

**Projektarbeit Wintersemester 2001/02**

Studiengang Kommunikation & Informatik

**ADSL und Cable als Breitband-Zugangstechniken**

Dozent: Hans Weibel

Abgabetermin: 22. Februar 2002

verfasst von:

Stefan Born  
Hoffeld 36  
8057 Zürich

bornste@zhwin.ch

Thomas Egeter  
Bruggetweg  
8321 Ehrikon

egetetho@zhwin.ch

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Untersuchung der Marktsituation in der Schweiz</b> .....	<b>2</b>
2.1	Breitbandzugangstechniken in der Schweiz.....	2
2.1.1	Digital Subscriber Line (DSL) .....	2
2.1.2	Satellit .....	4
2.1.3	Powerline Communications (PLC).....	5
2.1.4	Wireless Local Loop (WLL).....	7
2.2	ADSL und Cable.....	10
2.2.1	ADSL .....	10
2.2.2	Cable.....	13
2.2.3	Vertragsbedingungen und Tarife .....	15
2.3	Die verschiedenen Breitbandsystemen im Überblick .....	17
<b>3</b>	<b>Installation und Konfiguration von ADSL und Cable</b> .....	<b>18</b>
3.1	ADSL .....	18
3.1.1	Benötigte Geräte .....	18
3.1.2	Installation .....	18
3.1.3	Konfiguration.....	20
3.1.4	Benutzerfreundlichkeit.....	21
3.1.5	Ausbaumöglichkeiten .....	21
3.2	Cable.....	22
3.2.1	Benötigte Geräte .....	22
3.2.2	Installation .....	22
3.2.3	Konfiguration.....	23
3.2.4	Benutzerfreundlichkeit.....	24
3.2.5	Ausbaumöglichkeiten .....	25

<b>4</b>	<b>Untersuchung von ADSL und Cable .....</b>	<b>26</b>
4.1	Versuchsanordnungen .....	26
4.2	Sicherheit .....	27
4.2.1	Allgemeine Sicherheitshinweise.....	27
4.2.2	Sicherheit von ADSL.....	28
4.2.3	Sicherheit von Cable .....	29
4.3	Performance .....	30
4.3.1	Allgemeine Faktoren .....	30
4.3.2	Wie schnell sind ADSL und Cable denn nun wirklich? .....	31
4.4	Kompatibilität.....	32
4.4.1	Hinweise zu Port-Forwarding .....	32
4.4.2	Welche der getesteten Programme laufen nicht mit ADSL und Cable? .....	33
4.4.3	Welche der getesteten Dienste laufen nicht mit ADSL und Cable? .....	33
4.4.4	VPN-Unterstützung von ADSL und Cable.....	33
<b>5</b>	<b>Schlusswort.....</b>	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>Anhang A – Glossar .....</b>	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>Anhang B – Wissenswertes.....</b>	<b>38</b>
<b>8</b>	<b>Anhang C – Organisation der Projektarbeit.....</b>	<b>39</b>
8.1	Ablaufschema .....	39
8.2	Zeitplan .....	39
8.3	Probleme.....	39
<b>9</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>40</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>41</b>

# 1 Einleitung

Das Angebot an Technologien für den Internetzugang wird zunehmend unübersichtlicher. Für viele stellt sich die Frage, wann der richtige Zeitpunkt für einen Wechsel auf eine neue Breitband-Technologie mit hoher Bandbreite gekommen ist. Ein klarer Trend ist die permanente Verbindung zum Internet mit einer Standleitung. Ob über ADSL, Cablemodem, Satellit oder Wireless Local Loop – eine konstante Verbindung zum Internet bringt klare Vorteile. Mit neuen Technologien wird eine Standleitung immer preiswerter und auch für den privaten Benutzer sowie kleinere Unternehmen erschwinglich oder sogar preiswerter als ein Zugang über Dial-up.

Diese Arbeit befasst sich hauptsächlich mit den zwei beliebtesten Breitbandssystemen auf dem Schweizermarkt: ADSL und Cable

Im ersten Kapitel wird auf die jetzige Marktsituation eingegangen und diese analysiert. Es soll ein Überblick gegeben werden über die in der Schweiz erhältlichen Breitbandssysteme und deren Eigenschaften, bzw. Vorteile und Nachteile. Nach dieser Übersicht werden ADSL und Cable etwas umfangreicher und genauer vorgestellt, und ebenfalls ihre Stärken und Schwächen erläutert. In einem abschliessenden Vergleich werden alle Systeme einander gegenübergestellt, anhand der Providerangebote mit den kleinsten und den grössten Bandbreiten, um dem Leser einen einfachen Vergleich zu bieten.

