einer einzelnen ATM-Zelle unterzubringen sind, werden die unterschiedlich langen Pakete höherer Netzwerkschichten mit dem Anpassungsmechanismus SAR (Segmentation and Reassembly) des sendenden ATM-Adapters auf ATM-Zellen aufgeteilt und am Ziel wieder zusammengesetzt.
ATM kennt sowohl Festverbindungen (PVCs, Permanent Virtual Circuits) als auch geschaltete Verbindungen (SVCs, Switched Virtual Circuits). Dabei kann es sich wiederum um virtuelle Punkt-zu-Punkt- oder Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen handeln. Verbindungen können mit einer gewissen Betriebsgüte QoS (Quality of Service) aufgebaut werden. Bei konventionellen LANs ist dies nicht der Fall. Die Bandbreiten von Ethernet (10 Mbit/s) und FDDI (100 Mbit/s) werden von allen angeschlossenen Geräten gemeinsam genutzt, müssen also entsprechend aufgeteilt werden. ATM geht noch einen Schritt weiter. Jedem an ATM angeschlossenen Gerät kann durch die erwähnten PVCs oder SVCs statisch oder dynamisch die benötigte Bandbreite zugeordnet werden, wobei diese nur durch die Kapazität der ATM-Hardware begrenzt ist. Nach erfolgtem Verbindungsaufbau hat man die Gewißheit, die Bandbreite des angeforderten Übertragungskanals alleine nutzen zu können, ohne von anderen sendewilligen Stationen gestört oder sogar unterbrochen zu werden. Grundsätzlich bietet ATM hier 4 verschiedene Kategorien von Diensten an:

ATM Dienstkategorie	
CBR Constant Bit Rate	feste Übertragungsrate spezifiziert
ABR Available Bit Rate	Spitzenrate spezifiziert
VBR Variable Bit Rate	Spitzenrate und Minimumrate mit QoS Garantie
UBR Unspecifed Bit Rate	keine Bitrate spezifiziert

Abb. 33: ATM Dienstkategorien

Eine entscheidende Rolle bei ATM spielen die Schnittstellen. Zur Auswahl stehen unter anderem die vom ATM-Forum akzeptierten SONET-Schnittstellen (Synchronous Optical Network) mit 622 Mbit/s und 155 Mbit/s für Glasfaser und KAT 5,6,7-Kabel, TAXI mit 100 Mbit/s für Lichtleiterkabel und 52 Mbit/s für KAT 5,6,7.

		Kabeltyp				
Schnittstelle	Datenrate (Mbit/s)	Multimode Fibre (MMF)	Singlemode Fibre (SMF)	Coaxial Cable	KAT-5	KAT-3
DS1	1.5				●	●
E1	2				●	●
E3	34			●		
DS3	45			●		
STS-1	52					●
TAXI 4B/5B	100	●				
SONET 8B/10B	155	●				
SONET STM-1/STS3C	155	●	●	●	●	
SONET STM-4/STS12C	622	●	●			
● = Standard						

Abb. 34: übliche ATM Übertragungsgeschwindigkeiten

Als besonders kritisch erweist sich vor allem der Übergang von ATM auf konventionelle Topologien wie Ethernet oder FDDI. Für die Verwendung von IP über ATM wurden verschiedene RFCs (Request for Comments) herausgegeben, die es erlauben, ATM als Transportmedium zu verwenden. Folgende Aufzählung bereitet einen Eindruck von der Vielzahl der möglichen Übertragungsverfahren:

- Classical IP (Clip) over ATM mit Multicast Address Resolution Server (MARS), Multicast Connection Server (MCS)
- Next Hop Resolution Protocol (NHRP) mit NHRP-Servern
- Application REQuested IP over ATM (Arequipa)
- LAN Emulation (LANE) mit LAN Emulation Configuration Server (LECS), LAN Emulation Server (LES) und Broadcast an Unknown Server (BUS)
- Multiprotocol Over ATM (MPOA) mit MPOA Server (MPS), Next Hop Server (NHS) und MPOA Client (MPC)
- Multiprotocol Label Switching (MPLS)
- Private Network to Network Interface (PNNI)

Die einzelnen Entwürfe sind teilweise in Betrieb oder auch noch in der Planung. Sie unterscheiden sich hauptsächlich in der jeweiligen Performance mit der die IP-Pakete über das ATM-Netz zum Ziel geschickt werden. Insgesamt gestaltet sich die Umsetzung sehr schwierig, weil das IP-Übertragungsverfahren verbindungslos nach dem statistischen Multiplexverfahren arbeitet, während ATM verbindungsorientiert funktioniert. Welches Verfahren sich dabei letztendlich durchsetzen wird ist ungewiß.
In der Realität ist die Normierung inzwischen immerhin soweit fortgeschritten, daß nach Angaben der Hersteller die Produkte mittels Firmwareupgrade problemlos an zukünftige Standards angepaßt werden können. Dadurch ist bei Produkten des gleichen Herstellers auch die

Konformität mit zukünftigen Spezifikationen des ATM-Forums gewährleistet. Der Einsatz zusammen mit Produkten anderer Hersteller scheidet wegen mangelnder Kompatibilität heute jedoch in vielen Fällen noch aus, es ist aber zu erwarten daß auch hier eine Angleichung eintritt. Die Anbindung vorhandener Netzwerk-Topologien an zentrale ATM-Switches erfolgt heute vor allem mit Hilfe von ATM-Lösungen, die auf Routern oder Layer 3 Switches basieren. Auch arbeiten die meisten Hersteller von großen Netzwerk-Konzentratoren mittlerweile mit Modulen für ATM-Verbindungen.

Für die Auswahl des Verfahrens (Ethernet oder IPoverATM) im Backbone-Bereich eines Wohnheimnetzes ist die Entscheidung zu treffen. Dazu werden beide Verfahren noch einmal direkt gegenübergestellt:

- Geschwindigkeit: Sowohl Ethernet als auch IPoverATM können mit Geschwindigkeiten von mehreren Gigabit betrieben werden. Bei IPoverATM kann jedoch mit einem Geschwindigkeitsverlust von bis zu 15% durch den zusätzlichen Protokollaufwand gerechnet werden.
- ATM stellt durch das verbindungsorientierte Netz eine meistens geringe Verzögerungszeit zur Verfügung. Bei Ethernet ist diese Zeit eher zufällig gering, kann aber auch hoch sein, wenn das Medium stark belegt ist. ATM kann den Vorteil jedoch nur ausnutzen, wenn die ATM-Verbindung bis an das Endgerät (Rechner) herangeführt wird. Das war bisher jedoch nie ein Thema, weil hier das Backbone-Verfahren betrachtet wird.
- Die Implementierung von QoS (Quality of Service Funktionalität) in ATM mit den verschiedenen Priorisierungsstufen ermöglicht Dienste zu garantieren. Für Ethernet im Zusammenhang mit IP ist ein ähnliches Verfahren auch kurz vor der Markteinführung: IEEE 802.1p/Q. Aufgrund der Verbindungslosigkeit, mit der Ethernet arbeitet, ist es schwieriger eine garantierte Verbindung aufzubauen; jedoch ist damit ein wirkungsvoller Standard geplant, der gesicherte Ton- und Bildübertragungen ermöglichen soll. Bei dem Kauf von Ethernet-Switches sollte darauf geachtet werden, daß diese IEEE 802.1p/Q unterstützen. Es ist nicht möglich diese Funktionen durch einen Softwareupdate nachzurüsten, weil sie in Asics (Hardware) durchgeführt werden, um schnell zu arbeiten.
- Oft wird ATM mit der Begründung eingebaut, daß darüber dann auch telefoniert werden könnte. Sowohl bei ATM als auch bei Ethernet handelt es sich jedoch um asynchrone Verfahren, die immer einer gewissen Verzögerung unterliegen. Telefonie erfordert jedoch im Idealfall eine Verbindung, die ohne Verzögerung arbeitet. Dieses ist nicht durchführbar, aber mit dem meist in der Telefonie (Festnetz und Mobilfunknetz) eingesetzten Übertragungsverfahren SDH (Synchrone Digitale Hierarchie), daß eine Weiterentwicklung und Vernetzung der digitalen Telefon-Vermittlungstellen darstellt, kann die Verzögerungszeit minimiert werden. Dazu werden alle angeschlossenen Switches synchronisiert (Funk-Uhr). Jedes Datenbit innerhalb des Netzes kann dann zu jedem Zeitpunkt vorausberechnet werden. Eine Verzögerung entsteht eigentlich nicht mehr (nur Rechenzeit), weil keine Pufferbausteine in den Schnittstellen der Geräte benötigt werden. Daten, die an den Anschlüssen anliegen, werden direkt weiterverarbeitet, weil sie synchron anliegen. Ein Einbau der SDH-Technologie in Datennetze ist augenblicklich aufgrund des hohen Preises noch nicht möglich, Standards fehlen jedoch auch.
- Für IPoderATM gibt es viele Ansätze und keinen festen Standard. Fast- oder Gigabit-Ethernet ist ein fester Standard, Produkte aller Hersteller sind zueinander kompatibel.
- Preis: Im Vergleich zu Ethernet ist ATM immer noch als "extrem teuer" einzustufen. Die Portpreise der Switches für ATM sind mehr als 4 mal so teuer wie bei Ethernet (ähnliche Geschwindigkeit).

Bei der Entscheidung spielt der Preis mit Sicherheit die größte Rolle. Mit Fast- bzw. Gigabit-Ethernet läßt sich ein preiswertes und schnelles Backbone-Netz realisieren, was ATM kaum nachsteht. Im Punkt Geschwindigkeit ergeben sich bei Verwendung von Ethernet wahrscheinlich noch Vorteile, weil keine Umsetzung erfolgen muß. Auch setzen, aus den oben angeführten Gründen, die Fachhochschule und die Universität Osnabrück bisher kein ATM im Netz ein. Die erste ATM-Insel in Osnabrück zu errichten scheint nicht sinnvoll, weil die Vorteile, wenn überhaupt vorhanden, nur minimal sind.

4.14 Anbindung an das Hochschulnetz, das B-WiN und das Internet

Der externe Gateway zum Hochschulnetz und zum Internet, den alle an den Backbone angeschlossene Studentenwohnheime dann nutzen, wurde bisher noch gar nicht behandelt. Folgende Struktur könnte sich ergeben:

Abb. 35: mögliche Netzverschachtelung

Üblicherweise, so sind z.Zt. in Deutschland alle Studentenwohnheime angebunden, erfolgt die Wohnheimanbindung an das örtliche Hochschulnetzwerk, was eine sehr preiswerte Lösung darstellt. Dieses ist an das B-WiN (Breitband Wissenschaftsnetz) des DFN e.V. (Deutsches Forschungsnetz) angeschlossen. Es handelt sich dabei um einen Verein, der 1984 gegründet wurde und vom Bundeswissenschaftsministerium gefördert wird. Ihm gehören als Mitglieder hauptsächlich Ämter und Hochschulen an. Zweck des Vereins ist die Schaffung und Unterhaltung eines deutschen Wissenschaftsnetzes mit hoher Geschwindigkeit. Derzeit sind an dieses Netz nahezu alle deutschen Hochschulen mit 34 oder 155 Mbit/s angeschlossen. Die Verbindung vom B-WiN zum Internet erfolgt auf 5 Wegen: über einen Gateway in das europäische Ausland (TEN-155 / Dante, 155 Mbit/s), eine Verbindung nach New York (622 Mbit/s), nach China (64 kbit/s), zu kommerziellen deutschen Internetprovidern (Stern-Frankfurt, 34Mbit/s) und zum Backbone-Netz der Deutschen Telekom AG in Hannover (34 Mbit/s). Über das B-WiN ist die Anbindung zu wissenschaftlichen Einrichtungen sehr schnell, während Verbindungen in das Internet einen durchschnittlichen Zugriff ermöglichen (verglichen mit Internetverbindungen über Telekom-Interconnect).
Die Anbindung von Wohnheimen an die Hochschule muß immer über Router bzw. Layer3-Switches erfolgen, um den Netzverkehr protokollieren und beschränken zu können. So kann sichergestellt werden, daß nur Studierende den Zugang erhalten und bei groben Verstößen gegen festgelegte Regeln (Benutzerordnung des DFN e.V., des Rechenzentrums der Hochschule und des Wohnheimnetzes) getrennt werden können.
Weitere Formalia (Nutzerordnung, Beschränkungen für das Datenvolumen, An- und Abmeldeverfahren) fallen unter die Zuständigkeit des Netzbetreibers und sind nicht Bestandteil dieser Diplomarbeit. Im Studentenwohnheim Sedanstraße hat sich das Modell des gemeinnützigen Betreibervereins bewährt. Es handelt sich (in der Sedanstraße SedaNet e.V.) um einen studentischen Verein, der sich um den Netzbetrieb kümmert, Reparaturen und Wartung

durchführt, Netznutzern helfend zur Seite steht und die Kommunikation zur Administration zum Rechenzentrum sicherstellt. Die Gründung eines solchen Vereins dauert sehr lange (ca. 1 Jahr) und verursacht viel Aufwand. Auch die ständige Suche nach Nachfolgern, die sich ehrenamtlich um den Netzbetrieb kümmern, ist nicht leicht. Aus diesen Gründen ist es sinnvoll weitere Wohnheime, mit eigenen Helfern im Verein, unter die Aufsicht und den rechtlichen Betrieb des bestehenden Vereins zu stellen. Verhandlungen des Studentenwerkes mit dem Verein sind dazu erforderlich.

4.15 Havarieanbindung an einen kommerziellen Provider

Bei dem Hochschulnetz, das hauptsächlich aus den Netzen der Universität und der Fachhochschule besteht, und dem Netz des DFN e.V. handelt es sich um Forschungsnetze, was bedeutet, daß an diesen gearbeitet werden kann, Experimente erlaubt sind und keine ständige Verfügbarkeit garantiert werden kann. Das bedeutet jedoch nicht, daß ständig Ausfälle an der Tagesordnung sind. Vielmehr laufen die Netze ziemlich stabil und erreichen eine Verfügbarkeit oberhalb der magischen 95% Grenze.
Bei einem Linkausfall in das Hochschul- / Internet tritt jedoch immer ein "Dominoeffekt" auf, weil manche Dienste (DNS, Mail, ...) stark auf die Außenwelt angewiesen sind. Eine Flut von Anfragen aus dem Wohnheimnetz an den Server führt zu einer hohen Belastung und damit meist zum Zustand "außer Betrieb". Interne Netzdienste wie Mail sind dann meist auch nicht mehr verfügbar.

Aus diesem Grund scheint es sinnvoll einen alternativ-Gateway in das Internet vorzusehen, den anfällige Dienste (DNS, Mail, ICQ) bei einem Ausfall des Gateways: "Forschungsnetz" nutzen können. Eine 64kbit/s Wähl- oder Standleitung ist dafür geeignet. Die rechtlichen Voraussetzungen für eine solche Netzzusammenschaltung wären vorab mit der Hochschule und dem DFN e.V. zu klären.

4.2 Anbindung der Wohnheime an Telefongesellschaften

Vor einigen Jahren viel die Auswahl nicht schwer: Die Deutsche Telekom AG (damals Bundespost) war der einzige Netzanbieter. Heute tummeln sich eine Vielzahl von Unternehmen auf dem Markt, sie alle versuchen ihr eigenes Telefonnetz aufzubauen und Kunden zu gewinnen. Nach wie vor ist die einzige aktuelle Möglichkeit die Kunden, hier in Studentenwohnheimen, an die Vermittlungstelle anzubinden die Teilnehmeranschlußleitung der Telekom. Systeme über Richtfunk, die Kabelfernsehleitung oder das Stromkabel stecken noch in den "Kinderschuhen". Vor kurzem oder in Zukunft am Markt auftretende neue Telefongesellschaften wie osnatel GmbH oder Arcor AG wollen Privatkunden großteils nicht über eigene Leitungen anschließen, sondern mieten die Teilnehmerleitung von der Vermittlungsstelle bis zum Endkunden von der Telekom AG. Dabei fallen hohe Mietgebühren an, die kaum einen Gewinn ermöglichen.

4.21 Neuerungen seit der Liberalisierung des Telefonmarktes

Wie in Kapitel 4.126 im Zusammenhang mit der Rohrnetznutzung der Stadtverwaltung bereits angeschnitten, ist es Gesellschaften, die die jeweils passende Lizenzklasse innehaben, gestattet ein eigenes unterirdisches Netz aufzubauen (mit welcher Technologie auch immer). Dabei werden diese Unternehmer staatlich unterstützt, indem ihnen gewisse Rechte übertragen werden, die das Verlegen von Leitungen vereinfachen. Desweiteren werden Gebühren für die Nutzung der öffentlichen Wege, die die Stadtverwaltungen hätten verlangen können, prinzipiell ausgeschlossen.
In Osnabrück besitzen neben der Telekom AG auch die Telekommunikationsunternehmen osnatel und Arcor die Lizenzklassen 3 und 4, die zur Vermarktung des Sprachtelefoniedienstes auf eigenen Leitungswegen erforderlich sind. Verhandlungen mit diesen Unternehmen über günstige Telefongrundgebühr für Studierende oder Gratistelefonie zwischen Wohnheimzimmern, zur

Universität und zum Studentenwerk (Beispiel Kapitel 5.2) sind aufgrund des wachsenden Konkurrenzkampfes aussichtsreich.

4.22 Ideen zur Vernetzung mit privaten Telefonanlagen

Die Tatsache der "geschlossene Benutzergruppe" und der entfallenen Lizenzpflicht aus Kapitel 4.126 läßt recht kreative Lösungen zu. Eine ist mit Sicherheit die Installation von privaten (Studentenwerk) Telefonanlagen in den Wohnheimen. Dabei kommen in den einzelnen Häusern sowohl Anschlußvolumina von minimal 10 als auch von maximal 256 vor. Es sind also recht flexible Telefonanlagen erforderlich, um das Spektrum abzudecken und nicht in jedem Wohnheim eine andere Marke installieren zu müssen. Ein modularer Telefonanlagentyp wäre dafür sinnvoll. Die Verbindung zur Vermittlungstelle einer Telefongesellschaft (momentan meist noch Telekom AG) müßte über einen oder mehrere ISDN-Primärmultiplexanschluß/üsse (S2M; 30 Sprachkanäle) oder mehrere ISDN-Anlagenanschlüsse (S0, 2 Sprachkanäle) erfolgen. Die Telefonanlage müßte teilnehmerseitig sowohl analoge (a/b) Telefonanschlüsse als auch digitale (S0) Teilnehmeranschlüsse zur Verfügung stellen. Umfangreiche Funktionen zur Gebührenauswertung (sowohl Gebührenimpuls als auch Call-By-Call) sind erforderlich. Alle ISDN-Komfortmerkmale sollten Standard sein und auch fehlerfrei funktionieren.
Mit so einer Lösung wäre das Telefonieren innerhalb eines Wohnheimes kostenlos. Die Grundgebühren für die S2M oder S0 Verbindungen zur Telefongesellschaft wären wesentlich geringer als bei einer Telefongesellschaft die Grundgebühren für alle Einzelanschlüsse im Wohnheim. Rechtlich ist dabei zu beachten, daß für den Betrieb einer Telefonanlage von mehr als 4 Sprechkanälen zu öffentlichen Vermittlungsstellen die Personenzulassung der Klasse B bei der betreuenden Fachkraft erforderlich ist. Diese wird üblicherweise nur an Meister / Techniker mit Zusatzschulung oder Ingenieure der Fachrichtung Nachrichtentechnik ausgegeben. Das Studentenwerk, als Betreiber, müßte also eine solche betreuende Fachkraft beschäftigen oder die Betreuungsarbeit extern vergeben, was beides aufwendig und relativ teuer ist.

4.221 Beispiel Siemens Hicom

Im professionellen Sektor am weitesten verbreitet ist augenblicklich und schon lange Zeit das Siemens Hicom Telefonsystem. Es wird insbesondere hier beispielhaft behandelt, weil Kopplungsmöglichkeiten wie in Kapitel 4.222 beschrieben möglich sind und die Geräte auch bei der Stadtverwaltung, Fachhochschule und Universität Osnabrück eingesetzt werden. Natürlich sind auch von Alcatel, Bosch (Telenorma) und vielen anderen Firmen Telefonanlagen erhältlich. Das Hicom System ist vollständig modular und in weiten Teilen redundant aufgebaut. Es ist in 2 groben Ausführungen erhältlich: als Hicom 150E System (OfficeOne: 8, OfficePoint:16, OfficeCom: 48, OfficePro: 250) mit maximal 250 Teilnehmeranschlüssen (semiprofessinell) und als Hicom 300E System (Hicom 310E: 96, Hicom 330E: 624, Hicom 350E: 5760) mit maximal 5760 Teilnehmeranschlüssen (professionell). Die Systeme unterstützen alle Leistungsmerkmale aus Kapitel 4.22. Ausbaubar wäre ein System mit je einer Telefonanlage in jedem Studentenwohnheim in so fern, daß eine Kopplung der Anlagen untereinander möglich ist. Über HDSL (2 Mbit/s xDSL, Kapitel 4.113), LWL, Richtfunk oder Laserlink können diese Telefonanlagen über normierte Schnittstellen (SDH, PDH, G.703, X.21) genau wie lokale Netze, verbunden werden. Exklusive Verbindungswege sind dazu erforderlich, eine Kombination von z.B. Fast Ethernet und SDH auf einer Leitung ist nicht möglich. In diesem Fall ist dann auch eine kostenlose Telefonie zwischen mehreren, oder allen, Wohnheimen möglich. Zentral werden Gebühren erfaßt und die Konfiguration durchgeführt. Wird in dieses Telefonnetz dann noch die Universität und das Studentenwerk mit eingebunden, können nochmals Telefongebühren eingespart werden. Die Kopplung der Anlagen ist preislich insbesondere interessant, wenn die Realisierung der Netzwerkanbindung für das Hochschulnetz über neu zu verlegende LWL-Kabel erfolgt. Diese können dann nämlich ohne weitere Kosten auch zur Kopplung der Telefonanlagen mitverwendet werden, weil genügend separate Fasern frei wären.

4.222 IP und ATM Telefonie

Viele Firmen beschäftigen sich aktuell mit der Entwicklung von Lösungen für die Kombination von Telefonnetzen und Rechnernetzen. Die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale sind dabei traditionell die Synchronität / Asynchronität und die Verbindungsorientierung / Verbindungslosigkeit. In Kapitel 2.13 wurde schon festgehalten, daß innerhalb der Wohnheime eine Integration von Telefonie und Rechnernetz nicht erforderlich, eher sinnlos, wäre.
Im letzten Kapitel kristallierte sich heraus, daß eine Kopplung von Telefonanlagen verschiedener Wohnheime über viele Medien machbar ist, jedoch normalerweise immer eine separate Leitung benötigt wird. Wenn ein Wohnheim aber über LWL-Mietleitung, xDSL, Laserlink oder Richtfunk angebunden wird, steht die 2. Leitung nicht kostenfrei zur Verfügung. An dieser Stelle gibt es Lösungsansätze in der IP- und ATM-Telefonie. Insgesamt sind augenblicklich fast alle auf dem Markt befindlichen Systeme Prototypen und nicht kompatibel zu Fremdprodukten. Von einer Serienreife kann also in keinen Fall die Rede sein. Vielmehr wäre ein Einsatz dieser Verfahren als Pilotprojekt mit interessierten Firmen möglich. Die Telefonverbindungen in Studentenwohnheimen lassen Forschungsprojekte vielleicht zu, ohne daß ein Ausfall viel Schaden anrichtet.

- ATM-Telefonie: Das Prinzip von ATM wurde in vielen vergangenen Kapiteln bereits ausführlich erläutert. Bei der Telefonie werden die sonst synchron im ISDN versendeten digitalisierten Sprachsignale in asynchronen Paketen verschickt. Dabei entsteht eine gewisse Verzögerungszeit, die jedoch aufgrund der generell sehr hohen Geschwindikeit von ATM nicht zu lang wird. Die Übertragung erfolgt über ATM-Switches, an die alle ATM-Endgeräte (ATM-Telefone, ATM-Telefonanlagenmodule) angeschlossen werden. Siemens bietet für die Telefonanlagenfamilie Hicom 300E neuerdings eine vollständige ATM-Unterstützung in Form von Software und des STMA-Modules für die Anlagenkopplung an. Damit soll es möglich sein eine bestehende (aus dem LAN Bereich) ATM-Infrastruktur für die Verbindung von Hicom Telefonanlagen zu verwenden. Die Sprachkanäle werden über ATM-SVCs oder PVCs aufgebaut und nutzen die ATM-Eigenschaft der garantierten Bandbreite (Geschwindigkeit).

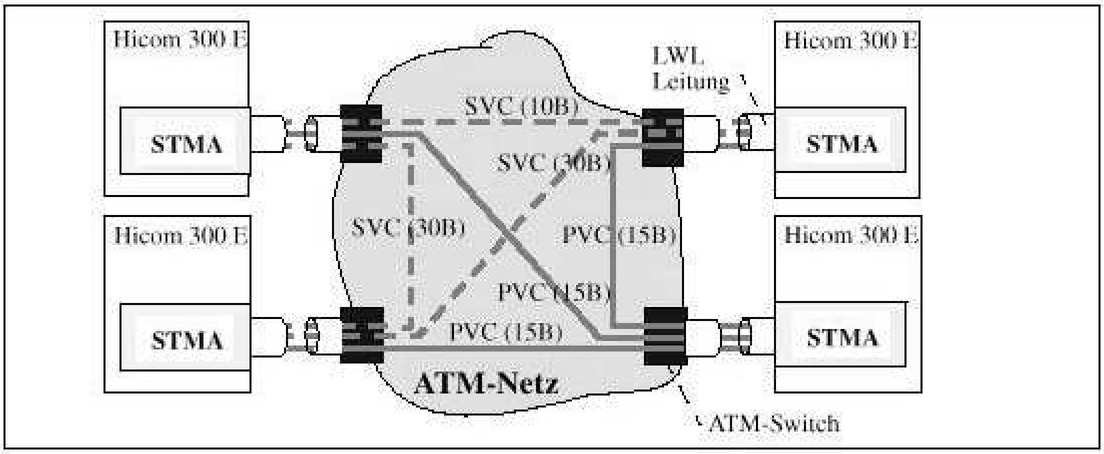


Abb. 37: Vier über ATM verbundene Telefonanlagen vom Typ Hicom

- IP-Telefonie: IP-Telefonie ist das Schlagwort, über das man z.Zt. unheimlich viel in Fachzeitschriften und auf Messen findet. Sehr viele Hersteller beschäftigen sich mit der Entwicklung von Verfahren, um digitalisierte Sprache über TCP/IP zu übertragen. Dabei muß beachtet werden, daß durch das asynchrone und verbindunglose TCP/IP-Protokoll teilweise erhebliche Verzögerungszeiten zu erwarten sind. Dieses wird sich durch den neuen IEEE-Standard 802.1p/Q zwar verbessern, es wird jedoch sehr lange dauern, bis alle Vermittlungsknoten ihn unterstützen. Deshalb wird bei der IP-Telefonie der Datenstrom von 16kbit/s (ISDN) auf ca. 2kbit/s reduziert. Diese dann sehr geringe Datenmenge soll eingermaßen problemlos und zügig durch das Netz fließen. In leeren Netzen, auf denen nur

IP-Telefonie durchgeführt wird, die z.B. auf Messen aufgebaut werden, funktioniert das Verfahren einwandfrei. Die Verzögerungszeit ist im Vergleich mit einem normalen Telefon zwar unerwartet hoch, das fällt aber bei einem durchschnittlichen Gespräch kaum auf. Startet man aber Versuche in einem vollen Intranet oder gar im Internet, stellt man schnell fest, daß die Verbindung oft abreißt, Worte nicht ankommen und überhaupt das Gespräch stockt. Unter dem Begriff "NetPhone" ist im Internet ein Dienst bekannt, der es möglich macht über ein Programm vom Internet in das weltweite Telefonnetz zu kommunizieren. Dabei muß über eine Kreditkarte ein gewisses Guthaben vorab hinterlegt werden, das dann abtelefoniert werden kann. Leider befindet sich der NetPhone-Anbieter nicht in Deutschland. Aus diesem Grund verliefen Tests über die Internetstrecke in die USA überhaupt nicht erfolgreich.
IP-Telefonie braucht noch viel Entwicklungsarbeit, um sicher und kompatibel zu funktionieren. Insbesondere feste Standards fehlen augenblicklich. Es stellt sich aber auch die Frage, ob IP-Telefonie wirklich benötigt wird. Eine Vereinheitlichung des Telefon- und des Datennetzes ließe sich nämlich nicht nur durch die Telefonie auf dem Datennetz, sondern auch mit TCP/IP über das Telefonnetz realisieren. Mit dem SDH-Übertragungsverfahren (Kapitel 4.13) steht eine Technologie im Telefonnetz zur Verfügung, die auch einen schnellen TCP/IP-Transport ermöglicht. Es bleibt abzuwarten, ob die Hersteller der Datenvermittlungseinrichtungen bald preisgünstige Schnittstellen für SDH anbieten werden.

Studierende erhalten mit mehr oder weniger bürokratischem Aufwand eine Befreiung von den Rundfunkgebühren. Die Deutsche Telekom AG gewährt den von den Rundfunkgebühren befreiten Studierenden den verbilligten Telefonanschluß zum sogenannten Sozialtarif, der übrigens laut Auskunft der RegTP ein freiwilliges soziales Angebot der Telekom AG darstellt. Bei Wohngemeinschaften mit nur einem Telefon reicht es aus, daß sich ein Studierender von der Rundfunkgebühr befreien läßt, was recht leicht zu erreichen ist. Bei einer Lösung mit Telefonanlagen des Studentenwerkes in jedem Wohnheim läßt sich also eine Kostenrechnung nur mit einer Grundgebühr von ca. DM 9,- pro Monat für jeden Telefonanschluß durchführen, weil sonst einige Studierende und Wohngemeinschaften bei der Telekom AG sehr viel weniger bezahlen müßten. Dabei stellt man schnell fest, daß ein Kauf vieler Telefonanlagen, ständige Betreuung durch eine Telekommunikationsfachkraft, monatliche Rechnungsstellung durch 2 Bürofachkräfte, Ersatzteile und einiges mehr sich nicht durch die monatliche Grundgebühr decken läßt. Aus diesem Grund wird diese Idee hier nicht weiterverfolgt.

4.23 Ausschreibung eines Rahmenvertrages

Eine weitere Idee würde sich daraus ergeben, daß das Studentenwerk als Großkunde bei allen Telekommunikationsanbietern, die in Osnabrück Telefonanschlüsse zur Verfügung stellen, auftritt (Telekom AG, osnatel GmbH, Arcor AG) und für alle Anschlüsse in den Studentenwohnheimen einen Rahmenvertrag aushandelt. Das würde voraussetzen, daß alle Bewohner der Studentenwohnheime sich laut Mietvertrag bereiterklären ihren Telefonanschluß bei dem Gewinner des Rahmenvertrages zu ordern. Es könnte dabei ausgehandelt werden, daß Telefongespräche zwischen Studentenwohnheimen, zur Universität und zum Studentenwerk kostenlos sein müssen. Desweiteren ließe sich der monatliche Grundpreis vielleicht wesentlich reduzieren. Verhandlungen über den Sonderfall "Sozialanschluß" müßten natürlich auch geführt werden.
Leider hat auch die Idee mit dem Rahmenvertrag gewisse Nachteile: Es ist zu vermuten, daß die Deutsche Telekom AG sich nicht auf Verhandlungen einlassen wird und deshalb die neuen Anbieter (osnatel und Arcor) günstige Angebote unterbreiten. Die Funktion Call-By-Call ist jedoch bei den neuen Anbietern nahezu nicht nutzbar, weil nur die Telekom AG zu allen Anbietern Verträge unterhält. Call-By-Call hat sich aber unter den Studierenden als eine mögliche Quelle zum Geldsparen durchgesetzt und kann aus diesem Grund nicht zwangsweise unterbunden werden. Ausschließlich deshalb ist die Idee mit dem Rahmenvertrag leider reine Theorie und

nicht durchführbar.

4.24 Ausarbeitung eines studentischen Telefontarifes bei Zusammenarbeit in der Infrastruktur

Einzig und allein bleibt ein weiterer Weg, um günstiges Telefonieren in den Wohnheimen zu ermöglichen. Die neuen Osnabrücker Telefonanbieter (osnatel und Arcor) müssen von Privatkunden relativ hohe monatliche Grundgebühren verlangen, um die Teilnehmeranschlußleitung vom Kunden zur Vermittlungsstelle der Telekom AG zu mieten, wo dann der Übergang zur eigenen Vermittlungsstelle stattfindet. Für die Telefonanschlüsse in den Wohnheimen könnte das Studentenwerk einem neuen Telefonanbieter entgegenkommen und ihn bei der Herstellung eigener Teilnehmeranschlußleitungen zur eigenen Vermittlungstelle in folgende Punkten unterstützen:

- Die Leitungen innerhalb des Studentenwohnheimes, Zimmersteckdose bis zum Hausverteiler, werden zur Nutzung zur Verfügung gestellt.
- Freie LWL-Fasern in einem Kabel, was für die Anbindung eines Rechnernetzes verlegt wurde, werden dem Telefonanbieter für die Übertragung der Telefongespräche zu manchen Wohnheimen (insbesondere große) zur Verfügung gestellt.
- In allen Wohnheimen werden in Absprache mit der Telekom AG Patch-Felder (KAT3) installiert, die einen schnellen Wechsel von der Telekom AG zu einem neuen Telefonanbieter und umgekehrt möglich machen. Damit wird der Situation entsprochen, daß die Zimmer oft nur für kurze Zeit vermietet werden und entsprechend dem Wunsch des Mieters die Telefongesellschaft gewählt wird. Ein Umstecken (Patchen) könnte auch der betreuende Hausmeister nach jeweiligem telefonischen Auftrag durch die Telefonanbieter erledigen. Das kostspielige Umrangieren durch einen Service-Techniker entfällt dann.
- Dem neuen Netzbetreiber wird ein direkter Zugang zu den Telefonanlagen der Universität / Fachhochschule und dem Studentenwerk ermöglicht, damit dorthin keine Gebühren für den Umweg über die Telekom AG anfallen.

Im Gegenzug würde der neue Telefonanbieter kostenlose Telefongespräche innerhalb aller Wohnheime (sofern der angerufene Anschluß auch den neuen Telefonanbieter gewählt hat), zur Universität / Fachhochschule und zum Studentenwerk anbieten. Die monatliche Grundgebühr pro Anschluß wäre mit dem betreffenden neuen Telefonanbieter auszuhandeln und liegt voraussichtlich zwischen DM 10,- und DM 20,-. Die Studierenden in den Wohnheimen können dann wählen, ob sie entweder die Möglichkeiten der kostenlosen Interntelefonie nutzen und auf Call-By-Call verzichten oder bei der Deutschen Telekom AG Call-By-Call nutzen und auf die kostenlosen Gespäche verzichten.
In informativen Vorgesprächen hat die Firma osnatel GmbH durchaus Interesse an dieser Lösung signalisiert. Weitere Details könnten nach Abschluß dieser Diplomarbeit recht zügig geklärt werden, was letztendlich den Studierenden Geld spart und damit auch im Interesse des Studentenwerkes ist.

4.3 Fernsehprogramme über LWL

In Kapitel 3.33 wurden ausführlich die Möglichkeiten eines eigenen Kabelfernsehsystemes erläutert. Diese Technologie lohnt sich insbesondere bei vielen angeschlossenen Teilnehmern. Die Überlegung liegt also nahe, alle Wohnheime in Osnabrück an eine einzige Satelliten-Kopfstation anzuschließen. Folgende Vorteile ergeben sich dadurch:

- Geringe Anschaffungskosten, weil nur noch eine Kopfstation benötigt wird
- Bei der Umstellung auf DVB, DAB (digital) muß nur noch eine Kopfstation umgerüstet werden, das Verteilnetz kann weiterbetrieben werden: wesentlich geringe

Umstellungskosten
- Die Programmierung (Teil der Wartungsarbeiten) von aktuellen Sendern wirkt sich auf alle Wohnheime aus: geringer Wartungsaufwand
- Durch die geringeren Kosten bei nur einer Kopfstelle können qualitativ höherwertigere Komponenten installiert werden: weniger Folgeprobleme

Ermöglicht wird dies dadurch, daß eine Technologie verfügbar ist, um freie LWL-Fasern in den Kabeln, die für die Rechnernetzanbindung der Wohnheime zuständig sind, für die Übertragung von Fernsehprogrammen zu nutzen. Ausschließlich Single-Mode LWL-Fasern sind dafür zu gebrauchen ! Bei diesem Verfahren wird der ganze Frequenzbereich des Kabelfernsehsystemes (47 bis 862 MHz) mit einer Zwischenfrequenz von ca. 228,8 GHz in einem Lasermodulationsverfahren gemischt. Diese Funkwellen befinden sich dann im Frequenzbereich der optischen Übertragungssysteme bei 1310 nm und können über eine Faser versendet werden. Aufgrund des hohen Preises der optischen Sender wird meist ein recht leistungsstarker verwendet und das Licht über faseroptische Splitter auf mehrere Strecken verteilt. Dabei sind Verteiler (50% / 50% der Lichtleistung) als auch Abzweiger (90% / 10% der Lichtleistung) verfügbar, um die optische Energie zu teilen. Die Streckenlänge kann dabei mehrere zig Kilometer lang sein und berechnet sich nach der optischen Dämpfung. Ein recht preiswerter optischer Empfänger am Zielort demoduliert das optische Signal und stellt am Ausgang das normale Kabelfernsehsignal zur Verteilung im Haus bereit.