In den folgenden Kapiteln wird dann ausführlich auf ADSL und Cable eingegangen. Anhand einer Versuchsinstallation beider Systeme werden die Installation und die Konfiguration analysiert und dokumentiert. Diese Untersuchung umfasst unter anderem die benötigten Geräte, die Benutzerfreundlichkeit und die Ausbaumöglichkeiten der Breitband-Zugangstechniken.

Im dritten und letzten Kapitel werden ADSL und Cable auf Sicherheit, Performance und Kompatibilität untersucht.

Die zu erreichenden Ziele dieser Arbeit sind:

- Der Stand der Breitbandtechniken auf dem Markt Schweiz ist abgeklärt und dokumentiert.
- Eine Mehrplatz-Musterkonfiguration mit NAT und Firewall ist aufgebaut und bezüglich der entscheidenden Kriterien untersucht worden.

## 2 Untersuchung der Marktsituation in der Schweiz

### 2.1 Breitbandzugangstechniken in der Schweiz

Für private Anwender und SOHO<sup>1</sup> bieten sich in der Schweiz diverse Möglichkeiten für einen Breitbandanschluss an. Im Folgenden wird über diese Breitbandzugangstechniken ein kurzer Überblick gegeben, wobei ADSL und Cable in Abschnitt 2.2 ausführlicher behandelt werden. Dieser Teil der Arbeit soll einen Einblick in die anderen Breitbandsysteme gewähren.

#### 2.1.1 Digital Subscriber Line (DSL)

DSL ist der Überbegriff für die verschiedenen xDSL-Technologien. Bei DSL wird, im Gegensatz zu anderen Technologien, das normale Telefonnetz (POTS), wie z.B. auch bei ISDN oder beim analogen Internetzugang, verwendet. Dies bringt einige Vorteile mit sich, unter anderem ist die Technologie grundsätzlich an jedem Ort verfügbar, an dem es auch einen Telefonanschluss gibt. Diese Technologie verschafft dem Endkunden, gegenüber dem älteren ISDN, viel höhere Bandbreiten, welche in der heutigen Zeit des multimedialen Internets mehr denn je benötigt werden, denn DSL verspricht Bandbreiten von bis zu 50 Mbps.

##### *Die Technik:*

DSL benutzt, im Gegensatz zu POTS, ein viel grösseres Frequenzspektrum der Telefonleitung. Normale analoge Modems benutzen nur die ersten 4 kHz (die normale Sprachtelefonie benötigt nicht mehr), wobei DSL hingegen das gesamte Spektrum bis hin zu etwa 1 MHz verwendet. Je nach Technologie wird das ganze Frequenzband (z.B. SDSL) oder „nur“ der Teil über 4 kHz benutzt (z.B. ADSL).

##### *Vorteile:*

- hohe Verfügbarkeit (die grundsätzlichen Voraussetzungen sind meist überall erfüllt)
- relativ hohe Bandbreiten
- keine Bandbreitenteilung
- günstige Technologie
- konstante Down- bzw. Upstreams und Reaktionszeiten

##### *Nachteile:*

- kleinere Bandbreiten als bei anderen Technologien (vgl. Cablemodem)
- relativ aufwendig (bzgl. Support und Installation)
- viele Voraussetzungen (bzgl. Distanz, Dämpfung etc.) müssen erfüllt sein

---

<sup>1</sup> Small Office / Home Office.

### *Ein Überblick über die verschiedenen xDSL-Technologien*

**ADSL** *Asymmetric Digital Subscriber Line*

ADSL wird in Abschnitt 2.2.1 näher erläutert.

**CDSL** *Consumer Digital Subscriber Line*

CDSL ist ein asymmetrisches Übertragungsverfahren, bei welchem eine Downstream-Datenrate von 1 Mbps und eine Upstream-Geschwindigkeit von 128 Kbps erzielt werden. Das CDSL-Verfahren arbeitet mit einem Modem und kann für Entfernungen von bis zu 5,5 km eingesetzt werden.

**HDSL** *High Bit-rate Digital Subscriber Line*

HDSL ist mit einem Alter von etwa 10 Jahren eine der ältesten DSL-Technologien. HDSL wird meist als relativ günstige Alternative zu den recht teuren T1/E1-Leitungen genutzt. HDSL benötigt hierzu zwei Leitungen. Die Technologie ist vor allem für Geschäfte geeignet, da sie 1.5 Mbps Upstream wie auch Downstream liefert. Der einzige Nachteil an HDSL ist die relativ kurze Reichweite von 5 km.