Abb. 38: Optisches Sendergestell (8 Sender) für Kabelfernsehen der Firma Fuba

Die optische Signalleistung der Systeme wird in dBm (bezogen auf 1 mW) angegeben, wobei Sender mit Leistungen von 2,6 bis 13,6 dBm verfügbar sind. Ein optischer Empfänger benötigt als Eingangssignal üblicherweise eine Leistung von -6 bis 0 dBm, damit er vernünftig arbeitet. Mit der Faserdämpfung in dB pro Kilometer, allen Streckenlängen, der üblichen Dämpfung von Spleißen und optischen Steckverbindungen läßt sich daraus ein komplettes Netz erstellen, auf die gleiche Art wie auch in Verteilsystemen mit koaxialen Kabelwegen.
Für folgende Berechnungen werden übliche Werte angenommen:

- Faserdämpfung: 0,38 dB/km
- Spleißdämpfung: 0,02 dB
- Dämpfung einer Steckverbindung: 0,3 dB

Steckverbinder werden zum Anschluß der Sender, Empfänger und aller Splitter benötigt. Spleiße befinden sich an allen Hausanschlüssen, in Erdmuffen und an Stellen, an denen Pigtails als Steckverbindung gewählt werden.
Für eine Planung ist davon auszugehen, daß zu den Wohnheimen Sedanstraße (200m), Blumenmorgen (4300m), Rostocker Straße (5600m), Natruper Straße (750m), Jahnstraße (2850m), Jahnplatz (2850m), Wörthstraße (3500m), Leggeweg (3500m), Salzmarkt (3400m), Wiesenstraße (3100m) und Kommenderiestraße (3100m) in Zukunft eine LWL-Single-Mode Verbindung besteht. Die Kopfstelle wird für die Beispielrechnung am Hochschulstandort

Westerberg plaziert. Mit der Logarithmusrechnung läßt sich nachweisen, daß ein optischer Splitter mit 2 Stück 50% Leistungsausgängen eine optische Dämpfung von 3 dB und ein Splitter mit einem 10% und einem 90% Leistungsausgang Dämpfungen von 10dB und 0,458 dB erzeugt. Spleiße werden wegen der Geringfügigkeit der Dämpfung vernachlässigt und statt dessen die mögliche Empfängereingangsleistung auf den Bereich -5 dBm ... 0 dBm eingeschränkt.
Für die einzelnen Wohnheime ergeben sich dann folgende Dämpfungrechnungen, wobei nur Splitter des Typs mit 2 Stück 50% Ausgängen Verwendung finden:

- Sedanstraße: Kabel 0,1 dB, 3xSplitter 9 dB, 8xStecker 2,4 dB, Gesamt 11,5 dB
- Blumenmorgen: Kabel 1,6 dB, 3xSplitter 9 dB, 8xStecker 2,4 dB, Gesamt 13 dB
- Rostocker Str.: Kabel 2,1 dB, 3xSplitter 9 dB, 8xStecker 2,4 dB, Gesamt 13,5 dB
- Natruper Str.: Kabel 0,3 dB, 3xSplitter 9 dB, 8xStecker 2,4 dB, Gesamt 11,7 dB
- Jahnstraße: Kabel 1,1 dB, 4xSplitter 12 dB, 10xStecker 3 dB, Gesamt 16,1 dB
- Jahnplatz: Kabel 1,1 dB, 4xSplitter 12 dB, 10xStecker 3 dB, Gesamt 16,1 dB
- Wörthstraße: Kabel 1,3 dB, 4xSplitter 12 dB, 10xStecker 3 dB, Gesamt 16,3 dB
- Leggeweg: Kabel 1,3 dB, 4xSplitter 12 dB, 10xStecker 3 dB, Gesamt 16,3 dB
- Salzmarkt: Kabel 1,3 dB, 4xSplitter 12 dB, 10xStecker 3 dB, Gesamt 16,3 dB
- Wiesenstr.: Kabel 1,2 dB, 4xSplitter 12 dB, 10xStecker 3 dB, Gesamt 16,2 dB
- Kommend.: Kabel 1,2 dB, 4xSplitter 12 dB, 10xStecker 3 dB, Gesamt 16,2 dB

Es ergibt sich eine maximale Pegeldifferenz zwischen den Empfangsstellen von 4,8 dB, was innerhalb des Toleranzbereiches der Empfänger liegt. Mit einer Senderausgangsleitung von 11,5 dBm ließe sich das gesamte Verteilnetz problemlos betreiben, Sender mit einer Ausgangsleistung von 11,6 dBm sind industriell verfügbar.

5. Beispiele aus anderen Städten und von anderen Anbietern

Der Infrastrukturausbau in Osnabrück ist einer von vielen in Deutschland. Deshalb ist es wichtig sich in anderen Städten über den aktuellen Stand zu informieren und eventuell Ideen zu übernehmen und weiterzuentwickeln. In diesem Kapitel wird eine Auswahl von Projekten betrachtet, die durch Vorträge und andere Publikationen bekannt wurden.

5.1 uni@home

Unter diesem Begriff versteht man einen Kooperationsvertrag zwischen der Deutschen Telekom AG und einigen Universitäten. Ursprünglich wurde das System für Fernuniversitäten entwickelt. Dort besteht das Problem, daß aufgrund der Entfernung sich die Studierenden nicht zum Ortstarif über ein Modem oder ISDN in der Universität (Hochschulnetz) einwählen können. Dabei haben Studierende an Fernuniversitäten einen besonderen Informationsbedarf über das Internet. Als Dienstleister stellt die Telekom AG den Studierenden mit uni@home deutschlandweit die Möglichkeit zu Verfügung sich zum Ortstarif im Internet einzuwählen. Die Kennwortabfrage erfolgt ähnlich als wenn man sich über Modem oder ISDN direkt im Rechenzentrum der Universität einwählt.
Das System wurde offenbar als werbeträchtig erkannt und auch auf viele andere Universitäten ausgeweitet. Hier profitieren die Studierenden jedoch weitaus weniger, nämlich nur in der Hinsicht, daß insgesamt mehr Einwahlleitungen zur Verfügung stehen (seltener alle Leitungen belegt) und auch am Heimatwohnsitz der Studierenden (z.B. in den Ferien oder am Wochenende) eine Einwahl zum Ortstarif möglich ist. Leider handelt es sich bei uni@home nicht um ein günstigeres Angebot, lediglich die Ortsnetzgrenze ist entfallen.
Die Deutsche Telekom AG benutzt den Begriff uni@home für einen extrem intensiven Werbefeldzug für ISDN-Anschlüsse unter Studierenden. Im Internet, auf Flugblättern und auf Plakaten werden ISDN-Anschlüsse als auch alle möglichen Endgeräte umworben. Dabei ändert sich an den üblichen Preisen für ISDN nur sehr wenig: Lediglich die einmalige Anschlußgebühr

von DM 100,- entfällt.
Sowohl preislich, es existiert eine Gebühr pro Minute, als auch von Seiten der Geschwindigkeit, 64 kbit/s, ist der Vertrag uni@home nicht mit geplanten Wohnheimnetzen zu vergleichen.

5.2 Münster

In Münster wurde ab Dezember 1997 ein Pilotprojekt der Firmen Deutsche Telekom AG und Siemens AG gestartet. Das Ziel war ein groß angelegter Test für das neuartigen xDSL Übertragungsverfahren (Kapitel 3.112). Ein Wohnheim in Münster (ca. 100 Studierende) wurde dazu mit dieser Technologie ausgestattet. Die technische Besonderheit bestand darin, daß die ADSL-Verbindung von jeder Steckdose im Wohnheimzimmer direkt zur Vermittlungstelle der Telekom AG geschaltet wird. Die traditionelle Unterscheidung in LAN- und WAN-Verkabelung ist hierbei aufgehoben. Es wird das Kupferleitungspaar sowohl zur Datenübertragung als auch zur Telefonie genutzt. Die Trennung der Endgeräte erfolgt über den bekannten POTS-Splitter, eine Art steilflankiges Filter. In der Vermittlungstelle wurden die ADSL-Strecke mittels Ethernet zusammengefaßt und über einen Backbone an die Universität angebunden. Teilnehmerseitig wurde den Studierenden ein ADSL-Modem / Router zur Verfügung gestellt, an den der eigene Rechner mittels Netzwerkkarte angeschlossen werden konnte.
In das Projekt, dessen Laufzeit eigentlich 9 Monate betragen sollte, die aber mehrfach verlängert wurde, waren mehrere Diplomarbeiten eingebunden. Auch war das Interesse der Öffentlichkeit (Fernsehen, Zeitungen, Zeitschriften, Messen) sehr groß. Die Firmen Siemens AG und Telekom AG profitierten natürlich davon, die eingesetzte Technologie lief stabil und zuverlässig. Es wurden Versuche durchgeführt Liveübertragungen von Vorlesungen und Praktika über das Rechnernetz zu übertragen. Das Projekt war Anfang 1999 schließlich beendet worden und wird nahtlos in den kommenziellen Dienst "Teleport Studentenwerk" der Telekom AG überführt. Bis das in den nächsten Monaten geschieht bleibt der ADSL-Zugang für das betreffende Wohnheim nach wie vor kostenlos.
Der "Teleport Studentenwerk"-Dienst wird momentan auf ISDN, nicht ADSL, auch in anderen Wohnheimen in Münster installiert. Dazu erhalten in den betreffenden Wohnheimen alle interessierten Studierende einen ISDN-Anschluß zum monatlichen Preis von DM 28,-, der allerdings ein ISDN-fähiges Endgerät (Telefon) voraussetzt, was die meisten Bewohner neu kaufen müssen. Dafür kann zwischen allen Wohnheimen, zur Universität und zum Studentenwerk kostenlos telefoniert werden. Über eine ISDN-PC-Karte oder einen ISDN-Router (64 kbit/s) können sich die Studierenden für zusätzliche monatlich DM 8,- unbegrenzt lange in das Hochschulnetz / Internet einwählen.
Ab dem 1. Quatal 2000 sollen dann gegen monatliche Zahlung von DM 78,- (in denen die Telefongrundgebühr allerdings enthalten ist) diese Anschlüsse auf ADSL mit 1,5 Mbit/s in Richtung Wohnheim umgestellt werden. Dieser Dienst der Telekom AG wird dann "Telearbeitsplatz Student" heißen.

5.3 Hannover

Bereits 1997 wurde in Hannover in Zusammenarbeit mit dem Lehrgebiet Rechnernetze und Verteilte Systeme und dem DFN e.V. ein Pilotprojekt zur Anbindung des studentischen Arbeitsplatzes über das Breitbandkabelnetz ins Leben gerufen. Die Projektdauer war auf 24 Monate festgelegt und dauerte bis April 1999. Eine Anbindung des für den Feldversuch ausgewählten Wohnheimes Jägerstraße und Lodyweg erfolgt über Glasfaser an das Universitätsnetz. Die Nachteile einer Übertragung über das Kabelfernsehenetz wurden in Kapitel 3.113 ausführlich beschrieben. Das kann der Grund sein, warum sich die Netzbetreiber in Hannover dieses Jahr einer anderen Technologie zugewandt haben.
Die Wohnheime Herrenhausen und Dorotheenstraße wurden auf Basis der ADSL-Technologie in Zusammenarbeit mit der Deutschen Telekom AG als Inhaus-Netz gebaut. Die Anbindung der Rechnernetze erfolgt über eine 155 Mbit/s Richtfunkstrecke an das Datennetz der Universität

Hannover. Als Kosten entstehen den Studierenden monatliche Gebühren von DM 30,-. Das Studentenwerk Hannover zeigt sich durch den Einsatz verschiedener neuer Technologien durchaus innovativ. Die hohen monatlichen Kosten hätten jedoch auch ein komplettes Netz erlaubt, das auf Glasfaserkabeln aufbaut. Es stellt sich die Frage, was das Studentenwerk Hannover in wenigen Jahren unternimmt, wenn 8 Mbit/s Übertragungsgeschwindigkeit nicht mehr ausreichen.

5.4 Clausthal

Das Wohnheimnetz Clauthal nimmt in ganz Deutschland eine Vorreiterrolle ein. Bereits 1994 erfolgte dort die Anbindung eines Wohnheimes an das Hochschulnetz, zu einem Zeitpunkt wo andere Hochschulstandorte noch nicht einmal eine Idee dazu entwickelt hatten. Die Entwicklung bliebt jedoch nicht stehen, so sind seit 1998 in Clauthal alle 12 Wohnheime, 10 über Glasfaser, am Hochschulnetz angebunden. 2 Wohnheime benutzen aktuell eine Funkbridge zur Datenübertragung. Innerhalb der Wohnheime erfolgte die Verkabelung mit Ethernet 10Base2 oder 10BaseT, abhängig davon zu welcher Zeit das Netz errichtet wurde. Ausgehend von den Betrachtungen der Diplomarbeit von Hans-Ulrich Kiel enstand ein Netz, das konsequent auf dem Ethernet-Standard aufbaut. Die 10BaseT verkabelten Häuser können dabei in Zukunft die Geschwindigkeit auf bis zu 1 Gbit/s steigern, lediglich bei den wenigen 10Base2 Netzen wird man in absehbarer Zeit wohl über Alternativen nachdenken; dabei muß erwähnt werden, daß diese auch schon bis zu 6 Jahre in Betrieb sind.

6. Vorschlag für ein Osnabrücker Studentennetz

An dieser Stelle erfolgt nun die Planung eines Wohnheimnetzes aufgrund der Vorgaben vom Studentenwerk Osnabrück, des Rechenzentrums der Universität Osnabrück und aller bisher durchgeführten Betrachtungen zur Inhausverkabelung und zur externen Anbindung der Netze. In dieses Netz werden die Wohnheime Sedanstraße und Caprivistraße integriert, damit eine homogene Struktur entsteht.

6.1 Sternzusammenschaltung

Angestrebt werden sollte eine sternförmige Vernetzung aller Wohnheime mit studentischer Verwaltung des Sternkopfes. Aufgrund der bisherigen Netztopologie und der Anordnung der Wohnheime im Stadtgebiet ist das jedoch kaum möglich. In Anlehnung an das Netz der Universität ist es deshalb auch für ein Wohnheimnetz sinnvoll mit 2 Sternköpfen (Westerberg und Innenstadt) zu arbeiten, die über Gigabit-Ethernet verbunden sind (Backbone). Der Gateway zum Hochschulnetz (B-WiN / Internet) kann dabei als einfaches Patch-Kabel am Westerberg den Sternkopf des Hochschulnetzes (3com Corebuilder 9000) mit dem einen Sternkopf des Wohnheimnetzes verbinden. Die Administration des Gateways kann so weiterhin im Corebuilder 9000 durch das Rechenzentrum erfolgen, während die Sternköpfe des Wohnheimnetzes von Studierenden des Wohnheimnetzes betreut werden, was das Studium des Netzbetriebes fördert. Mit dieser Planung sind im Studentennetz hohe Datenraten übertragbar, ohne das Hochschulnetz zu belasten, was bei vielen kleinen Einzelzugängen der Wohnheime zum Hochschulnetz der Fall wäre. Nicht zuletzt entsteht dadurch eine überschaubare Netzstruktur, die eine Fehlersuche vereinfacht und die Zuständigkeitsbereiche aller Beteiligten klar trennt.
Leider ist es nach Aussagen und aus Sicht des Leiters des Rechenzentrums der Universität günstiger alle Wohnheime einzeln an das Hochschulnetz anzubinden. Der Anschluß würde dann jeweils an einen der 3 Sternköpfe des Hochschulnetzes (3com Corebuilder) erfolgen. Dabei handelt es sich um Layer 3/4 Switches, die modulare Slot-Einschübe anbieten, die entweder mit vielfach 10/100 FD Ethernet Modulen (z.B. für den Betrieb eines preisgünstigen Medienwandlers auf LWL), mit direkten 100 Mbit/s LWL Modulen (eher teuer), mit Gigabit Ethernet LWL Modulen oder einigen anderen Modulen bestückt werden können. Die 3 Sternköpfe haben ihren Standort

am Westerberg, am Heger-Tor-Wall und im Schloß. Sie sind durch Fast-Ethernet bzw. Gigabit-Ethernet miteinander verbunden. Für die Realisierung des Wohnheimprojektes ist diese Lösung insgesamt wesentlich preisgünstiger, weil eigene Sternköpfe nicht finanziert werden müssen.

6.2 Hardware und Leitungen

Aus preislichen Gründen sollte auf die Anbindung der einzelnen Wohnheime über Gigabit-Ethernet verzichtet werden. Wenn möglich sollte ein LWL-Singlemode-Link mit 100 Mbit/s Ethernet bevorzugt werden (deutschlandweit z.Zt. üblich), alternativ ist bei kleinen Wohnheimen (Wohnheimgruppen) mit bis zu ca. 100 Zimmern eine xDSL-Strecke über ein Kupferpaar oder eine entsprechende Mietleitung möglich. Sind keine Leitungskapazitäten zu einem vernünftigen Preis verfügbar, sollte bei großen Wohnheimen über einen 100 Mbit/s Laser-Link nachgedacht werden und bei kleinen Wohnheimen über eine 11 Mbit/s Funk-Bridge. Insgesamt gibt es meist mehrere Möglichkeiten ein Wohnheim im Stadtgebiet anzubinden. Normalerweise entscheidet dabei der Preis, welche Lösung dann bei der Realisierung gewählt wird. Zwischen Mietkosten und einmaligen Investitionskosten kann mit einer Betriebsdauer von 5 bis 10 Jahren, je nach Art der Strecke, umgerechnet werden. Im einzelnen ergeben sich für die Wohnheime dann folgende Backbonemöglichkeiten:

- Blumenmorgen
  - LWL zusammen mit der Fachhochschule zum Westerberg durch Rohrtrassen der Stadtverwaltung neu verlegen lassen (4,3km Leitung - 3,7km Leerrohrverlegung - 600m Gehwegverlegung - 4xHausanschluß - 1xStraßenquerung - 2xMuffe - 2xMedienkonverter)
  - LWL-Strecke als Mietleitung (Dark Fiber) zum Westerberg
  - Laserlinkstrecke vom Westerberg (AVZ) nach Haste (Fachhochschule), evt. auch als Kooperation mit der Fachhochschule
- Rostocker Straße
  - LWL zum Wohnheim Blumenmorgen teilweise durch Rohrtrassen der Stadtverwaltung neu verlegen lassen (1,3km Leitung - 750m Leerrohrv. - 350m Gehwegv. - 1xHausanschluß - 2xMedienkonverter)
  - Funkbridge mit Richtantennen zum Wohnheim Blumenmorgen
- Salzmarkt
  - LWL zur Kreuzung Johannistorwall-Kommenderiestraße durch Rohrtrassen der Stadtverwaltung neu verlegen lassen (400m Leitung - 400m Leerrohrv. - 1xHaussanschluß - 1xMuffe - 2xMedienkonverter)
  - LWL-Strecke als Mietleitung (Dark Fiber) zum Heger-Tor-Wall Gebäude
- Jahnplatz / Jahnstraße: Wohnheime müßten untereinander und zum Sportzentrum der Universität über LWL verbunden werden.
  - LWL zusammen mit der Universität zum Heger-Tor-Wall Gebäude teilweise durch Rohrtrassen der Stadtverwaltung neu verlegen lassen (850m Leitung - 600m Leerrohrv. - 250m Gehwegv. - 3xHausanschluß - 3xStraßenquerung - 4xMedienkonverter)
  - LWL-Strecke als Mietleitung (Dark Fiber) zum Heger-Tor-Wall Gebäude
  - Laserlinkstrecke vom Westerberg (Caprivikaserne) zum Wohnheim Jahnstraße, evt. auch als Kooperation mit der Universität
- Natruper Straße
  - LWL zur Kreuzung-Springmannskamp-PagenstecherStraße durch Rohrtrassen der Stadtverwaltung neu verlegen lassen (500m Leitung - 500m Leerrohrv. - 1xHausanschluß - 1xMuffe - 2xMedienkonverter)
  - LWL- oder xDSL-Strecke als Mietleitung zum Westerberg
  - Funkbridge mit Richtantennen zum Wohnheim Sedanstraße oder Universität (AVZ)