**IDSL** *ISDN Digital Subscriber Line*

IDSL verwendet die ISDN-Übertragungstechnologie mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 144 Kbps. IDSL ist vor allem eine Lösung für entlegene Orte, deren Telefonzentrale nicht für ADSL oder andere DSL-Technologien ausgerüstet ist oder einfach zu weit weg ist. Mit IDSL lassen sich auch Distanzen von 8-10 km überwinden. IDSL ist nur wenig schneller als ISDN mit Kanalbündelung (144 Kbps gegenüber 128 Kbps), da einfach der 16 Kbps-Kanal noch hinzugeschaltet wird.

**RADSL** *Rate Adaptive Digital Subscriber Line*

Bei dem RADSL-Verfahren entsprechen die Datenraten denen von ADSL. Allerdings ist der Entfernungsbereich mit bis zu 18 km wesentlich größer als bei allen anderen DSL-Verfahren, wobei die Entfernung unmittelbar durch die Übertragungsgeschwindigkeit beeinflusst wird.

**SDSL** *Symmetric Digital Subscriber Line*

SDSL ist eine symmetrische DSL-Technologie, d.h. die Down- und Uploadraten sind gleich. Aus diesem Grunde wird SDSL (als Erweiterung von HDSL) als Alternative zu normalen Mietleitungen wie der T1/E1 genutzt, da DSL-Technologien generell günstiger sind als die alten Standards.

SDSL baut auf der HDSL-Technologie auf, benötigt aber nur eine Leitung. Dies wirkt sich in der maximalen Reichweite von 3,6 Kilometern aus. SDSL hat eine maximale Bandbreite von 1.5 Mbps Down- und Upstream.

**VDSL** *Very High Speed Digital Subscriber Line*

VDSL beschreibt die Übertragung digitaler Daten über die Telefonleitung mit sehr hohen Bitraten, asymmetrisch oder symmetrisch. Es sind Geschwindigkeiten von 13 Mbps bis 55 Mbps möglich. Eine Leitung kann bis 1500 Meter lang sein. Auch hier gilt: je kürzer die Leitung (und je besser deren Qualität), desto höher die Geschwindigkeit. VDSL wird hauptsächlich von Firmen genutzt.

### 2.1.2 Satellit

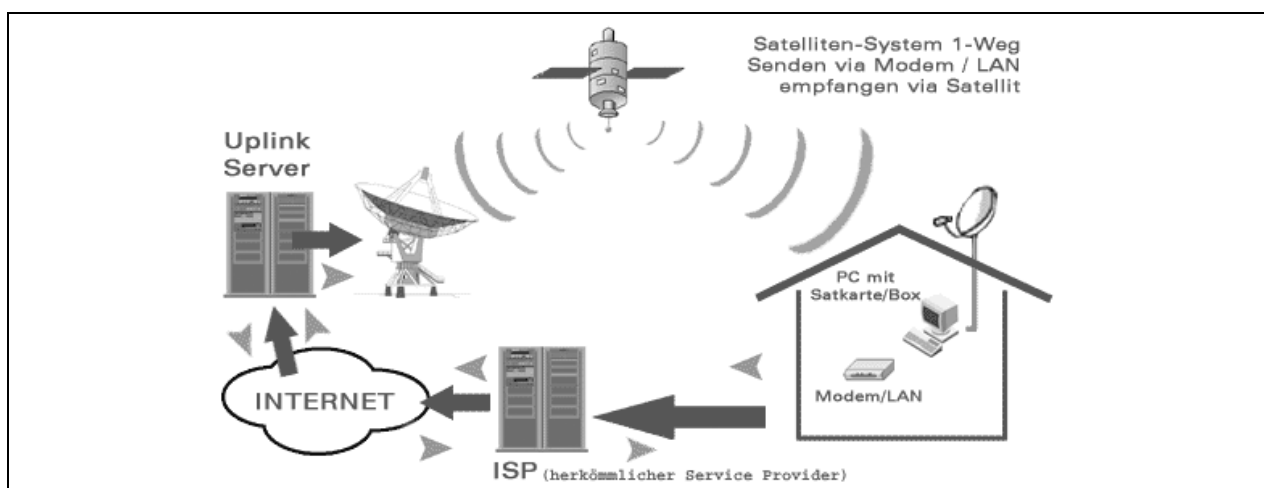
Der Internetzugang über eine Satellitenverbindung ist sicherlich nicht jedermanns Sache, da dieser Zugang im Gegensatz zu anderen Breitbandverbindungen (namentlich Cable und xDSL) meist sehr kostenaufwändig ist und zusätzlich noch einige andere Probleme aufweist, mit denen andere Zugangsarten nicht zu kämpfen haben (z.B. sehr grosse Verzögerung). Falls man jedoch keinen anderen Zugang benutzen kann, da es einfach keine Alternativen gibt oder diese zu Wucherpreisen angeboten werden, wird man beim Satellitenzugang sicherlich hellhörig werden, da dieser das verspricht, was kein anderer Zugang zu bieten hat: Ortsunabhängigkeit.

#### Die Technik:

Der Endbenutzer wird, nachdem er sich bei einem Satellitenprovider angemeldet hat, eine Satellitenschüssel bei sich installieren müssen und diese auf den geostationären<sup>2</sup> Satelliten des jeweiligen Providers richten. Die installierte Satellitenschüssel wird jedoch meist nicht für den Upstream, dafür aber umso mehr für den Downstream verwendet. Einige Provider versprechen hier Bandbreiten von bis zu 8 Mbps.

Der Upstream wird meist über eine normale Analogleitung oder ISDN erfolgen. Hierzu muss man sich wie in den guten alten Zeiten einwählen - dies ist dann natürlich mit Kosten verbunden. Meist wird hier pro Minute abgerechnet; Flatrates sind rar.

#### Abbildung 1: Funktionsprinzip Satelliten-Breitbandverbindung



Quelle: [www.satspeed.de](http://www.satspeed.de)

<sup>2</sup> Geostationäre Satelliten befinden sich in einer Höhe von etwa 38'000 km und stehen, relativ zur Erde gesehen, immer am selben Ort.

*Vorteile:*

- ortsunabhängiger Zugang
- grosse Downstream-Kapazitäten
- es können auch ausländische ISP gewählt werden
- empfangen von Digital-TV- und Radio Programmen (zusätzliches Abonnement)

*Nachteile:*

- meist kostenaufwändig (siehe nachfolgende Begründung)
- grosse Verzögerung
- kleine Upstream-Kapazität
- nicht wirklich always-on, jedenfalls nicht als Flatrate
- nicht für Serverbetrieb geeignet

Der wohl gravierendste Unterschied zu anderen Breitbandsystemen, neben der grossen Verzögerung, stellen die Kosten dar. Während bei anderen Systemen eine monatliche Pauschale bezahlt wird, sofern keine Downloadlimiten vorhanden sind, bezahlt man bei einer Satellitenverbindung die downgeladete Datenmenge, welche in sogenannte „Skyslices“<sup>3</sup> eingeteilt wird. Während man bei der kleinsten Bandbreite (128 Kbps) keine Skyslices verrechnet bekommt, bezahlt man für die maximale (8 Mbps) doch schon 0.17 CHF/Skyslice<sup>4</sup>. Dafür ist der Benutzer nicht an eine fixe Bandbreite gebunden, sondern kann diese nach belieben anpassen, bezahlt aber auch dafür. Es darf jedoch nicht vergessen werden, dass zu diesen Kosten zusätzlich noch die Gebühren des Upstream-Anschlusses, d.h die Verbindung zum ISP, und gegebenenfalls die Telefongebühren hinzukommen.

### **2.1.3 Powerline Communications (PLC)**

Powerline Communication ist die Übertragung von Sprache, Daten und Bildern über das Stromnetz. Damit bietet die Steckdose den schnellsten und einfachsten Zugang ins Internet als Plattform für alle Kommunikationsdienste. Die breitbandige PLC-Technologie ermöglicht zur Zeit eine Datenübertragung bis zu 2 Megabit pro Sekunde, und das symmetrisch sowohl beim Empfangen als auch beim Senden. Das entspricht einer Geschwindigkeit, die 15 bis 30-mal schneller ist als bei ISDN.

Bei PLC scheint sich, ähnlich wie bei Cable, worauf in Kapitel 2.2.3 noch eingegangen wird, eine Gebundenheit des Endnutzers gegenüber den Hardwareherstellern und Providern abzuzeichnen. Da die gesetzlichen Auflagen für PLC in Europa sehr streng sind, scheint Ascom momentan der einzige Hersteller zu sein, welcher Hardwareprodukte für PLC anbieten kann.

---

<sup>3</sup> 1 Skyslice entspricht 180 Kilobyte.

<sup>4</sup> Tarife von [www.interdata.ch](http://www.interdata.ch), SkyWorld Plus-Abonnement, 20.01.2002.