- Wörthstraße / Leggeweg: Wohnheime müßten untereinander über LWL verbunden werden.
    - LWL zur Kreuzung-Johannistorwall-PetersburgerWall-IburgerStraße teilweise durch Rohrtrassen der Stadtverwaltung neu verlegen lassen (600m Leitung - 450m Leerrohrv. - 150m Gehwegv. 3xHausanschluß - 1xMuffe - 1xStraßenquerung - 4xMedienkonverter)
    - LWL- oder xDSL-Strecke als Mietleitung zum Heger-Tor-Wall Gebäude
- Lüstringer Straße / Klushügel: Wohnheime müßten untereinander über Funk-Bridge oder LWL verbunden werden.
    - LWL zum Wohnheim Salzmarkt teilweise durch Rohrtrassen der Stadtverwaltung neu verlegen lassen (2450m Leitung - 2200m Leerrohrv. - 250m Gehwegv. - 2xHausanschluß - 2xMuffe - 2xStraßenquerung - 4xMedienkonverter)
    - LWL-Strecke als Mietleitung (Dark Fiber) zum Heger-Tor-Wall Gebäude
    - Funkbridge mit Richtantennen zum Wohnheim Salzmarkt
- Kommenderiestraße / Wiesenstraße: Wohnheime müßten untereinander über LWL verbunden werden.
    - LWL zum Heger-Tor-Wall Gebäude teilweise durch Rohrtrassen der Stadtverwaltung neu verlegen lassen (1,3km Leitung - 1000m Leerrohrv. - 300m Gehwegv. - 3xHausanschluß - 1xMuffe - 4xMedienkonverter)
    - LWL- oder xDSL-Strecke als Mietleitung zum Heger-Tor-Wall Gebäude
    - Funkbridge mit Richtantennen zum Heger-Tor-Wall Gebäude der Universität oder zum Schloßgebäude.
- Dodesheide
    - LWL zur Kreuzung-Bramstraße-OstringerWeg-Haneschstraße teilweise durch Rohrtrassen der Stadtverwaltung neu verlegen lassen (2,1km Leitung - 1350m Leerrohrv. - 750m Gehwegv. - 1xHausanschluß - 2xStraßenquerung - 2xMuffe - 2xMedienkonverter)
    - Laser-Link zum Schornstein einer Papierfirma im Osnabrücker Hafen. Vielleicht läßt sich das Unternehmen zur kostenlosen Nutzung des Standortes aufgrund von Sponsoring bewegen, ansonsten fallen dort Nutzungsgebühren an. Insgesamt kann diese Lösung nur realisiert werden, wenn der Fachhochschulstandort Haste über LWL-Kabel angebunden wird, das durch den Hafen läuft.

Entsprechend den Subnetzen des folgenden Kapitel 6.3 werden die zusammengefaßten Wohnheime entweder auf MAC-Ebene mit Layer2-Switching verbunden oder direkt an einen der Sternköpfe (Westerberg oder Heger-Tor Wall) angebunden, was dann ein Layer3-Switching (Routing) bedeutet. Als Layer2-Switches werden die HP Switches Procurve 1600M und 4000M favourisiert, weil in diesen bereits ansatzweise der zukünftige IEEE 802.1x Standard implementiert ist. Funktionen erlauben es pro Port genau eine MAC-Adresse zuzulassen, die automatisch "gefangen" wird und auch nur durch Freigabe durch den Administrator geändert werden kann. Desweiteren bieten die Switches eine hohe Portdichte bei sehr niedrigen Kosten und ein umfangreiches Managementsystem über WWW, was die Administration wesentlich vereinfachen wird. Der Procurve 4000M Switch ist modular und bietet maximal 80 Stück 10/100 FD Ethernet Ports. Alle anderen technischen Daten sind als 'durchschnittlich' zu bewerten, insgesamt machen die Geräte einen soliden Eindruck und unterstützen IEEE 802.1p/Q. Auch eine unbegrenzte Garantie und ein 24 Stunden Austauschservice geben eine gewisse Sicherheit.

6.3 IP-Verteilung und Subnetz-Aufteilung

Die Subnetz-Aufteilung spielt für den Netzbetrieb eine wesentliche Rolle. Bei zu großen Subnetzen verhindert die Menge an Broadcasts (Kapitel 3.134) irgendwann ein vernünftiges Arbeiten. Für die Layer3-Switch Standorte Westerberg, Heger-Tor-Wall und Schloß ergeben sich folgende vernünftige Aufteilungen:

Sternkopf	Wohnheime	Anschlüsse	IP-Adressen
Westerberg	Sedanstraße	202	131.173.58.1 - 131.173.58.207
Westerberg	Caprivistraße	48	
Westerberg	Dodesheide	212	
Westerberg	Blumenmorgen & Rostocker Straße	109	
Westerberg	Natruper Straße	52	
Heger-Tor-Wall	Jahnstraße	104	
Heger-Tor-Wall	Jahnplatz	257	
Heger-Tor-Wall	Wörthstraße & Leggeweg	143	
Heger-Tor-Wall	Klushügel & Lüstringer Straße	99	
Heger-Tor-Wall	Salzmarkt	104	
Heger-Tor-Wall	Wiesenstraße & Kommenderiestraße	62	

Abb. 36: Subnetz und IP-Verteilung

Neben dem fast vollständig belegten Class-C IP-Nummernblock des Studentenwohnheims Sedanstraße werden weitere 5 Class-C Nummernblöcke benötigt. Diese werden durch das Rechnerzentrum aus dem eigenen Class-B Block zur Verfügung gestellt.

6.4 Serverdienste

Neben dem direkten Netzzugriff auf das Hochschulnetz und das Internet werden in Studentenwohnheimen üblicherweise gewisse TCP/IP Serverdienste angeboten. Dazu gehört in erster Linie ein Mail-Server, der den Studierenden im Wohnheim die Möglichkeit bietet über SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) Mails zu versenden, eine Mailadresse zu erhalten und über das POP3-Protokoll Mails abzurufen. Desweiteren können die Studierenden meist den vorhandenen Server über das TELNET-Protokoll als ferngesteuerten Unix-Rechner nutzen. Üblicherweise betreiben die Wohnheimnetze oder einzelne Wohnheime einen HTTP-Server (Hypertext Transfer Protocol-Server) zur externen und internen Information. Dort besteht die Möglichkeit Daten über das Wohnheim und das Netzwerk abzulegen, persönliche Homepages zu veröffentlichen, Chat-Systeme zu installieren, freie Zimmer oder Zimmergesuche bekannt zu machen und vieles mehr. Eng damit verknüft ist auch ein öffentlicher FTP-Server (File Transfer Protocol), der die wichtigste kostenlose Software und viele umfangreiche Informationen zum Download auf den studentischen Rechner bereithält. Durch den Betrieb eines gut sortierten FTP-Servers läßt es sich vermeiden, daß von mehreren Studierenden die gleiche Software von weit entfernten Servern im Internet übertragen wird. Diese kann dann besser auf dem FTP-Server abgelegt werden und ist lokal verfügbar.
Neben den TCP/IP Diensten werden oft noch ergänzend NETBIOS-Dienste angeboten. Dieses Protokoll, das üblicherweise auf TCP/IP aufsetzt, wurde im Rahmen der Microsoft Produkte entwickelt. Es ermöglicht die Nutzung von Ressourcen (Drucker, Festplatten) auf fremden Rechnern über das Netzwerk, sofern sie freigegeben wurden. Weil NETBIOS bei Microsoft-Windows direkt im Betriebssystem verankert ist, lassen sich damit sehr komfortabel Dateien bearbeiten und verwalten. Über ein Broadcast-System wird dafür eine Browser-Liste (Microsoft-Netzwerkumgebung) erstellt, um auch anzuzeigen welche Ressourcen freigegeben sind. Dieses funktioniert innerhalb des Wohnheimes auch sehr gut, weil Layer2-Switches die Broadcasts nicht behindern und sich immer automatisch ein Rechner als Master-Browser findet. Soll ein NETBIOS-Betrieb von einem Wohnheim zum anderen Wohnheim, die über Layer3-Swiches verbunden sind, erfolgen, muß in jedem Layer2-geswitchten Wohnheim ein

Server die Master-Browser Funktion fest übernehmen. Dieser Server antwortet auf alle Broadcast-Anfragen im Netz und verwaltet die Browser-Liste für das eigene Wohnheim. Soll die NETBIOS Kommunikation mit Hilfe der Browser-Liste auch zu einem anderen Wohnheim möglich sein, muß in dem ganzen Wohnheim-Netz ein Domain-Master-Browser vorhanden sein. Der Domain-Master-Browser muß dem Master-Browser von jedem Wohnheim bekannt gemacht werden. Über TCP/IP tauschen diese dann im 15min. Abstand die Browser-Liste aus und ergänzen die eigene jeweils. Es stellt sich die Frage, ob NETBIOS-Dienste zwischen den Wohnheimen erforderlich sind. Während anfangs in den bisherigen Wohnheimen Winpopup und Dateitransfer vielfältig genutzt wurden, ist augenblicklich ein Trend zu alternativen Systemen (ICQ und FTP), die rein auf IP basieren, abzusehen. Das hängt mit Sicherheit damit zusammen, daß NETBIOS Dienste recht anfällig auf nur temporär verfügbare Rechner und heterogene Netze (verschiedene Betriebssysteme) reagieren. Seltsame Fehlermeldungen und Rechnerabstürze sind dann die Folge. Außerdem erleichtert ein Verzicht auf NETBIOS die Netz- und Serveradministration nicht unwesentlich. Weniger Broadcasts, die von NETBIOS in Massen erzeugt werden, stellen auch eine höhere Netzperformance zur Verfügung. Ein gern genutztes Feature von NETBIOS ist die Netzwerkumgebung (Browser-Liste), die gerne dazu benutzt wird, zu sehen, wer momentan im LAN online ist. Eine solche Liste in zuverlässigerer Ausführung ließe sich aber auch alternativ auf der zentralen Web-Seite realisieren, indem dort ein CGI-Skript implementiert wird, was bei einem Aufruf einen IP-Ping auf alle Rechner auslöst und alle antwortenden Rechner darstellt. In einigen Wohnheimnetzen in Deutschland ist sowas schon in Betrieb. Dies alles führt zu dem Fazit, daß NETBIOS Dienste innerhalb des Wohnheimes zwar geduldet werden sollten, eine weitere Kommunikation oder gar ein Support nicht erforderlich ist. Wird die Existenz dieser Dienste auf der Installationsanleitung für Rechner im Netz gar nicht erwähnt, kann davon ausgegangen werden, daß nur noch sehr wenige Benutzer die Dienste installieren werden.

Für Unix wird seit ca. 3 Jahren ein Modul mit dem Namen 'Samba' entwickelt, was in der Lage ist auch NETBIOS Dienste abzuwickeln und zu verwalten. Damit ist es möglich mit z.B. Linux, dem unter Studierenden verbreitesten Serverbetriebssystem, einen Master-Browser oder einen Domain-Master-Browser zu realisieren, wenn der NETBIOS-Dienst von Wohnheim zu Wohnheim eingerichtet werden soll.

Insgesamt stellt Linux als Serverbetriebssystem für Studentenwohnheime eine vernünftige Lösung dar. Es ist kostenlos, professionell und ermöglicht bei der Administration eines Servers einen pädagogischen Effekt: Das Unix-Wissen läßt sich im späteren Beruf vielfältig nutzen. Auch verwendet Linux günstige Standard-PCs und verzichtet auf teure Spezialmaschinen der Firmen Sun, HP und IBM. Wichtig ist, daß sich immer zwei oder drei Studierende mit dem / den Server(n) beschäftigen, um bei Krankheit, Urlaub oder plötzlichem Auszug eine Vertretung bzw. neue Einarbeitung zu gewährleisten. Zu viele Administratoren hingegen erfordern eine strikte Arbeitsteilung, damit miteinander und nicht gegeneinander gearbeitet wird.

In den 1,5 Jahren Serverbetrieb in der Sedanstraße haben sich verschiedene Punkte herauskristallisiert, was einen betriebssicheren Server in Studentenwohnheimen ausmacht:

- Server-Gehäuse, vorzugsweise für 19" Einbau mit redundantem Netzteil
- Anschluß des Servers (und anderer aktiven Netzkomponenten) über eine eigenen Sicherung und einen eigenen FI-Schutzschalter
- USV (Unterbrechungsfreie Stromversorgung) incl. Überspannungsfilter
- Festplatten SCSI-Bussystem mit RAID-Controller
- Mainboard von einem namenhaften Hersteller (Gigabyte, Asus)
- Netzwerkkarte für hohen Datendurchsatz (3com, SMC)

Das Netzteil ist aufgrund der geschalteten Energieelektronik immer noch ein anfälliges Bauteil im Rechner und sollte deshalb doppelt vorhanden sein. Die USV ermöglicht ein gezieltes "Herunterfahren" des Betriebssystemes bei einem Stromausfall, defekte Dateien können so vermieden werden. Eine eigene Sicherung und FI-Schutzschalter verhindert die Stromabschaltung durch andere Verursacher. Ein Überspannungsfilter schützt vor

Überspannungen bei Gewittern. Bei Verwendung eines SCSI-RAID-Controllers mit 2 Festplatten (RAID Level 1) entfällt das mühsame Anfertigen eines Backups auf Streamer, DAT oder CD. Die Daten werden gespiegelt, wenn eine Platte ausfällt arbeitet die andere einfach weiter. Nach dem Austausch der defekten Festplatte wird die Redundanz wieder hergestellt.
Offen bleibt die Frage wie viele Server man in dem gesamten Netz mit 11 Subnetzen einsetzen soll. 2 wesentliche Möglichkeiten mit allen Vor- und Nachteilen bieten sich an:

- 11 einfache Server, je einer pro Level-2 geswitchtem Subnetz
  - Vorteile
    - Master-Browser für NETBIOS vorhanden
    - Traffic durch Mailabfrage, TELNET und ftp bleibt im Subnetz
    - DNS-Proxy möglich
    - keine großen Probleme bei Ausfall von nur einem Server
  - Nachteile
    - hoher Preis durch viele, wenn auch günstige, Server
    - hoher Stromverbrauch
    - mehr Hardware führt zu mehr Ausfällen und höheren Folgekosten
    - Mail und WWW für alle Netznutzer ist kaum unter einem einheitlichen Domain-Namen möglich
- 1 Server für alle Wohnheime
  - Vorteile
    - realtiv günstig (ca. halber Preis, im Vergleich zu Lösung 1)
    - geringerer Betreuungsaufwand, weil nur 1 System
    - einheitlicher Domainname für alle Wohnheime (Mail, WWW) möglich
  - Nachteile:
    - keine Master-Browser in den Subnetzen
    - Traffic durch Mailabfrage, TELNET und ftp belastet den Layer3 Backbone
    - größere Probleme bei Ausfall und Wartungsarbeiten am Server

Aufgrund des vorgesehenen Verzichtes auf NETBIOS Dienste wird an dieses Stelle die günstigere Lösung mit einem Server favourisiert. Der Traffic über den Backbone zum Server (Mail, DNS, FTP, TELNET) fällt bei einer schnellen Anbindung der Wohnheime nicht besonders ins Gewicht. Desweiteren gibt es momentan Bestrebungen des Rechenzentrums der Universität den Mailverkehr zu zentralisieren. Dem würde die Lösung mit einem Server entsprechen.

6.5 Betreiberverein

Die Idee des Betreibervereins wurde beim Bau des Netzes im Wohnheim Sedanstraße entwickelt und durch die Arbeit des Betreibervereins in Lübeck verfeinert. Der Zweck des Vereins ist dabei die Förderung von Bildung, Wissenschaft sowie internationaler und fachbereichsübergreifender studentischer Kontakte durch den Aufbau und den Betrieb derartiger Netzwerke in Studentenwohnanlagen. Die Gemeinnützigkeit begründet sich durch den Vereinszweck. In den 2 Jahren, die der Verein besteht, hat sich das Konzept bewährt. Der Verein trägt sich finanziell selber, Entscheidungen können gefaßt werden, ein juristischer Ansprechpartner für das Netz ist vorhanden. Die Zusammenarbeit mit dem Studentenwerk und dem Rechenzentrum der Universität ist vorbildlich. Eine Nachwuchsförderung bei Studienanfängern wird durchgeführt, so daß jederzeit Vereins-, Vorstandsmitglieder und Netzwerkadministratoren verfügbar sind.
Die Satzung des SedaNet e.V. wurde so gestaltet, daß es möglich ist weitere Studentenwohnanlagen in Osnabrück zu betreuen. Eine Alternative wäre die Gründung weiterer Vereine für andere Wohnheime. Diese Lösung schafft jedoch einige Schwierigkeiten: In erster Linie sind das der hohe Aufwand und die lange Dauer einer Vereinsgründung. An zweiter Stelle lassen sich unter allen Wohnheimen zusammen einfacher Vereins- und Vorstandmitglieder finden als in jedem Wohnheim einzeln.

Es wäre jedoch sicherzustellen, daß nicht der ganze Vorstand und alle Administratoren bei einer juristischen Betreuung mehrerer Wohnheime weiterhin aus der Sedanstraße kommen. Vielmehr müssen dann neue Vorstandswahlen unter Einbeziehung aller neuen Mitglieder veranstaltet werden. Außerdem sollten alle betreuten Wohnheime ihre eigenen Administratoren für Hard- und Software stellen.
Der jetzige Verein kann dem Studentenwerk bei dem Netzaufbau beratend zu Seite stehen. Eine Übernahme von Arbeiten wäre jedoch nur durch finanzielle Erstattung möglich, weil die Administratoren der Sedanstraße bereits vollständig ausgelastet sind. Wenn der SedaNet e.V. die Betreuung weiterer Wohnheime übernehmen sollte, wäre es erforderlich, daß dem Verein seitens des Studentenwerkes ein besserer Server- und Verwaltungsraum incl. Büroeinrichtung in einem Gebäude (Wohnheim) des Studentenwerkes zur Verfügung gestellt wird. Dort könnte man dann in brauchbaren Räumlichkeiten zu festen Zeiten alle Anträge, Fragen und Nutzerprobleme bearbeiten. Auch kleine Schulungen wären möglich.
Es hat sich gezeigt, daß die Verwaltung (Antrag Netzanschluß, Auszug, Änderung MAC-Adresse, usw.), die Serveradministration (Sicherheitslücken erkennen und beseitigen, Software-Updates, Verbesserungen einbauen) und manchmal auch die Hilfe bei der Installation der studentischen Rechner (IRQ-Probleme, Windows-Konflikte) sehr viel Zeit bei den ehrenamtlichen Administratoren in Anspruch nehmen. Aus diesem Grund gibt es Überlegungen manche Jobs zu bezahlen. Bei einer Anzahl von fast 1500 zu verwaltenden Rechneranschlüssen wäre dies finanziell als auch juristisch (Satzung) möglich. Das Vorgehen bleibt jedoch dem Betreiberverein vorbehalten, der die finanziellen Mittel durch einmalige Anschlußgebühren zur Verfügung stellen könnte.