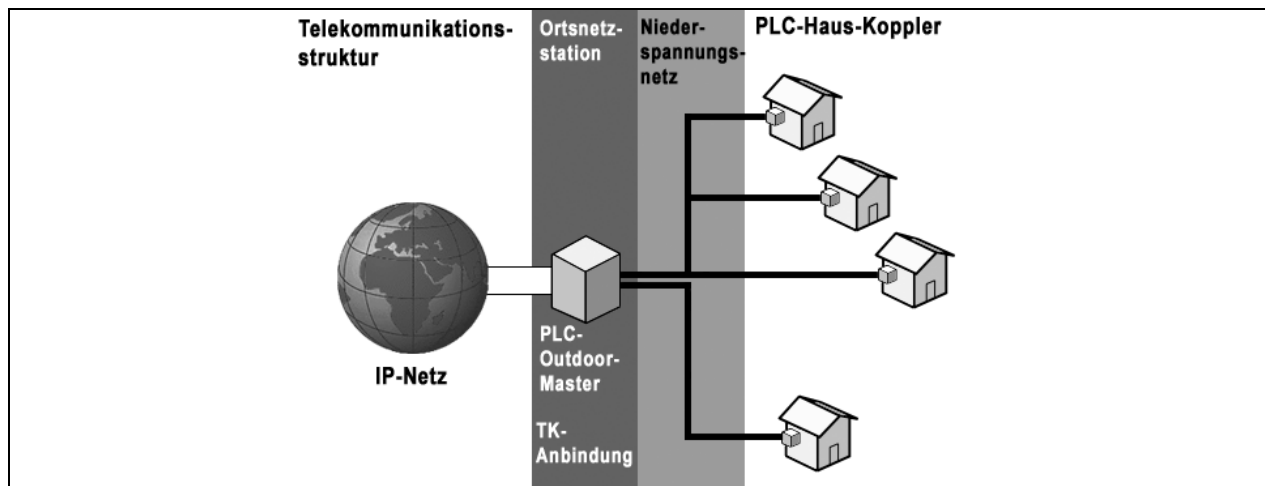
In der Schweiz hat Ascom im September 2001 mit den Freiburgischen Elektrizitätswerken (FEW) den ersten Powerline-Communications-Vertrag abgeschlossen, welchen Kunden der FEW bereits nutzen können. Diese Dienstleistung bietet FEW in Zusammenarbeit mit dem Telekommunikationsunternehmen Sunrise an und vermarktet diese unter dem Namen „Sunrise Powernet“. Je nach Nachfrage plant Sunrise ihr Angebot Zug um Zug in verschiedenen Gebieten, in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Elektrizitätswerken, aufzuschalten.

#### *Die Technik:*

Bei PLC fließen die Daten nicht auf ihrem gesamten Weg durch die Stromkabel, sondern nur die wenigen hundert Meter über das Niederspannungsnetz vom Anwender bis zum nächsten Transformatorenhäuschen des Stromversorgers. Zum Verständnis der PLC-Technologie ist eine Betrachtung von zwei Bereichen sinnvoll: Man unterscheidet Vorgänge, die sich außerhalb (Outdoor) und solche die sich innerhalb des Hauses (Indoor) abspielen.

*Powerline ausserhalb des Hauses:* Die Ortsnetzstation wird mit dem Telefonnetz und/oder dem IP-Backbone über herkömmliche Telekommunikations-Infrastruktur verbunden. Dort werden Daten- und Sprachsignale auf die Stromleitungen gekoppelt. Die Datensignale werden zusammen mit dem Strom bis zu jeder Steckdose in die angeschlossenen Häuser übertragen. Powerline arbeitet nach dem Punkt-zu-Multipunkt-Prinzip, d.h. alle Anwender, die an dieselbe Ortsnetzstation angeschlossen sind, nutzen die vorhandene Bandbreite. Zur Zeit stehen insgesamt etwa 2 Mbps zur Verfügung. Ein dynamisches Bandbreitenmanagement sorgt dabei für eine optimale Nutzung und dafür, dass jedem der angeschlossenen Anwender jederzeit genügend Bandbreite zur Verfügung steht. Über einen Hausanschluss werden die transportierten Daten auf das Niederspannungsnetz im Haus moduliert. Die Steuerung erfolgt nach dem Master/Slave-Prinzip in einem Computer: Ein Outdoor-Master kommuniziert mit mehreren Hausanschlusssystemen.

*Powerline innerhalb des Hauses:* Ein sogenannter Outdoor-Access-Point koppelt den ankommenden "Datenstrom" auf das Indoor-Netz. Im Haus steuert und koordiniert ein Indoor-Controller alle gesendeten Datensignale. Dazwischen geschaltete Adapter trennen Daten und Strom an der Steckdose und führen die Daten den jeweiligen Anwendungen (PC, Fax, Telefon) zu. Die Adapter sind mit verschiedenen Standard-Schnittstellen für die unterschiedlichsten Endgeräte verfügbar.

**Abbildung 2: Funktionsprinzip Powerline Communications**

Quelle: [www.rwe.de](http://www.rwe.de)

#### *Vorteile:*

- keine Datenvernetzung in Gebäuden
- Vernetzung von Haushaltsgeräten (z.B. Klimaanlage, Heizung, Beleuchtung, etc.)

#### *Nachteile:*

- neue Technologie (Kinderkrankheiten)
- hohe Störpegel durch Lampen, Netzteile, Haushaltsgeräte, etc.
- keine oder mangelhafte Abschirmung
- variierende Impedanzen
- PLC-Signale können Funkdienste stören (z.B. Radiosender, Amateurfunke, etc.)
- mangelnde Sicherheit: PLC-Signale können von jedermann abgehört werden
- Benutzer teilt die Bandbreite mit anderen Usern, welche an der selben Ortsnetzstation angeschlossen sind

### **2.1.4 Wireless Local Loop (WLL)**

Als Teilnehmeranschluss, häufig auch „letzte Meile“ oder „Local Loop“ genannt, wird die Verbindung zwischen einem Hausanschluss und der ersten Vermittlungsstelle bezeichnet. Bisher bestand dieser Teilnehmeranschluss normalerweise aus Kupferleitungen. Mit der Technik des drahtlosen Teilnehmeranschlusses, Wireless Local Loop (WLL), kann diese Verbindung mittels einer Funkverbindung hergestellt werden. WLL ermöglicht somit eine drahtlose Verbindung zwischen einem Teilnehmer und einer Zentralstation. Es müssen daher keine neuen Kabel zwischen Telefonzentrale und Teilnehmer verlegt werden, d.h. es wird ein Anschlussnetz ohne leitergebundene Infrastruktur aufgebaut.

Die WLL-Technologie ermöglicht nicht nur Telefonanschlüsse für die Sprachübermittlung, sondern auch Datenübertragungsdienste mit hohen Datenraten in beide Richtungen,

beispielsweise für den Datentransfer zwischen lokalen Netzen, den breitbandigen Internet-Zugang und Multimedia-Anwendungen. Vorerst ist WLL vor allem für Teilnehmer geeignet, deren Kommunikationsvolumen mit der bestehenden Infrastruktur – sprich Telefonanschluss – nicht mehr abgedeckt werden kann. Dies trifft heute insbesondere für Unternehmen zu. In einer zweiten Phase dürften aber auch Privatkunden von dieser Technologie profitieren.

### Die Technik:

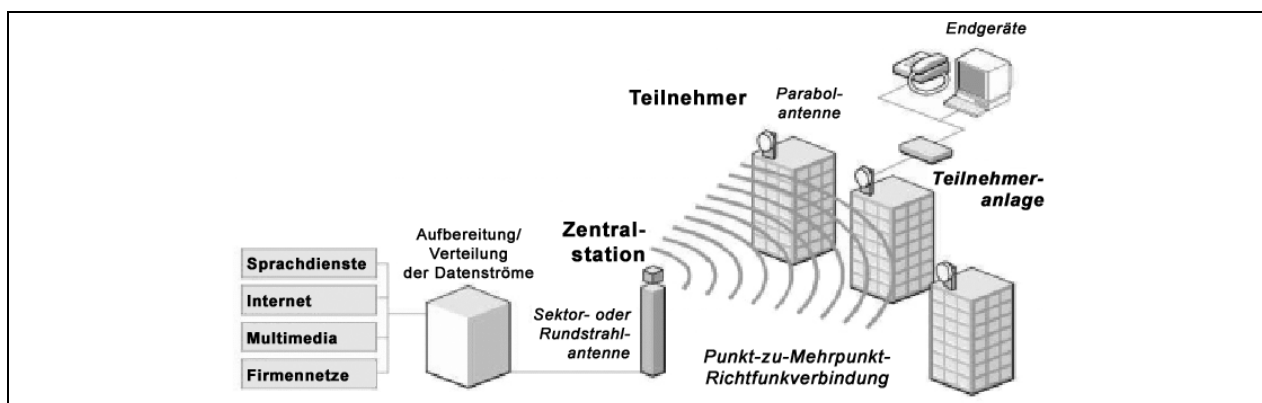
Im Gegensatz zu Richtfunknetzen, die jeweils nur zwei Endpunkte mit einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung (Point-to-Point) erschliessen, sendet in einem WLL-Netz eine Zentralstation die Funksignale innerhalb eines Sektors aus, um so mehrere Teilnehmeranlagen (Aussenstationen) im Versorgungsgebiet zu erreichen (Point-to-Multipoint). Die Funksignale der Teilnehmeranlage in Richtung Zentralstation können wie beim Richtfunk gebündelt gesendet werden. Ein grossflächiges Siedlungsgebiet wird – ähnlich dem Mobilfunk – in mehrere Teilgebiete aufgeteilt, die durch je eine Zentralstation erschlossen werden.