7. Zukunftsaussichten: was wird in 10 Jahren sein ?

Prognosen in diese Richtung sind immer schwer anzustellen. Die Entwicklungen auf dem Telekommunikatinsmarkt und das Internet sind sehr schnellebig. Trotzdem lassen sich einige Ansätze erkennen auf die man jetzt schon vorausschauend reagieren kann. Dazu gehört mit Sicherheit die Tatsache der Geschwindigkeitssteigerung auf Leitungen, die auf Dauer nur mit Glasfaserkabel zu bewältigen ist.

7.1 Vorlesungen über das Internet / Multimedia

Dieses vielfach angeführte Argument macht momentan nur an Fernuniversitäten Sinn. Normale Studierende nutzen derzeit kaum solche Angebote, wenn sie denn überhaut verfügbar sind. Z.B. funktionieren über 50% der Demonstrationsvorlesungen auf der Internetseite von uni@home nicht. Jetzt und in den nächsten Jahren wird es offenbar noch eine Zukunftsvision oder zumindest ein Forschungsprojekt sein und bleiben, auch weil die Leitungs- und Serverkapazitäten für Videoübertragungen einfach noch nicht vorhanden sind. Außerdem kann eine Videoübertragung kaum in der Weise den Lehrstoff vermitteln wie eine echte Vorlesung, das ist aber insbesondere von dem jeweiligen Studierenden abhängig.
Gerade in Osnabrück, der Studienstandort der hier behandelt wird, hat bisher noch kein Dozent ernthaftes Interesse an derartigen Projekten geäußert. Während Videoübertragungen im medizinischen Bereich eher Sinn machen, weil dort nicht jederzeit reproduzierbare Bilder (z.B. von Operationen) zugänglich gemacht werden können, gibt es in Osnabrück kaum ein Studienfach mit einem derartigen Interesse.

7.2 Zwei LWL-Fasern für alles

Die Idee ist recht einfach: Eigentlich müßte es möglich sein über 2 Lichtwellenleiter-Fasern sowohl Telefon, schnelle Rechnerdaten als auch Kabelfernsehen zu übertragen. Während sowohl Entwicklungen gemacht wurden Telefon in das Rechnernetzwerk zu integrieren (IP oder ATM Telefonie, Kapitel 4.222) als auch das Telefonnetz für schnelle Datenübertragung zu nutzen

(SDH, Kapitel 4.13), ist eine Integration von Kabelfernsehen noch eher schwierig.
Welches Verfahren sich für die Kombination aus Telefonie und Datennetz letztendlich durchsetzen wird, ist augenblicklich von ausführlichen Praxistests und Marketingstrategien abhängig. Es ist jedoch nicht damit zu rechnen, daß sich ein Verfahren zügig durchsetzt. Dafür ist der Bedarf an einer Dienstkombination momentan zu gering. Das Verlegen eines separaten Telefonnetzes stellt keinen wesentlichen Aufwand dar, drahtlose Telefonie hat den Aufwand nochmal wesentlich verringert.
Die aktuelle Möglichkeit Kabelfernsehen über LWL zu übertragen läßt sich aufgrund der Modulation des Kabelfernsehbandes in die Frequenzlage nicht, oder nur mit großem Aufwand, mit Datendiensten auf einer Leitung kombinieren. Mit der Umstellung auf digitales Fernsehen (DVB) wäre eine Kombination wesentlich einfacher möglich. Die Daten würden dann vor der Modulation in den Fernsehkanal, noch als reines Datensignal, durch die LWL-Faser übertragen. Die für Fernsehen erforderliche Geschwindigkeit ist jedoch enorm (ca. 5 Mbit/s für ein Fernsehprogramm). Aus diesem Grund ist für eine Kombination aller Dienste mindestens Gigabit-Ethernet oder ein vergleichbar schnelles synchrones Verfahren erforderlich. Die nötigen End- oder Adaptergeräte für einen solchen Zweck müssen aber erst noch entwickelt werden und sich auch preislich am Markt durchsetzen. Das kann noch viele Jahre dauern, solange wird es für die 3 Dienste vermutlich getrennte Leitungswege geben.

8. Wirtschaftliche Betrachtung

Für das Studentenwerk Osnabrück als erster Geldgeber steht die Finanzierbarkeit aller Projekte im Vordergrund. Das nun folgende Kapitel beschäftigt sich mit diesen Betrachtungen. So weit wie möglich wurden für alle Produkte und Dienstleitungen, die benötigt werden, Angebote eingeholt bzw. realistische Listenpreise verwendet. Teilweise war dies aber zu aufwendig und der Preis kann hinreichend genau abgeschätzt werden. Als Nutzungdauer wird immer 5 Jahre angenommen, obwohl die Systeme wahrscheinlich sehr viel länger nutzbar sind. Oft ist nach diesem Zeitraum aber die Technologie so weit fortgeschritten, daß zumindest umfangreiche Erweiterungen nötig sind. Alle angegebenen Preise enthalten keine Mehrwertsteuer.

8.1 Ab wann lohnt sich eine Satellitenempfangsanlage statt Kabelfernsehen ?

Bei den Lösungen für Satellitenempfang über eine Umsetzeranlage (privates Kabelfernsehen) handelt es sich um eine Alternativlösung zum öffentlichen Kabelfernsehen (Kabelcom Osnabrück). Wohnheime, die an die private Anlage angeschaltet werden, brauchen dann keine Gebühren mehr an die Kabelcom bezahlen. Dieses Geld kann zur Finanzierung des privaten Kabelfersehens verwendet werden. In Kapitel 3.332 wurde eine sehr umfangreiche Kopfstelle projektiert wie sie zur Versorgung von mehreren Wohnheimen geeignet ist. Folgende Kosten fallen für diese Kopfstelle, den Betrieb und die Übertragung über Lichtwellenleiter in mehrere Wohnheime im Stadtgebiet an:

Kopfstellenkomponenten nach Kapitel 3.332	DM 50.000,-
fachgerechte Montage der Anlage	DM 5.000,-
Wartung der Anlage für 5 Jahre	DM 2.500,-
Erweiterung der Anlage für DVB (15 Pakete) in 2 Jahren	DM 28.350,-
Ersatzteile und Reparaturen bei defekten Komponenten	DM 4.000,-
Optischer Sender	DM 18.318,-
optische Splitter zur Signalaufteilung (10 Stück)	DM 3.000,-
optische Empfänger für 10 Wohnheime	DM 13.500,-
Unvorhergesehenes	DM 5.000,-
Gesamtkosten für 5 Jahre	DM 129.668,-

Abb. 39: Gesamtkosten eines privaten Kabelfernsehsystemes in 10 Wohnheimen

Üblicherweise bezahlen Studierende pro Wohnheimzimmer in einem langjährigen Vertrag ca. DM 5,- pro Monat. Der Betrag wird meistens mit der Miete eingezogen. Dividiert man die Gesamtkosten durch DM 5,-, durch 5 Jahre und durch 12 Monate, stellt man fest, daß 432 Studierende an die Anlage angeschlossen werden müssen, die vorher öffentliches Kabelfernsehen bezogen hatten, damit kein Verlust entsteht.
Die in der Tabellen erwähnten 10 Wohnheime wären Sedanstraße, Natruper Straße, Blumenmorgen, Jahnstraße, Jahnplatz, Wörthstraße, Leggeweg, Salzmarkt, Wiesenstraße und Kommenderiestraße. Die Studierenden in den ersten beiden Wohnheimen bezahlen augenblicklich aber keine Kabelfernsehgebühr, so daß sich auch keine Einsparung ergibt, diese ist damit nur mit 727 Plätzen in den letzten 8 Wohnheimen möglich. Aber auch damit ergibt sich, verglichen mit 432 benötigten Plätzen, ein deutlicher Sicherheitsüberhang in der Finanzierung.
In der Gegenrechnung dividiert man die Gesamtkosten durch 727 Plätze und DM 5,-. Es ergeben sich 35 Monate, also 2 Jahre und 11 Monate, ein Zeitraum nachdem die Umsetzer- und Verteilanlage gewinnbringend arbeiten würde.
Prinzipiell wäre es auch möglich kleinere, einfachere Umsetzeranlagen für z.B. nur ein Wohnheim zu installieren. Bei der Projektierung wurde dies erwähnt. Im Wohnheim Sedanstraße versorgt z.B. eine sehr kleine Anlage das Wohnheim mit Fernseh- und Radioprogrammen. Je nach Anlage sind 150 bis 250 Teilnehmer erfoderlich, um in 5 Jahren eine gewinnbringende Funktion zu erreichen.
Die oben betrachtete Lösung erreicht allerdings eine höhere Sicherheit, weil die Technologie unanfälliger ist und bei den Gesamtkosten ein Überhang von ca. 85% verfügbar ist. Dieser könnte dazu gebraucht werden, um die Anlage zu erweitern, wenn sich die neuen Übertragungsverfahren DVB und DAB unerwartet schnell durchsetzen sollten. Auch könnten noch spezielle Fernsehkanäle (für ausländische Gaststudierende oder Lerngruppen) zusätzlich eingespeist werden.

8.2 Was kostet ein Osnabrücker Studentennetz und wer bezahlt ?

Bei der Finanzierung eines Osnabrücker Studentennetzes (Rechnernetz) können verschiedene Ansätze verfolgt werden. Im Endeffekt wird es auf eine Mischfinanzierung aus vielen Modellen hinauslaufen. Es ist dabei sehr sinnvoll, daß die Koordinierung der Finanzierung das Studentenwerk übernimmt, weil studentische Initiativen immer einer hohen Fluktuation unterworfen sind und damit eine Finanzierung nicht immer gesichert ist. Von utopischen Ideen, wie ein ganzes Netz durch Zuschüsse oder Sponsoren finanzieren zu lassen, sollte lieber generell abgesehen werden, weil die Erfahrung zeigt (Sedanstraße), daß man sich damit nur viel Arbeit und Probleme einhandelt. Vielmehr sollte wirklich der Großteil der Kosten von denen getragen werden, die nachher den Nutzen haben: Das sind in erster Linie die Studierenden, aber auch das Studentenwerk (bessere Vermietungsmöglichkeiten und Wertsteigerung), die Universität und die Fachhochschule (Entlastung eigener EDV-Pools).

8.21 Wieviel kann / muß ein Student beisteuern ?

Das ist eine Frage, die sehr schwer zu beantworten ist. Studierende verfügen über sehr unterschiedliche finanzielle Mittel. Dadurch entsteht natürlich eine soziale Ungerechtigkeit, je höher die Geldbeträge angesetzt werden, um ein Studentennetz zu finanzieren.
Es kann aber grundsätzlich davon ausgegangen werden, daß jeder Studierender während des Studiums früher oder später auf das Hochschulnetz / Internet zugreifen muß. Natürlich kann das grundsätzlich auch im EDV-Pool stattfinden, würden alle Studierenden diesen Service in Anspruch nehmen, wären die Pools aber nochmal doppelt so voll (Wartezeiten) wie das jetzt schon der Fall ist.
Besser zu vergleichen ist die Einwahl an der Universität per Modem. Dafür ist in erster Linie ein Modem erforderlich, das ca. DM 100,- kostet. Desweiteren fallen Telefongebühren an, die in der

monatlichen Summe natürlich stark schwanken. Durchschnittliche Erfahrungswerte liegen zwischen DM 10,- und DM 40,-. Auch hat ein Studierender durch ein festes Studentennetz einen Kommunikationsvorteil, der sich meist in einer geringeren Telefonrechnung äußert; viele Gespräche lassen sich nämlich durch das Versenden von E-Mails einsparen.
Die einmaligen Kosten (Vergleich Modem) fallen bei einem Anschluß in einem Studentennetz auch an (Netzwerkkarte, Verwaltungsgebühr [Betreiberverein: auch Wartungskosten], Anschlußkabel). Die monatlichen Kosten können zwischen DM 5,- und DM 20,- angesiedelt werden (ohne Telefon und Kabelfernsehen !), weil die Geschwindigkeit im Vergleich zum Modem deutlich höher ist, die angebotenen Dienste vielseitiger sind und der Beitrag nicht abhängig von von der Zeit der Inanspruchnahme ist.
In Kapitel 5. wurden Vergleiche mit anderen Städten angeführt. Im Vergleich mit Münster, wo bei einer langsamen ISDN-Standleitung ca. DM 13,- und bei einem ADSL-Anschluß ca. DM 55,- verlangt werden (Sozialanschluß nicht berücksichtigt !), und Hannover mit pauschalen monatlichen DM 30,-, würde Osnabrück mit maximal monatlichen DM 20,- für einen 10 oder 100 Mbit/s Anschluß sich ganz unten im Preisniveau ansiedeln.

8.22 Vorfinanzierung und Mieterhöhung

Bei der monatlichen Finanzierung stellt sich die Frage, ob der Betrag von allen in dem beteffendem Wohnheim wohnenden Studierenden abgeführt werden sollte oder nur von den an das Netz angeschlossenen Bewohnern. Beide Finanzzierungsformen haben Vor- und Nachteile:

Vorteile für den Einzug der Netzgebühren von allen Bewohnern:

- Wenig Verwaltungsaufwand, weil einfach eine Mieterhöhung erfolgen kann
- Unabhängigkeit der Finanzierung von der Anzahl der angeschlossenen Studierenden
- Es finden keine Betrugsversuche durch Untervermietung von Netzanschlüssen statt

Vorteile für den Einzug von Netzwerkgebühren nur von angeschlossenen Bewohnern:

- Bewohner ohne Netzinteresse brauchen nicht für andere mitbezahlen
- Die Mietkosten in den Wohnheimen bleiben durch die Ausweisung eines "Netzwerkzuschusses" transparent niedrig

Natürlich ist auch eine Mischfinanzierung zwischen den beiden Möglichkeiten machbar. Weil dieses allerdings erneut zusätzlichen Verwaltungsaufwand nach sich ziehen würde, ist eine allgemeine Mieterhöhung praxisnäher. Studierende, die kein Interesse an einem Netzanschluß haben, steht es frei in ein Wohnheim ohne diese Möglichkeit (weiterhin viele kleine Wohnheime in Osnabrück) einzuziehen oder nach einem Privatzimmer Ausschau zu halten. Eine Art Netzpflicht, wie Kritiker es gerne bezeichnen, besteht also nach wie vor nicht.
Um überhaupt erstmal ein Netzwerk errichten zu können, müßten sämtliche Baukosten, die später durch monatliche Einnahmen finanziert würden, als Vorausleistung zur Verfügung stehen. Private Kredite oder eine Investition des Studentenwerkes stehen dabei zur Auswahl. Wenn es irgendwie wirtschaftlich möglich ist, sollte auf privaten Kredite, die im Normalfall nicht zinslos sind, verzichtet werden. Steht in einem Jahr nicht ausreichend Kapital zur Vorfinanzierung zur Verfügung, könnte das Gesamtprojekt auch auf mehrere Jahre verteilt werden. Resonanzen aus den Wohnheimen können dann natürlich in die aktuelle Planung mit einfließen und diese optimieren.

8.23 Sponsorenfinanzierung

Sicher ist es an der einen oder anderen Stelle möglich Sponsoren, insbesondere gegen Aushändigung einer Spendenquittung für das Finanzamt und einer Erwähnung auf der Homepage des Netzwerkes, für die Investition in das Projekt zu finden. Oft steht der Aufwand, der für die

Sponsorensuche nötig ist, aber in keinem Verhältnis zum Nutzen der Aktion. Weitere Nachteile haben sich herauskristallisiert: Garantieansprüche sind nicht stellbar und meist wird nur ein ähnliches Produkt geliefert wie gebraucht wird. Auf keinen Fall darf man bei der Gesamtkalkulation von einem festen Prozentsatz ausgehen, der durch Sponsoren finanziert werden soll. Auf diesem Weg wird man schnell bei der Suche scheitern. Diese Studentenwohnheimprojekte sind auch für Firmen lange nicht mehr so werbewirksam wie noch vor einigen Jahren. Das stellt das wesentliche Problem dar.

8.24 Inhausverkabelung: viele Möglichkeiten, unterschiedlich teuer

Gerade die Inhausverkabelung läßt unwahrscheinlich viel Spielraum für Variationen. In diesem Bereich können nämlich auch Arbeiten durch studentische Hilfekräfte (ca. DM 20 pro Stunde) erfolgen. Die Fachhochschule vergibt Verkabelungsarbeiten auch gerne auf diese Weise. Desweiteren kann mit einer gewissen Eigenleistung der Wohnheimsbewohner gerechnet werden, damit wurden im Wohnheim Sedanstraße sehr gute Erfahrungen gemacht. Voraussetzung für beides ist aber eine kundige Bauleitung, die alle Arbeiten vorbereitet und betreut.
Die Kosten für die Inhausverkabelung pro Wohnheim splitten sich grundsätzlich in Materialkosten und Arbeitskosten. Die Materialkosten lassen sich nach gängigen Preislisten leicht errechnen, bei der Ermittlung der Arbeitskosten ist viel Erfahrung nötig, Angebote von Netzwerkfirmen sind in der Beziehung meist auch nicht konkret und enthalten nur den Stundenlohn der Facharbeiter.
Folgende Arbeiten sollten unbedingt durch Fachfirmen durchgeführt werden:

- Installation der benötigten 230V Anschlüsse und Erdungsleitungen
- Kabeldurchführungen an Brandschutzmauern
- Vertikale und horizontale Betondurchbrüche (Bohrungen und Kernbohrungen)
- Spleißung und Steckermontage an Lichtwellenleitern

Folgende Arbeiten können auch durch studentische Hilfskräfte oder in Eigenleistung erledigt werden:

- Installation von Kabelkanälen aus Kunststoff oder Metall auf Putz oder Holz
- Einziehen von Kupfer- oder Lichtwellenleiterkabeln in Leerrohre und Kabelkanäle
- Installation von Netzwerksteckdosen
- Auflegen von Kupferkabeln auf Steckdosen und Patch-Panels
- Kontrollmessung von Kupferkabeln mit einem LAN-Meter
- Installation von Netzwerkschränken incl. aktiver Komponenten
- Verlegen von Erdleitungen zwischen Wohnheimhäusern

Am Ende der einzelnen Unterkapitel von Kapitel 9. erfolgt eine genaue Kalkulation für das jeweilige Wohnheim. Alle Material- und Arbeitskosten sind dort einzeln aufgeführt. Absichtlich ist dort ein eventuell möglich unendgeltlicher Arbeitseinsatz von Wohnheimbewohnern nicht mit eingerechnet. Dieser wäre zwar zu begrüßen, kann aber nicht vorausgesetzt werden.
Sollen alle Arbeiten durch professionelle Firmen durchgeführt werden (keine studentischen Hilfskräfte), muß mit einem vierfachen Studentenlohn gerechnet werden (DM 80,- anstatt DM 20,-).