Die fernmeldetechnischen Anspeisungsleitungen von den Netzknoten (Vermittlungseinrichtungen) zu den Zentralstationen werden möglichst mit Glasfasern oder anderen Übertragungsmedien wie Kupfer oder Richtfunk erschlossen.

Teilnehmerseitig wird eine Funksende- und Empfangsstation installiert, die hausintern über normale leitergebundene Installationen die Kommunikationssteckdosen herkömmlicher Endgeräte anspeist.

Die maximal überbrückbaren Entfernungen sind frequenzabhängig und können bei Frequenzen von 2 GHz zwischen 40 und 100 km liegen. Bei höheren Frequenzen reduziert sich die Reichweite. Je nach Systemtechnik kann eine Übertragungskapazität von bis zu 34 Mbps realisiert werden.

**Abbildung 3: Funktionsprinzip Wireless Local Loop**



Quelle: [www.bakom.ch](http://www.bakom.ch)

*Vorteile:*

- hat keine Kinderkrankheiten mehr
- Anbieter sind unabhängig auf der „letzten Meile“
- schnelle Versorgung eines geografischen Gebiets
- keine neuen Leitungen zwischen Zentralstation und Teilnehmer
- schnelle und relativ einfache Installation
- günstig

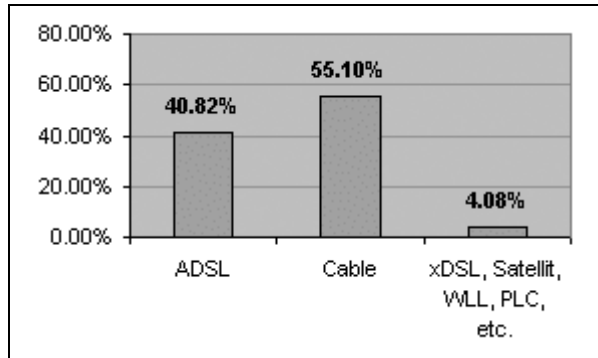
*Nachteile:*

- noch nicht weit verbreitet
- Sichtverbindung zwischen Zentralstation und Teilnehmer
- Strahlenbelastung
- alle angeschlossenen Teilnehmer müssen sich die Bandbreite teilen

## 2.2 ADSL und Cable

Neben den vorhergehend beschriebenen Breitbandsystemen, welche noch nicht sehr weit verbreitet sind, bietet der schweizerische Markt zwei weitere Systeme an: ADSL und Cable.

**Abbildung 4: Breitbandverbreitung**



Quelle: [www.konsumenteninfo.ch](http://www.konsumenteninfo.ch)

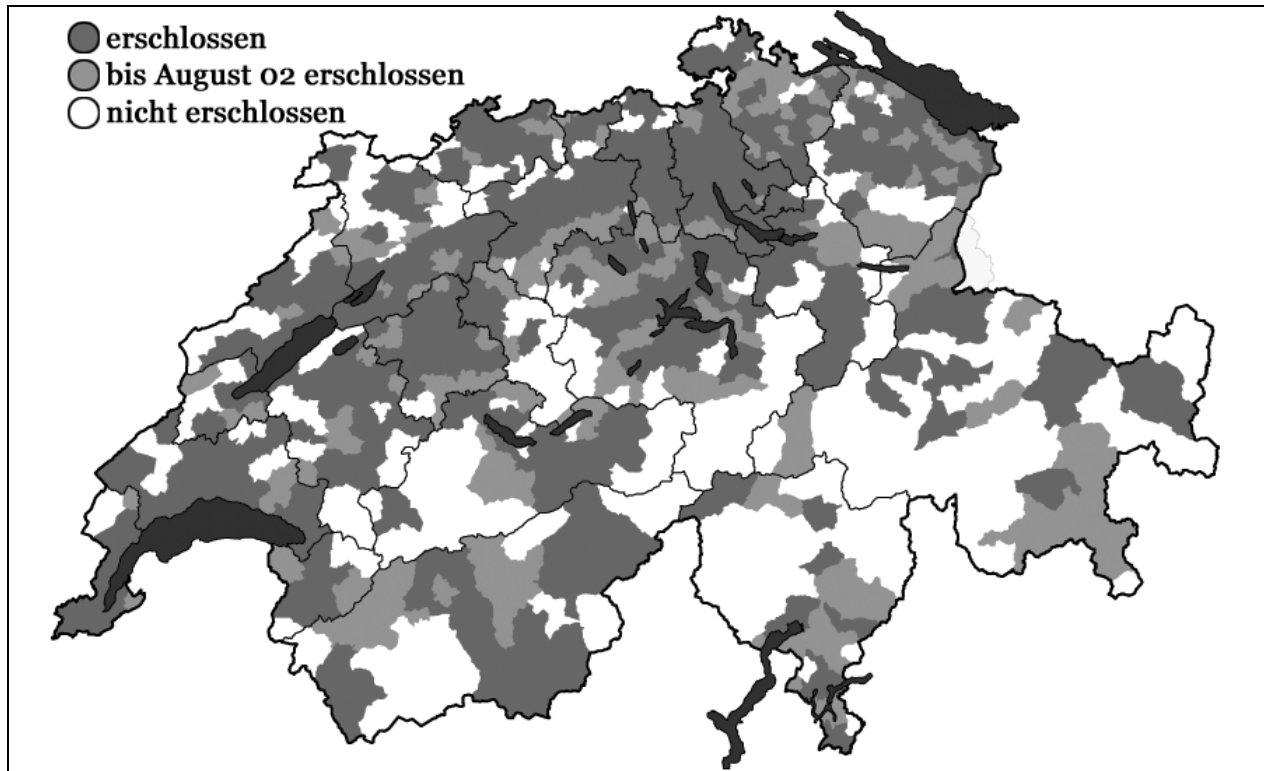
starken Medienpräsenz des Schlagwortes ADSL liegen, zum anderen daran, dass die Verfügbarkeit von ADSL, in Gebieten welche noch nicht durch Kabelinternet erschlossen sind, schnell zu nimmt.