8.25 Kosten der WAN-Anbindungen

Die WAN-Lösungsmöglichkeiten aus Kapitel 4.162 müssen an dieser Stelle verglichen werden. Für die Auswahl der optimalen Lösung ist dabei in erster Linie der Preis ausschlaggebend, jedoch spielen auch Gründe der Betriebssicherheit und natürlich die Geschwindigkeit eine Rolle.
Folgende Kosten fallen bei den einzelnen Verfahren an:

- Funk-Bridge (11 Mbit/s)
  - Gerätekosten: DM 14.580,- (5 km), DM 12.380,- (2 km)
  - Installationskosten: ca. DM 500,-
- Laser-Link (100 Mbit/s)
  - Gerätekosten: DM 79.900,- (5 km), DM 60.900,- (2 km)
  - Installationskosten: ca. DM 1000,-
- LWL-Mietleitung: Single-Mode, 2 Fasern
  - einmalige Bereitstellungskosten: entfallen bei 5 Jahre Mietzeit
  - monatlicher Mietpreis: stark unterschiedlich
  - Gerätekosten: 2 x Medienwandler SingleMode 100Mbit/s, DM 2328,-
- ADSL-Mietleitung: ein Kupferpaar
  - einmalige Bereitstellungskosten: entfallen bei 5 Jahre Mietzeit
  - monatlicher Mietpreis: stark unterschiedlich
  - Gerätekosten: 2 x xDSL Router, ca. DM 5000,-
- LWL-Neuverlegung: Single-Mode, 12 Fasern
  - Kabelkosten: DM 4,30 pro Meter
  - Verlegekosten:
    In vorhandenes Erd-Leerrohr einziehen: ca. DM 7,80 pro Meter
    Kabel unterhalb des Gehweges neu verlegen: ca. DM 91,50 pro Meter
    Straßenüberquerung mit einem Kabel: ca. DM 6000,-
    Hausanschluß herstellen (Gas- und Wasserdicht): ca. DM 1800,-
  - Spleißungen (Hausanschluß oder Muffe): ca. DM 1000,- pro Stück
  - Gerätekosten: 2 x Medienwandler SingleMode 100Mbit/s, DM 2328,-

Für die Möglichkeiten zur Anbindung der einzelnen Wohnheime ergeben sich daraus folgende Preisunterschiede (bei <u>monatlichen Kosten: für 5 Jahre</u> mit eingerechnet):

Wohnheim	Anbindungart	Gesamtkosten	optimale Lösung
Blumenmorgen	LWL-Neuverlegung	DM 62.653,- (Kooperation FH)	X
"	LWL-Mietleitung	DM nicht öffentlich	-
"	Laser-Link	DM 80.900,-	-
Rostocker Straße	LWL-Neuverlegung	DM 48.393,-	X
"	Funk-Bridge	DM 12.880,-	-
Salzmarkt	LWL-Neuverlegung	DM 10.768,-	X
"	LWL-Mietleitung	DM nicht öffentlich	-
Jahnstraße	LWL-Neuverlegung	DM 26.533,- (Kooperation Uni)	X
"	LWL-Mietleitung	DM nicht öffentlich	-
Jahnplatz	LWL-Neu -> Jahnstraße	DM 10.928,-	X
"	Laser-Link	DM 61.900,-	-
Natruper Straße	LWL-Neuverlegung	DM 11.978,-	X
"	LWL-Mietleitung	DM nicht öffentlich	-
"	xDSL-Mietleitung	DM nicht öffentlich	-
Wörthstraße	LWL-Neuverlegung	DM 25.743,-	X
"	LWL-Mietleitung	DM nicht öffentlich	-
"	xDSL-Mietleitung	DM nicht öffentlich	-
Leggeweg	LWL-Neu -> Wörthstraße	DM 13.528,-	X
Klushügel	LWL-Neuverlegung	DM 33.548,-	X
"	LWL-Mietleitung	DM nicht öffentlich	-
"	Funk-Bridge -> Lüstringer	DM 12.880,-	-
Lüstringer Straße	LWL-Neu -> Klushügel	DM 40.878,-	X
"	Funk-Bridge	DM 15.080,-	-
Kommenderiestraße	LWL-Neuverlegung	DM 30.208,-	X
"	LWL-Mietleitung	DM nicht öffentlich	-
"	xDSL-Mietleitung	DM nicht öffentlich	-
"	Funk-Bridge	DM 12.880,-	-
Wiesenstraße	LWL-Neu -> Kommenderie.	DM 24.088,-	X
Dodesheide	LWL-Neuverlegung	DM 107.113,-	X
"	LWL-Mietleitung	DM nicht öffentlich	-
"	xDSL-Mietleitung	DM nicht öffentlich	-
"	Laser-Link und LWL-Abzweig	ca. DM 95.000,-	-
alle Wohnheime	WAN-Kosten	DM 446.359,-	selektiv

Abb. 40: Kosten der möglichen WAN-Anbindungen

Es wird ganz deutlich, daß es sich bei der Neuverlegung von LWL-Kabeln um die meist preiswerteste und immer zuverlässigste Lösung handelt. Insbesonder entsteht ein homogenes Netz, was nahezu keine Wartungsarbeiten erfordert. Jedoch müssen alle Kosten auf viele Jahre vorfinanziert und die Verlegearbeiten koordiniert werden. Auch handelt es sich bei den in der Tabelle angegebenen Preisen um Schätzpreise, weil die Angebote der Tiefbauunternehmen sehr stark schwanken. An dieser Stelle besteht Handlungsbedarf. Es müssen noch einige Angebote für die Verlegearbeiten im Erdreich und in den Schächten und Rohren eingeholt werden. Aufgrund der zeitlichen Begrenzung dieser Diplomarbeit, war dies leider nicht möglich; die Angebotserstellung der Tiefbaufirmen dauert zu lange. Es sind sowohl preisgünstigere als auch teurere Angebote zu erwarten.

9. Konkrete Planungen für Inhausverkabelung

Aufgabe der Detailplanungen ist es für jedes Haus die optimale Verkabelungsstrategie zu finden. Dabei wird in erster Linie auf die Belastung des Gebäudes Rücksicht genommen, was normalerweise gleichzeitig den Arbeitsaufwand minimiert. Konkret bedeutet das alle vorhandenen Leerrohre und Kabelschächte zu nutzen, auch wenn dadurch der Gesamtpreis ansteigt, und nur im Notfall eigene Kabeltragsysteme zu installieren.
Aus Kostengründen kann eine durchgehende Installation von Lichtwellenleitern (Fiber to desk) bis in das Wohnheimzimmer nur in wenigen Wohnheimen durchgeführt werden. Die Preise der aktiven Komponenten (Medienwandler) fallen jedoch jede Woche, so daß diese Technologie wenigstens in Wohnheimen angewendet werden kann, wo die Leerohre für KAT6-Kupferleitungen zu dünn sind.

9.1 Wohnheim Jahnplatz

Bei der Planung des Wohnheimes am Jahnplatz kann teilweise auf die Vorarbeit der gescheiterten Arbeitsgruppe zurückgegriffen werden. Allgemein soll eine LAN-Verkabelung auf Basis von 10BaseT / 100BaseTX erfolgen. Inclusiv Hausmeister-Büro sind 257 Anschlüsse vorzusehen. Dabei würden alle Einzelzimmer eine Anschlußsteckdose erhalten. Bei Appartments würde die Montage einer Steckdose im Wohnzimmer (Erdgeschoß) erfolgen. Der Baukomplex besteht aus 2 unterschiedlichen Teilen:

- Die alten Fabrik, die den Außenring bildet
- Innen liegende Anbauten

Alle Gebäude sind 2 stöckig. Aufgrund der vorgesehenen Sternverteiler (Switch HP Procurve 4000M), die pro Stück maximal 80 10/100 Mbit/s Ports zulassen, wird eine Lösung mit 4 Verteilerschränken angestrebt. Die maximale Leitungslänge von 100m ließe sich dann auch problemlos einhalten.
Im Außenring wird zur Leitungsverlegung der Kriechkeller benutzt. Von dort würden Bohrungen mit einem Durchmesser von 16mm in das Erdgeschoß geschaffen, um 2 Leitungen dorthin zu verlegen. Eine Leitung würde hier aufgelegt, die zweite Leitung durch weißen Kabelkanal an der Wand hochverlegt und mittels einer 9mm Bohrung bis in das 1. Stockwerk geführt. Auch dort würde die Montage einer Netzwerksteckdose erfolgen. Zu den 4 Verteilerschränken, die im Erdgeschoß entweder in Abstellräumen oder unter Treppenaufgängen montiert würden, erfolgt die Leitungsverlegung durch Kernbohrungen. Für den Kabelübergang vom Außenring zu den inneren Anbauten werden auch noch 4 Kernbohrungen benötigt, durch die die Leitungen schließlich in die abgehängten Lamellendecken der innen liegenden Anbauten geführt werden. Von dort erfolgt eine Steckdosenmontage entweder direkt, indem die Netzwerkleitung bis auf die Steckdosenhöhe mit Hilfe von Kabelkanal verlegt wird (Erdgeschoß), oder durch 9mm Bohrungen in das 1. Stockwerk.
Im Bereich des Hausmeisterbüros ist auch eine Kabelverlegung über den Dachboden möglich. Das bietet sich insbesondere für die 5 einzelnen Zimmer über der Hausmeisterwohnung an. Die Verbindung der Verteilerschränke erfolgt über Multi-Mode LWL, wobei die Stecker direkt auf das Volladerkabel montiert werden, was auch zur Verlegung im Kriechkeller benutzt wird. Dort werden alle Leitungen mit Hilfe von Kabelbindern an den dort verlegten Abflußleitungen befestigt.

Stückzahl	Artikel / Leistung	Gesamtpreis
257	KAT6 Anschlußsteckdose 1xRJ45	DM 3.855,-
16000m	KAT6 S/UTP FRNC Leitung	DM 12.480,-
12	19" Patch-Panel KAT6 24xRJ45	DM 2.400,-
4	19" Netzwerkwandschrank 12 HE incl. Schließung	DM 1.597,-
4	Switch HP Procurve 4000M incl. 40 x 10/100 RJ45	DM 18.040,-
14	Module 8 x 10/100 RJ45 für HP Procurve	DM 11.620,-
6	Medienkonverter 100BaseTX <-> 100BaseFX MM	DM 2.226,-
4	Installation Erdung und 230V Anschluß	DM 4.000,-
300m	Vollader LWL Leitung MM, 8 oder 4 Fasern	DM 1.560,-
20	Steckermontage LWL und OTDR-Messung	DM 500,-
600m	Kunststoffkabelkanal weiß 15x30	DM 660,-
257	Patch-Kabel KAT6 0,7m	DM 1.542,-
80	Bohrungen 16mm in Beton	DM 5.200,-
123	Bohrungen 9mm in Beton	DM 3.936,-
8	Kernbohrungen in Beton	DM 2.000,-
257	Verlegen KAT6 Leitung, Installation Kabelkanal, Steckdosenmontage, Auflegen KAT6, Kontrollmessung (5 Stunden / DM 20,-)	DM 25.700,-
4	Installation Netzwerkschrank, Auflegen KAT6, Kontrollmessung	DM 2.000,-
	Unvorhergesehenes und Kleinteile	DM 15.000,-
	Gesamtkosten Jahnplatz LAN	DM114.316,-

Abb. 41: Kalkulation Jahnplatz-LAN

9.2 Wohnheim Salzmarkt

Das relativ neue Wohnheim / -haus Salzmarkt enthält eine Vielzahl von Schächten und Rohren, die zur Kabelverlegung genutzt werden können. Problematisch ist aber immer vollständig auf die Montage von zusätzlichem Kabelkanal zu verzichten, was besonders bei diesem Wohnheim (rein optisch) anzustreben ist. Der Komplex, der baulich in 2 eigenständige Häuser aufgeteilt ist, enthält insgesamt 31 Wohngemeinschaften mit je 2 bis 9 anzuschließenden Zimmern. Jeweils im Flur jeder Wohngemeinschaft befindet sich ein Telefonverteilerkasten, in dem alle Leerrohre, in denen für ein weiteres Kabel (Kat6, S/UTP) noch Platz ist, aus den Zimmern zusammenlaufen. Von dort verbindet ein weiteres Leerohr, in dem weit weniger Platz verfügbar ist, die jeweilige Wohngemeinschaft mit dem Versorgungsraum. In dieses Leerrohr kann zwar auch ein weiteres Kabel eingezogen werde, dabei kommt aber aufgrund des geringen Platzes nur LWL in Frage. Die Zimmer in den 2er und 3er Wohngemeinschaften sind sinnvollerweise direkt, durch den Verteilerkasten hindurch, mit LWL-Kabel (Duplex Leitung oder 900µm ummantelte Einzelfaser) mit dem Versorgungsraum des Hauses zu verbinden. Die Zimmer in den 4er, 6er, 7er und 9er Wohngemeinschaften sollten über KAT6 mit dem Verteilerkasten im jeweiligen Flur verbunden, dort über einen Switch konzentriert und über LWL-Kabel (Duplex Leitung oder ummantelte Einzelfaser) mit dem Versorgungsraum des Hauses verbunden werden. Nur durch die gemischte Verkabelungslösung lassen sich Stemm- und Bohrarbeiten weitgehend vermeiden. In den meisten Wohngemeinschaften (außer den beiden 9er) müßten entgegen den Aussagen in Kapitel 6.2 Switches ohne Managementfunktion eingebaut werden, weil kleine Switches mit dem Sicherheitsmanagement nicht verfügbar sind. Die Verwendung einer falschen Identität im Netz kann dann zwar nicht mehr 100% tig unterbunden werden, aber ein Abhören (Sniffing) ist nach wie vor nicht möglich. Die beide Netzwerkschränke in den Versorgungsräumen im Erdgeschoß der beiden Häuser könnten über den Dachboden verbunden werden, LWL eignet sich für diesen Backbone auch bestens. Als Weg bietet sich ein vertikaler Versorgungsschacht an, der gut zugänglich ist.

Stückzahl	Artikel / Leistung	Gesamtpreis
54	KAT6 Anschlußsteckdose 1xRJ45	DM 810,-
1080m	KAT6 S/UTP FRNC Leitung	DM 842,-
12	Patch-Panel KAT6 6xRJ45	DM 828,-
2	19" Netzwerkstandverteiler 28 HE incl. Schließung	DM 1.990,-
2	Switch HP Procurve 4000M incl. 40 x 10/100 RJ45	DM 9.020,-
2	Switch HP Procurve 1600M incl. 16 x 10/100 RJ45	DM 4.218,-
7	Switch HP Procurve 408	DM 3.108,-
62	Medienkonverter 100BaseTX <-> 100BaseFX MM	DM 15.934,-
2	Installation 230V Anschluß	DM 500,-
5000m	LWL Leitung MM, ummantelte Einzelfaser 900µm	DM 2.500,-
240	Steckermontage LWL und OTDR-Messung	DM 6.000,-
50	LWL Anschlußsteckdose 1xSC Duplex	DM 1.000,-
116	Patch-Kabel KAT6 0,7m	DM 696,-
104	Verlegen KAT6 Leitung, Verlegen LWL Leitung, Steckdosenmontage, Auflegen KAT6, Kontrollmessung (10 Stunden / DM 20,-)	DM 20.800,-
2	Installation Netzwerkschrank	DM 1.000,-
	Unvorhergesehenes und Kleinteile	DM 5.000,-
	Gesamtkosten Salzmarkt LAN	DM 74.246,-

Abb. 42: Kalkulation Salzmarkt-LAN

9.3 Wohnheim Dodesheide

Das Wohnheim Dodesheide ist in Container-Leichtbauweise erstellt und auf einem Kriechkeller errichtet. Dadurch ist es relativ einfach möglich das gesamte Wohnheim mit Hilfe von KAT6-Leitung auszustatten. An den Außenwänden lassen sich an jedem Komplex Blechplatten abschrauben unter denen die Leitungen aus dem jeweiligen Erdgeschoß- und 1.Stockwerkzimmer in den Kriechkeller verlegt werden können. Dort würden alle Leitungen gebündelt und an einer Stelle zu dem zentralen Verteilerraum im Gebäude (Putzraum) geführt. Insgesamt existieren 5 solche Komplexe, die sich nur sehr geringfügig unterscheiden.
Untereinander würden die Gebäudekomplexe durch die Kriechkeller oder Leerrohre mit Hilfe von LWL-Leitung verbunden werden. Wenn dies an einer Stelle ausnahmsweise nicht möglich ist, könnte dort relativ einfach eine Leitung unter der Erde verlegt werden.

Stückzahl	Artikel / Leistung	Gesamtpreis
212	KAT6 Anschlußsteckdose 1xRJ45	DM 3.180,-
13000m	KAT6 S/UTP FRNC Leitung	DM 10.140,-
10	19" Patch-Panel KAT6 24xRJ45	DM 2.000,-
5	19" Netzwerkwandschrank 12 HE incl. Schließung	DM 1.996,-
5	Switch HP Procurve 4000M incl. 40 x 10/100 RJ45	DM 22.550,-
3	Module 8 x 10/100 RJ45 für HP Procurve	DM 2.490,-
1	Modul 4 x 100BaseFX für HP Procurve	DM 1.399,-
4	Medienkonverter 100BaseTX <-> 100BaseFX MM	DM 1.484,-
5	Installation Erdung und 230V Anschluß	DM 5.000,-
300m	Vollader LWL Leitung MM, 4 Fasern	DM 1.560,-
20	Steckermontage LWL und OTDR-Messung	DM 500,-
175m	Kabeltragsystem Stahl verzinkt	DM 2.888,-
212	Patch-Kabel KAT6 0,7m	DM 1.272,-
212	Verlegen KAT6 Leitung, Installation Kabeltragsystem, Mauerdurchführung, Steckdosenmontage, Auflegen KAT6, Kontrollmessung (6 Stunden / DM 20,-)	DM 25.440,-
5	Installation Netzwerkschrank, Auflegen KAT6, Kontrollmessung	DM 2.500,-
	Unvorhergesehenes und Kleinteile	DM 15.000,-
	Gesamtkosten Dodesheide LAN	DM 99.399,-

Abb. 43: Kalkulation Dodesheide-LAN

9.4 Wohnheim Jahnstraße

Eigentlich müßte die Verlegung von Netzwerkleitungen im Wohnheim Jahnstraße aufgrund der viele Schächte und Leerrohre problemlos sein. Bei der näheren Betrachtung fallen aber viele Punkte auf, die eine Leerohrnutzung verhindern können. Insgesamt verläuft von jedem Zimmer unter dem Fußboden hindurch ein Leerrohr zum zentralen Versorgungsschacht des jeweilige Hauses, was augenblicklich ausschließlich ein Telefonkabel enthält. Wenn keine Hindernisse übersehen wurden, müßte es möglich sein ein zusätzliches KAT6-Kabel mit in das Leerrohr einzuziehen. Alle 13 Kabel pro Haus würden dann im Versorgungsschacht gebündelt und zusammen in den Versorgungskeller des Hauses geführt. Dieses Verfahren sollte vor dem Beginn der Bauarbeiten einmal getestet werden !
Sollte der Platz im Leerrohr widererwartend nicht ausreichen, könnte als Alternative das Telefonkabel entfernt und durch ein KAT6 S/STP Kabel ersetzt werden. Über die verschiedenen Kupferpaare in dem Kabel könnten dann sowohl Telefon als auch Rechnerdaten übertragen werden. Eine Nutzung von Gigabit-Ethernet in einigen Jahre wäre aber nicht möglich. Als letzte Alternativlösung käme dann noch die Verkabelung mit Duplex-LWL-Leitung (dünner als KAT6) in Frage, die aber erheblich höhere Kosten verursacht und deshalb nur als letzte Lösung angesehen werden sollte.
In den 8 Häusern müßten 2 Standorte für Verteilerschränke bestimmt werden. Dafür eignen sich hervorragend die Versorgungskeller, weil dort auch der Versorgungsschacht des Hauses endet. Zwischen den Häusern müßten die Leitungen durch Kernbohrungen in den Brandschutzwänden verlegt werden, die anschließend wieder fachgerecht (Brandabschottungen) zu verschließen sind. Weil nur in 2 Häusern Verteilerschränke stehen, müssen die Leitungen von den Zimmern teilweise mehrer Keller durchqueren, die 100m Längenbeschränkung läßt sich aber einhalten. Die 2 Verteilerschränke können deshalb auch über KAT6 verbunden werden.

Stückzahl	Artikel / Leistung	Gesamtpreis
104	KAT6 Anschlußsteckdose 1xRJ45	DM 1.560,-
8300m	KAT6 S/UTP FRNC Leitung	DM 6.489,-
5	19" Patch-Panel KAT6 24xRJ45	DM 1.000,-
2	19" Netzwerkwandschrank 12 HE incl. Schließung	DM 798,-
2	Switch HP Procurve 4000M incl. 40 x 10/100 RJ45	DM 9.020,-
4	Module 8 x 10/100 RJ45 für HP Procurve	DM 3.320,-
2	Installation Erdung und 230V Anschluß	DM 2.000,-
107	Patch-Kabel KAT6 0,7m	DM 642,-
64m	Kabeltragsystem Stahl verzinkt	DM 1.056,-
7	Kernbohrungen in Beton	DM 700,-
7	Brandabschottungen zur Kabeldurchführung incl. Montage	DM 940,-
104	Verlegen KAT6 Leitung, Installation Kabeltragsystem, Steckdosenmontage, Auflegen KAT6, Kontrollmessung (7 Stunden / DM 20,-)	DM 14.560,-
2	Installation Netzwerkschrank, Auflegen KAT6, Kontrollmessung	DM 1.000,-
	Unvorhergesehenes und Kleinteile	DM 10.000,-
	Gesamtkosten Jahnstraße LAN	DM 38.540,-

Abb. 44: Kalkulation Jahnstraße-LAN

9.5 Wohnheim Natruper Straße

Insgesamt ist die Inhausverkabelung im Wohnheim Natruper Straße ziemlich problematisch. Die einzigen nutzbaren Leerrohre verbinden den Keller mit einem zentralen Punkt in jeder Wohnung. In den Rohren liegt schon das Telefonkabel, eine oder zwei LWL-Duplexleitung(en) hätte(n) aber darin noch Platz. Im Erdgeschoß befinden sich 3 Appartments, eine 4er und eine 5er Wohngemeinschaft. Die 3 weiteren Stockwerke beheimaten je zwei 2er Wohngemeinschaften und zwei 4er Wohngemeinschaften. Innerhalb der Wohnungen müßten die Leitungen also auf Putz in Kabelkanälen verlegt werden.
Die Zimmer in den 2er Wohngemeinschaften sind sinnvollerweise direkt mit LWL-Kabel (Duplex Leitung) mit dem Versorgungsraum des Hauses (Zählerraum im Keller) zu verbinden. Für die Appartments im Erdgeschoß gilt das gleiche, nur daß auf eine Aufputzverlegung innerhalb der Wohnung verzichtet werden kann, weil das Leerrohr schon an der richtigen Stelle endet. Die Zimmer in den 4er, und 5er Wohngemeinschaften sollten über KAT6 mit dem Leerrohr im jeweiligen Flur verbunden, dort über einen Switch konzentriert und über LWL-Kabel (Duplex Leitung) mit dem Versorgungsraum des Hauses verbunden werden. In den großen Wohngemeinschaften müßten entgegen den Aussagen in Kapitel 6.2 Switches ohne Managementfunktion eingebaut werden, weil kleine Switches mit dem Sicherheitsmanagement nicht verfügbar sind. Die Verwendung einer falschen Identität im Netz kann dann zwar nicht mehr 100% tig unterbunden werden, aber ein Abhören (Sniffing) ist nach wie vor nicht möglich.

Stückzahl	Artikel / Leistung	Gesamtpreis
33	KAT6 Anschlußsteckdose 1xRJ45	DM 495,-
660m	KAT6 S/UTP FRNC Leitung	DM 514,-
8	19" Patch-Panel KAT6 6xRJ45	DM 552,-
1	19" Netzwerkstandverteiler 28 HE incl. Schließung	DM 995,-
1	Switch HP Procurve 1600M incl. 16 x 10/100 RJ45	DM 2.109,-
1	Modul 8 x 10/100 RJ45 für HP Procurve	DM 830,-
8	Switch HP Procurve 408	DM 3.552,-
46	Medienkonverter 100BaseTX <-> 100BaseFX MM	DM 11.822,-
1	Installation 230V Anschluß	DM 250,-
1150m	Duplex LWL Leitung MM	DM 1.150,-
92	Steckermontage LWL und OTDR-Messung	DM 2.300,-
660m	Kunststoffkabelkanal weiß 15x15	DM 429,-
56	Patch-Kabel KAT6 0,7m	DM 336,-
23	LWL Anschlußsteckdose 1xSC Duplex	DM 460,-
48	Installation Kabelkanal, Bohrungen durch Zimmerwände, Verlegen KAT6 Leitung, Verlegen LWL Leitung, Steckdosenmontage, Auflegen KAT6, Kontrollmessung (13 Stunden / DM 20,-)	DM 12.480,-
1	Installation Netzwerkschrank, Auflegen KAT6, Kontrollmessung	DM 500,-
	Unvorhergesehenes und Kleinteile	DM 3.000,-
	Gesamtkosten Natruper Straße LAN	DM 41.774,-

Abb. 45: Kalkulation Natruper Straße-LAN

9.6 Wohnheim Blumenmorgen

Das eigentliche Problem im Wohnheim Blumenmorgen stellt die einzelne Lage der Häuser dar. Es handelt sich um Reihenhäuser, jedoch befinden sich innerhalb der "Reihe" 4 Lücken, die durch LWL-Erdleitungen zu überbrücken wären. Eine Alternative dazu gibt es nicht, Kupferleitungen wären länger als 100m. Der zentrale Sternkoppler für alle Häuser sollte sinnvollerweise in dem Haus eingebaut werden, das am nächsten an der Straße liegt, weil von einer externen Anbindung über eine Erdleitung auszugehen ist (evt. in Zusammenarbeit mit der FH-Haste, die direkt nebenan liegt). Innerhalb der Doppelhäuser bietet sich eine Verkabelung mit KAT6 an, weil lediglich ein Rohrschacht zur Verlegung genutzt werden kann, weitere Leerrohre stehen nicht zur Verfügung. Alle anderen Strecken müßten in neue Kabelkanäle verlegt werden. Für jeweils 2 Reihenhäuser sollte ein Unterverteilschrank vorgesehen werden.

Stückzahl	Artikel / Leistung	Gesamtpreis
57	KAT6 Anschlußsteckdose 1xRJ45	DM 855,-
1700m	KAT6 S/UTP FRNC Leitung	DM 1.326,-
5	19" Patch-Panel KAT6 24xRJ45	DM 1.000,-
1	19" Netzwerkwandschrank 12 HE incl. Schließung	DM 399,-
4	19" Netzwerkwandschrank 6 HE incl. Schließung	DM 1.172,-
5	Switch HP Procurve 1600M incl. 16 x 10/100 RJ45	DM 10.545,-
1	Modul 8 x 10/100 RJ45 für HP Procurve	DM 830,-
10	Medienkonverter 100BaseTX <-> 100BaseFX MM	DM 3.710,-
5	Installation Erdung und 230V Anschluß	DM 5.000,-
300m	Vollader LWL Innen- und Außenkabel MM, 4 Fasern	DM 720,-
20	Steckermontage LWL und OTDR-Messung	DM 500,-
350m	Kunststoffkabelkanal weiß 15x30	DM 385,-
120m	Kunststoffkabelkanal weiß 15x15	DM 80,-
68	Patch-Kabel KAT6 0,7m	DM 408,-
1	Erdarbeiten, Verlegen Erdkabel, Mauerdurchführungen (70 Stunden / DM 20,-)	DM 1.400,-
57	Verlegen KAT6 Leitung, Installation Kabelkanal, Steckdosenmontage, Auflegen KAT6, Kontrollmessung (10 Stunden / DM 20,-)	DM 11.400,-
5	Installation Netzwerkschrank, Auflegen KAT6, Kontrollmessung	DM 2.500,-
	Unvorhergesehenes und Kleinteile	DM 2.500,-
	Gesamtkosten Blumenmorgen LAN	DM 44.730,-

Abb. 46: Kalkulation Blumenmorgen-LAN

9.7 Wohnheim Rostocker Straße

Weil das Wohnheim Rostocker Straße aus 11 Reihenhäusern besteht, stellt sich in erster Linie die Frage, wie die Häuser untereinander zu verbinden sind. Nahezu ausschließlich kann eine Kabelverlegung über die Dachböden erfolgen, dort würde eine Befestigung mittels verzinkten Stahl-Kabelwannen erfolgen. Die Zwischenwände der Häuser sind allerdings brandschutztechnisch relevant, so daß die Kabeldurchführungen fachmännisch ausgeführt werden müßten. Wie auch im Wohnheim Blumenmorgen ist die Häuserreihe an einer Stelle unterbrochen. Die Verbindung müßte also auch hier über LWL-Erdkabel durchgeführt werden. Insgesamt ist eine Verkabelung mit KAT6 und 2 Sternköpfen, dazwischen die LWL-Strecke, anzustreben. In den Häusern lassen sich die Leitungen am besten in weißen Kabelkanälen im Flur verlegen, Leerrohre sind nicht nutzbar. Die Netzwerkschränke sollten nicht auf den Dachböden installiert werden, weil es dort im Sommer sehr warm wird. Besser können diese verschlossenen Wandschränke im Flur der Häuser aufgehängt werden.

Stückzahl	Artikel / Leistung	Gesamtpreis
55	KAT6 Anschlußsteckdose 1xRJ45	DM 825,-
3300m	KAT6 S/UTP FRNC Leitung	DM 2.574,-
3	19" Patch-Panel KAT6 24xRJ45	DM 600,-
2	19" Netzwerkwandschrank 12 HE incl. Schließung	DM 798,-
1	Switch HP Procurve 4000M incl. 40 x 10/100 RJ45	DM 4.510,-
1	Switch HP Procurve 1600M incl. 16 x 10/100 RJ45	DM 2.109,-
2	Medienkonverter 100BaseTX <-> 100BaseFX MM	DM 742,-
2	Installation Erdung und 230V Anschluß	DM 2.000,-
50m	Vollader LWL Innen- und Außenkabel MM, 4 Fasern	DM 120,-
4	Steckermontage LWL und OTDR-Messung	DM 100,-
350m	Kunststoffkabelkanal weiß 15x30	DM 385,-
120m	Kunststoffkabelkanal weiß 15x15	DM 80,-
58	Patch-Kabel KAT6 0,7m	DM 348,-
60m	Kabeltragsystem Stahl verzinkt	DM 990,-
9	Kernbohrungen in Beton oder Wand	DM 900,-
9	Kernbohrungen in Beton oder Wand	DM 1.100,-
8	Erdarbeiten, Verlegen Erdkabel, Mauerdurchführungen (20 Stunden / DM 20,-)	DM 400,-
55	Verlegen KAT6 Leitung, Installation Kabelkanal, Steckdosenmontage, Auflegen KAT6, Kontrollmessung (10 Stunden / DM 20,-)	DM 11.000,-
2	Installation Netzwerkschrank, Auflegen KAT6, Kontrollmessung	DM 1.000,-
	Unvorhergesehenes und Kleinteile	DM 2.500,-
	Gesamtkosten Rostocker Straße LAN	DM 33.081,-

Abb. 47: Kalkulation Rostocker Straße-LAN

9.8 Wohnheim Wiesenstraße

Im Wohnheim Wiesenstraße lassen sich 2 alte Schornsteinzüge für die Verlegung von Kabeln verwenden. Weitere Leerrohre sind nicht vorhanden. Auch die Leitungen für Kabelfernsehen und Telefon wurden bereits auf diese Weise installiert. Von Zimmer, die sich nicht direkt an einem der beiden Schornsteine befinden, würden die Leitungen auf Putz (eventuell in einem Kabelkanal) zu einem der Schornsteinzüge verlegt. Insgesamt sollte eine Verkabelung nach dem KAT6 Standard erfolgen. Der zentrale Netzwerkschrank würde wie üblich im Keller installiert.

Stückzahl	Artikel / Leistung	Gesamtpreis
20	KAT6 Anschlußsteckdose 1xRJ45	DM 300,-
1000m	KAT6 S/UTP FRNC Leitung	DM 780,-
1	19" Patch-Panel KAT6 24xRJ45	DM 200,-
1	19" Netzwerkwandschrank 12 HE incl. Schließung	DM 399,-
1	Switch HP Procurve 1600M incl. 16 x 10/100 RJ45	DM 2.109,-
1	Modul 8 x 10/100 RJ45 für HP Procurve	DM 830,-
4	Installation Erdung und 230V Anschluß	DM 1.000,-
150m	Kunststoffkabelkanal weiß 15x30	DM 165,-
21	Patch-Kabel KAT6 0,7m	DM 126,-
20	Verlegen KAT6 Leitung, Installation Kabelkanal, Bohrungen in Mauerwerk, Steckdosenmontage, Auflegen KAT6, Kontrollmessung (8 Stunden / DM 20,-)	DM 3.200,-
1	Installation Netzwerkschrank, Auflegen KAT6, Kontrollmessung	DM 500,-
	Unvorhergesehenes und Kleinteile	DM 2.000,-
	Gesamtkosten Wiesenstraße LAN	DM 11.609,-

Abb. 48: Kalkulation Wiesenstraße-LAN

9.9 Wohnheim Kommenderiestraße

Im Wohnheim Kommenderiestraße wären für eine Rechnernetzinstallation viele Aufputzinstallationen mit Hilfe von Kabelkanälen nötig. Lediglich aus dem Keller zum jeweiligen Stockwerk könnte man die zu empfehlenden KAT6 Leitungen durch einen Versorgungsschacht und eventuell ein Leerrohr nachträglich einziehen. Unterhalb des Versorgungsschachtes würde es sich dann anbieten den zentralen Verteilerschrank unterzubringen.

Stückzahl	Artikel / Leistung	Gesamtpreis
42	KAT6 Anschlußsteckdose 1xRJ45	DM 630,-
2500m	KAT6 S/UTP FRNC Leitung	DM 1.965,-
2	19" Patch-Panel KAT6 24xRJ45	DM 400,-
1	19" Netzwerkwandschrank 12 HE incl. Schließung	DM 399,-
1	Switch HP Procurve 4000M incl. 40 x 10/100 RJ45	DM 4.510,-
1	Modul 8 x 10/100 RJ45 für HP Procurve	DM 830,-
1	Installation Erdung und 230V Anschluß	DM 1.000,-
800m	Kunststoffkabelkanal weiß 15x30	DM 880,-
43	Patch-Kabel KAT6 0,7m	DM 258,-
42	Verlegen KAT6 Leitung, Installation Kabelkanal, Bohrungen in Mauerwerk, Steckdosenmontage, Auflegen KAT6, Kontrollmessung (14 Stunden / DM 20,-)	DM 11.760,-
1	Installation Netzwerkschrank, Auflegen KAT6, Kontrollmessung	DM 500,-
	Unvorhergesehenes und Kleinteile	DM 3.000,-
	Gesamtkosten Kommenderiestraße LAN	DM 26.132,-

Abb. 49: Kalkulation Kommenderiestraße-LAN

9.10 Wohnheim Leggeweg

Weil das Wohnheim Leggeweg aus 13 Reihenhäusern besteht, stellt sich in erster Linie die Frage, wie die Häuser untereinander zu verbinden sind. Nahezu ausschließlich kann eine Kabelverlegung über die Dachböden erfolgen. Die Zwischenwände der Häuser sind allerdings brandschutztechnisch relevant, so daß die Kabeldurchführungen fachmännisch ausgeführt werden müssen. Insgesamt ist eine Verkabelung mit KAT6 und einem Sternkopf, der sinnvollerweise in dem mittleren Reihenhaus aufzustellen ist, anzustreben. In den Häusern lassen sich die Leitungen am besten in weißen Kabelkanälen im Flur verlegen, weil der geringe Durchmesser und die Busstruktur eine Nutzung der Leerrohre des Kabelfernsehens verbietet. Der Sternkopf (Netzwerkkschrank) sollte nicht auf dem Dachboden installiert werden, weil es dort im Sommer sehr warm wird. Besser kann dieser verschlossene Wandschrank im Flur des einen Hauses aufgehängt werden.

Stückzahl	Artikel / Leistung	Gesamtpreis
65	KAT6 Anschlußsteckdose 1xRJ45	DM 975,-
3900m	KAT6 S/UTP FRNC Leitung	DM 3.042,-
3	19" Patch-Panel KAT6 24xRJ45	DM 600,-
1	19" Netzwerkwandschrank 12 HE incl. Schließung	DM 399,-
1	Switch HP Procurve 4000M incl. 40 x 10/100 RJ45	DM 4.510,-
4	Module 8 x 10/100 RJ45 für HP Procurve	DM 3.320,-
1	Installation Erdung und 230V Anschluß	DM 1.000,-
400m	Kunststoffkabelkanal weiß 15x30	DM 440,-
150m	Kunststoffkabelkanal weiß 15x15	DM 100,-
80m	Kabeltragsystem Stahl verzinkt	DM 1.320,-
66	Patch-Kabel KAT6 0,7m	DM 396,-
12	Kernbohrungen in Beton oder Wand	DM 1.200,-
12	Brandabschottungen zur Kabeldurchführung incl. Montage	DM 1.340,-
65	Verlegen KAT6 Leitung, Installation Kabelkanal, Steckdosenmontage, Auflegen KAT6, Kontrollmessung (10 Stunden / DM 20,-)	DM 13.000,-
1	Installation Netzwerkschrank, Auflegen KAT6, Kontrollmessung	DM 500,-
	Unvorhergesehenes und Kleinteile	DM 2.500,-
	Gesamtkosten Leggeweg LAN	DM 34.642,-

Abb. 50: Kalkulation Leggeweg-LAN

9.11 Wohnheim Wörthstraße

Im Wohnheim Wörthstraße wurden die Leitungen für Telefon und Kabelfernsehen vertikal vom Keller aus, von Stockwerk zu Stockwerk, in Leerrohren verlegt. Somit verbinden jeweils 2 Leerrohre die Zimmer untereinander. In diesen Leerrohren ist noch für insgesamt 4 LWL-Duplex-Kabel Platz, KAT6 Leitungen wären zu dick. Die 4 LWL-Leitungen entsprächen den 4 zu versorgenden Stockwerken. Mit dieser Technologie wäre es also möglich das ganze Wohnheim nahezu ohne Stemm- und Bohrarbeiten zu verkabeln. Ein zentraler Netzwerkschrank im Keller würde alle LWL-Leitungen sammeln und verbinden.

Stückzahl	Artikel / Leistung	Gesamtpreis
1	19" Netzwerkstandverteiler 28 HE incl. Schließung	DM 995,-
76	LWL Anschlußsteckdose 1xSC Duplex	DM 1.520,-
1	Switch HP Procurve 4000M incl. 40 x 10/100 RJ45	DM 4.510,-
5	Module 8 x 10/100 RJ45 für HP Procurve	DM 4.150,-
76	Medienkonverter 100BaseTX <-> 100BaseFX MM	DM 19.532,-
1	230V Anschluß	DM 500,-
3000m	Duplex LWL Leitung MM	DM 3.000,-
304	Steckermontage LWL und OTDR-Messung	DM 7.600,-
77	Patch-Kabel KAT6 0,7m	DM 462,-
257	Verlegen LWL Leitung, Steckdosenmontage, (4 Stunden / DM 20,-)	DM 6.080,-
4	Installation Netzwerkschrank, Auflegen KAT6, Kontrollmessung	DM 2.000,-
	Unvorhergesehenes und Kleinteile	DM 2.000,-
	Gesamtkosten Wörthstraße LAN	DM 52.349,-

Abb. 51: Kalkulation Wörthstraße-LAN

9.12 Wohnheim Klushügel

Das Wohnheim Klushügel besteht aus 3 einzelnen Häusern in denen keine bestehenden Leerrohre zur Leitungsverlegung genutzt werden können. Diese sind nämlich entweder gar nicht vorhanden oder vollständig mit Telefonleitungen belegt. Dort ein Rechnernetz auf Basis von KAT6 oder LWL zu installieren wäre mit erheblichen Bohr-, Stemm- und Erdarbeiten verbunden. Die Arbeitszeit und die damit verbundenen Arbeitskosten wären enorm, die Belästigung der Bewohner erheblich und langwierig. Aus diesem Grund werden die Kosten für ein konventionelles LAN hier nicht kalkuliert.
Wenn man dort wirklich nicht auf ein Netzwerk verzichten will, wäre vielleicht die Installation eines FunkLANs (Kapitel 3.114) sinnvoll. Die folgende Kalkulation bezieht sich auf diese (Not)Lösung. Es wird dafür die Variante mit einer maximalen Geschwindigkeit von 11 Mbit/s gewählt. Wegen der erheblichen Kosten für die PC-Einsteckkarten wird davon ausgegangen, daß 50% der Bewohner mit Daten versorgt werden sollen.
Vor der Installation eines solchen Systems müssen Messungen der Herstellerfirma erfolgen, die Versorgungslücken im Wohnheim und eventuelle Störungen durch den Fahrbetrieb der Deutschen Bahn AG (direkt nebenan) im Vorfeld aufdecken.

Stückzahl	Artikel / Leistung	Gesamtpreis
1	Access Point (Basisstation)	DM 3.650,-
25	PCI-PC-Einsteckkarte mit externer Antenne	DM 39.125,-
1	wetterfeste Installation des Access Point	DM 2.000,-
	Unvorhergesehenes und Kleinteile	DM 3.000,-
	Gesamtkosten Klushügel LAN	DM 47.775,-

Abb. 52: Kalkulation Klushügel-LAN

9.13 Wohnheim Lüstringer Straße

Das Wohnheim Lüstringer Straße besteht aus einem Altbau, in dem nahezu keine Leerohre nutzbar sind, und einem Neubauteil. Dort befinden sich Leerrohre, jeweils ein Stück für 2 Zimmer, die in einem zentralen Versorgungsschacht enden, der eine Verbindung in den Keller ermöglicht. Dadurch ist es möglich alle Zimmer im Neubauteil des Wohnheimes ohne Bohr- und Stemmarbeiten mit LWL-Duplexleitung zu verkabeln. Kupferleitung (KAT6) wäre zu dick. Alle einzelnen Leitungen werden im Keller gebündelt und zum zentralen Netzwerkschrank im Altbau des Wohnheimes geführt.

Im Altbau müßte eine komplette Neuinstallation, auf KAT6 Basis, in den Wohnungen erfolgen. Dazu können lediglich 2 alte, nicht mehr verwendete Schornsteine benutzt werden, durch die alle Leitungen vom Keller in die Wohnungen geführt werden. Die Aufputzverkabelung mit Kabelkanal läßt sich dadurch aber immerhin auf ein Minimum beschränken.

Stückzahl	Artikel / Leistung	Gesamtpreis
24	KAT6 Anschlußsteckdose 1xRJ45	DM 360,-
960m	KAT6 S/UTP FRNC Leitung	DM 748,-
1	19" Patch-Panel KAT6 24xRJ45	DM 200,-
1	19" Netzwerkwandschrank 12 HE incl. Schließung	DM 399,-
1	Switch HP Procurve 4000M incl. 40 x 10/100 RJ45	DM 4.510,-
1	Modul 8 x 10/100 RJ45 für HP Procurve	DM 830,-
24	Medienkonverter 100BaseTX <-> 100BaseFX MM	DM 6.168,-
1	Installation Erdung und 230V Anschluß	DM 700,-
1500m	LWL Duplexleitung MM	DM 1.500,-
96	Steckermontage LWL und OTDR-Messung	DM 2.400,-
24	LWL Anschlußsteckdose 1xSC Duplex	DM 480,-
160m	Kunststoffkabelkanal weiß 15x30	DM 176,-
48	Patch-Kabel KAT6 0,7m	DM 288,-
24	Verlegen KAT6 Leitung, Installation Kabelkanal, Steckdosenmontage, Auflegen KAT6, Kontrollmessung (8 Stunden / DM 20,-)	DM 3.840,-
24	Verlegen LWL Leitung, Steckdosenmontage (4 Stunden / DM 20,-)	DM 1.920,-
1	Installation Netzwerkschrank, Auflegen KAT6, Kontrollmessung	DM 500,-
	Unvorhergesehenes und Kleinteile	DM 2.500,-
	Gesamtkosten Lüstringer Straße LAN	DM 27.519,-

Abb. 53: Kalkulation Lüstringer Straße-LAN

10. Gesamtkalkulation

Kostenart	Betrag
Inhausnetz Wohnheim Jahnplatz (Kapitel 9.1)	DM 114.316,-
Inhausnetz Wohnheim Salzmarkt (Kapitel 9.2)	DM 74.246,-
Inhausnetz Wohnheim Dodesheide (Kapitel 9.3)	DM 99.399,-
Inhausnetz Wohnheim Jahnstraße (Kapitel 9.4)	DM 38.540,-
Inhausnetz Wohnheim Natruper Straße (Kapitel 9.5)	DM 41.774,-
Inhausnetz Wohnheim Blumenmorgen (Kapitel 9.6)	DM 44.730,-
Inhausnetz Wohnheim Rostocker Straße (Kapitel 9.7)	DM 33.081,-
Inhausnetz Wohnheim Wiesenstraße (Kapitel 9.8)	DM 11.609,-
Inhausnetz Wohnheim Kommenderiestraße (Kapitel 9.9)	DM 26.132,-
Inhausnetz Wohnheim Leggeweg (Kapitel 9.10)	DM 34.642,-
Inhausnetz Wohnheim Wörthstraße (Kapitel 9.11)	DM 52.349,-
Inhausnetz Wohnheim Klushügel (Kapitel 9.12)	DM 47.775,-
Inhausnetz Wohnheim Lüstringer Straße (Kapitel 9.13)	DM 27.519,-
WAN-Verbindungen (Kapitel 8.25)	DM 446.359,-
LAN Kabelmeter mit LWL-Option (Meßgerät für KAT6- und MM-LWL-Kabel)	DM 6.022,-
Angestellte(r) zur Betreuung (Bauleitung) für 6 Monate (Kapitel 8.24)	DM 40.000,-
Layer-3 Switch im Universitätsgebäude am Heger-Tor-Wall	DM 9.000,-
Server der Dienste WWW, FTP, Mail für alle Wohnheime (Kapitel 6.4)	DM 15.000,-
Ausstattung Verwaltungsraum für Betreiberverein (Kapitel 6.5)	DM 5.000,-
Gesamtkosten des Projetes	DM 1.167.493,-

Abb. 54: Gesamtkostenkalkulation des Projektes Studentennetz Osnabrück

11. Schlußbetrachtungen

Hinter jeder Projektplanung steht die Frage der Realisierung. Mit der Ausstattung des Wohnheimes Caprivistraße wurde vom Studentenwerk Osnabrück bereits im Vorfeld ein Zeichen für die Bereitschaft zur Realisierung nachrichtentechnischer Projekte gesetzt. Negative Erfahrungen wurden während der Bauzeit, die sich extrem lang gestaltete, deutlich. Mit dieser Diplomarbeit soll eine Grundlage für eine zügige Ausstattung der Wohnheime geschaffen werden. Immer wiederkehrende Probleme sollen öffentlich gemacht werden, damit im Vorfeld Lösungen gefunden werden können.

Es ist unwahrscheinlich, daß sich die Entscheidungsträger zur vollständigen Projektrealisierung entschließen werden. Mit dieser Absicht wurde aber auch nicht geplant. Vielmehr besteht die Möglichkeit alle Wohnheime nacheinander zu bearbeiten und den aktuellen Entwicklungen und Erfahrungen gerecht zu werden, so daß sich am Ende der Planungszustand ergibt. Es muß aber darauf geachtet werden, daß zwischen den Projekten aufgrund der WAN-Anbindungen gewisse Abhängigkeiten bestehen. Außerdem stellt sich bei einer länger andauernden Realisierungsphase die Frage nach dem Projektleiter, der dann über einen erheblich längeren Zeitraum beschäftigt werden müßte.

Es ist sicher sinnvoll zuerst die großen Wohnheime (Dodesheide, Jahnplatz) zu betrachten, weil dort die Kosten pro "an das Hochschulnetz angebundenes Zimmer" geringer sind. Auch teilt sich der Betrag für die WAN Anbindung unter der hohen Anzahl der Zimmer auf. Vor dem Ende des Gesamtprojektes könnte dann darüber nachgedacht werden auch sehr kleine Wohnheime (unter 20 Wohnplätze), die in dieser Diplomarbeit von der Studentennetzplanung ausgenommen wurden, auch noch zu bearbeiten. Mit dem Zustand könnte die Wohnheimverwaltung, wie auch schon einige andere Universitätsstädte, mit dem Fazit "alle Wohnheime am Hochschulnetz" werben, was sicher im Interesse aller Beteiligten (Universität, Fachhochschule, Studentenwerk, Studierende) ist.

Während die Ausführungen über Telefonanschlüsse und Radio- / Fernsehprogrammverteilung hauptsächlich eine Minimierung der Kosten bei ähnlichen Leistungen zur Folge haben, stellt das

Projekt "Rechnernetz in Wohnheimen" eine neue Technologie zur Verfügung und erhält dadurch eine vergleichsweise höhere Priorität. Das sollte sich auch in der Reihenfolge der Projektrealisierung bemerkbar machen.
Insgesamt gibt es in den Osnabrücker Wohnheimen viele Möglichkeiten die nachrichtentechnische Infrastruktur mit realistischen Mitteln zu verbessern, offensichtlich ist dazu auch die nötige Motivation und Innovation vorhanden.

12. Literatur- und Adreß-Verzeichnis

- Homepage des Hermann-Ehlers-Hauses - http://www.heh.uni-osnabrueck.de, 8.9.1999
- Homepage des SedaNet e.V. - http://www.sedan.uni-osnabrueck.de, 8.9.1999
- Integration studentischer Wohnanlagen in die Datenkommunikation einer Hochschule - Hans-Ulrich Kiel, 1996
- ADSL Infos - http://www.top-shop.net/ADSL/, 8.9.1999
- xDSL Infos der VDE Gruppe Stuttgart - http://www.uni-stuttgart.de/STUDinfo/vde/infos/modem/xDSL.html, 8.9.1999
- Pilotprojekt Münster - http://www.uni-muenster.de/ZIV/ADSLProjekt/, 8.9.1999
- Cisco Webkatalog - http://www.cisco.com/warp/public/cc/cisco/mkt/ access/cpe600/prodlit/_de_675_ds.htm, 8.9.1999
- ADSL Feldversuch Göttingen - http://gwdu19.gwdg.de/~aisslei/adsl/, 8.9.1999
- ADSL Lesezeichen - http://www.weblehre.de/hardware/397.htm, 8.9.1999
- Stört Datenfunk auf Leitungen den KW-Empfang ? - CQ DL Amateurfunkmagazin, 3/1999
- Skript zur Vorlesung Kommunikationsnetze - Prof. Dr. Gerald Timmer 1998
- BK-Netz Hannover - http://www.rvs.uni-hannover.de/Wohnheim/, 9.9.1999
- "Schwarzes Brett" des WH-NOC - http://www.uni-stuttgart.de/wh/noc/board_old.htm, 9.9.1999
- Steinkühler Netzwerk Systeme - http://www.steinkuehler.de/wavelanuebersicht.htm, 9.9.1999
- HIT-Haack IT Service - http://www.hit-gmbh.de/sonderpr.asp, 9.9.1999
- Anschlußbelegung UAE-DAT100 - Merkblatt BTR Telecom 1994
- SecoNet Katalog 1999 - SecoNet GmbH Berlin
- Fachbericht: Internet im Wohnheim - http://www.fh-telekom-leipzig.de/~s97324/projekt1/, 14.9.1999
- Grundlagen der Netzwerk- und DFÜ-Technik - http://www.shamrock.de/dfu/indexj.htm, 14.9.1999
- Fast Ethernet und Gigabit Ethernet - http://www.may.co.at/netzwerke/Netzwerktechnologien/gigaethern.htm, 14.9.1999
- Lokale Netze Skript - http://homepages.fh-giessen.de/~hg51/Lan/lan_98.html, 14.9.1999
- Netzwerke LAN - http://www.office-shop.de/info/lannetze.htm, 14.9.1999
- Flughafen Düsseldorf durch PVC... - http://www.greenpeace.de/GP_DOK_3P/PRESSEMI/P960416.HTM, 14.9.1999
- transtec Germany Homepage - http://www.transtec.de/doit/home/sid=0376B74DBXX5FFC4?country=d, 14.9.1999
- 1000Base Verkabelung - http://www.deltacom.de/press/gigabit/news260598.htm, 14.9.1999
- Grundlagen Gigabit Ethernet - http://www.deltacom.de/products/efg/fe5bis8_nf.htm, 14.9.1999
- Soft-Carrier Katalog 1998/99 - soft-carrier Computerzubehör GmbH Trier
- Ethernet Infos - http://www.goc.de/ethernet.htm, 16.9.1999
- LWL Grafik - http://wir-kabel.de/04-b/04-b-01.htm, 16.9.1999
- Know-how LWL - http://www.baader-computer.de/know/s12.htm, 16.9.1999
- LWL Kabel von FOP GmbH Crailsheim - http://www.fop.de/lwlkab.htm, 16.9.1999
- a.b.a.-tec Homepage - http://www.abatecgmbh.de/Home.html, 16.9.1999

- Euromicron GmbH - http://www.euromicron-fo.de/, 16.9.1999
- Fernmelde-Ingenieur 4/'99 - IP und ATM von H. Orlamünder
- VDS 2080 - Richtlinien zur Schadensverhütung für Kabelverteilsysteme
- VDS 2025 - Richtlinien zur Schadensverhütung für Kabel- und Leitungsanlagen
- Bandbreite zum Spartarif, Bernd Reder - Gateway Magazin 12-13/99
- Saft über das Datenkabel, D.Mohl & T.Schramm - Gateway Magazin 12-13/99
- Projektierungshilfen für Gemeinschaftsantennenanlagen - Firma Blankom, Bad Blankenburg
- Lieferprogramm 98 / 99 - Blankom Antennentechnik GmbH, Bad Blankenburg
- Satelliten-Empfangsanlagen - Kathrein-Werke KG, Rosenheim
- Tabellen Kommunikationselektronik - Brechmann, Dzieia, Hörnemann, Hübscher, Jagla, Petersen
- Systemkomponenten für interaktive Breitband-Netze - Hirschmann Rheinmetall Elektronik
- DVB-Digital Video Broadcasting - http://www.e-technik.uni-kl.de/nachrichtentechnik/nat-forschung/dvb.html, 27.9.1999
- Digital und terrestrisch - radio fernsehen elektronik 4 / 98
- DAB Inhouse-Versorgung - radio fernsehen elektronik 3 / 99
- Online Katalog WIR-Kabel - http://wir-kabel.de/04-b/04-b-11.htm, 27.9.1999
- Preisliste Deutsche Telekom AG: Standard-Festverbindungen
- Afu noch verschont, u.a. - CQ DL Amateurfunkmagazin, 6/1999 und 8/1999
- Regulierungsbehoerde fuer Telekommunikation und Post - http://www.regtp.de/, 28.9.1999
- ARtem)))) Produkte - http://www.artem.de/deutsch/produkte/wirelessbridge/bundles.html, 28.9.1999
- OMNITRON Laserlink - http://www.omnitron.de/angebote/opt_rf3.html, 29.9.1999
- ATM Technik - http://www.uni-karlsruhe.de/~hadinet/atm.html, 11.10.1999
- SDH Beschreibung - http://2cool4u.ch/Technische_Infos_zu_SDH_&_ATM/Technische_Infos_SDH_&_ATM.htm, 28.9.1999
- ATM-Informationen - http://www.transtec.de/adb/WWW_cat.main.plp/sid=037DE6149XX47DCL?Z/D/D/D/chap%3Bgellan/YYYYL, 11.10.1999
- Internet-Traffic bändigen - Fachzeitschrift N&C, 5/99
- Vorfahrt für eilige Daten, Erwin Kampmann - Gateway Magazin 12-13/99
- DFN e.V. Homepage - http://www.dfn.de, 11.10.1999
- Schnitzeljagd, Browser-Dienst im Windows-Netzwerk - Jörg Rech, c't 12/1999
- Bandbreite der Datenautobahn - http://www.tu-bs.de/rz/doku/mitteilungen/mitt152/node3.html, 19.10.1999
- uni@home-zum City-Tarif ins Internet - http://www.fernuni-hagen.de/URZ/FUNet/telekom.zugang.html
- Wohnheim-Server-RHW-Münster - http://www-rhw.uni-muenster.de/, 21.10.1999
- Studentenwerk Münster - http://www.uni-muenster.de/Studentenwerk/, 22.10.1999
- Clausthaler Wohnheime am Netz - http://home.tu-clausthal.de/student/wohnheime/, 22.10.1999
- Selbst vernetzen spezial - Jürgen Kuri, c't 17/1999
- hacker's guide-Sicherheit im Internet und im lokalen Netz - anonymous, 1998
- Siemens Consultant Handbuch CDRom, Ausgabe 99/I
- Technische Empfehlung für Empfangs- und Verteilanlagen für Rundfunksignale - BAPT, 1996