### 2.2.1 ADSL

ADSL ist seit Oktober 2000 in der Schweiz verfügbar. 85% aller Telefonanschlüsse sind seit Ende 2001 ADSL-tauglich, und dadurch ist diese Technik die am besten verfügbare Breitbandtechnologie mit grossem Wachstumspotential. Auf der Karte in Abbildung 5 ist ersichtlich, in welchen Gebieten ADSL aufgeschaltet ist. Bei rund 7% der Anschlüsse in den Zonen mit Abdeckung ist ADSL aber dennoch nicht verfügbar.<sup>5</sup>

Damit Internet-Provider ihren Kunden ADSL anbieten können, müssen sie von dem Wholesale-Angebot, das Swisscom offeriert, Gebrauch machen. Aus diesem Wiederverkaufsangebot stellen die Firmen Angebote zusammen. Da Swisscom einige Details vorgibt, gleichen sich die Angebote. Zum Beispiel gibt es immer eine schnellere Variante mit 512 Kbps Downstream und 128 Kbps Upstream sowie eine langsamere Variante mit 256 Kbps Downstream und 64 Kbps Upstream. Seit Dezember 2001 gibt es zwei weitere, noch schnellere Varianten: 1 Mbps Downstream und 256 Kbps Upstream sowie 2 Mbps Downstream und 352 Kbps Upstream.

<sup>5</sup> Studerus Telecom AG, Magazin Telecom, Ausgabe 12/01, Seite 2.

**Abbildung 5: Abdeckungskarte ADSL**

Quelle: [www.swisscom.com](http://www.swisscom.com) (Stand Januar 2002)

#### *Die Technik:*

Die ADSL-Übertragungstechnologie basiert auf herkömmlichen Kupferleitungen und ist verwandt mit anderen xDSL-Technologien wie IDSL oder SDSL. Das „A“ von ADSL steht für asymmetrisch und bezeichnet die Übertragung mit unterschiedlicher Down- resp. Upstream-Geschwindigkeit. Dies ist insofern sinnvoll, da beim Internet-Surfen deutlich mehr Daten vom Internet geladen als zum Internet gesendet werden.

Speziell an ADSL ist, dass diese Übertragungstechnik auf analogen und ISDN-Leitungen funktioniert. ADSL nutzt den hohen Frequenzbereich, der weder von ISDN noch von einer analogen Leitung verwendet wird. So ist es möglich, einen Breitband-Internetzugang über eine bestehende Verkabelung zu realisieren.

Eine ADSL-Verbindung besteht aus einer Leitung, an deren Enden jeweils ein ADSL-Transceiver installiert ist. Die Verbindung besteht aus drei Informationskanälen: einem Hochgeschwindigkeitskanal in Richtung des Teilnehmers, einem Duplex-Kanal mittlerer Geschwindigkeit und einem konventionellen Telefonkanal. Durch den Einsatz hochmoderner Modulations- und Signalverarbeitungstechniken ist ADSL in der Lage, zwischen 1,5 und max. 8 Mbps über sogenannte simplex Downstream-Hochgeschwindigkeitskanäle in Richtung des Kunden zu übertragen. Die Duplexkanäle erreichen Übertragungsraten zwischen 16 und 640

Kbps. Jeder Kanal kann durch Multiplexer in weitere Kanäle mit geringeren Übertragungsraten unterteilt werden.

Der Telefonkanal wird durch Filter bei Analog- und durch Splitter bei ISDN-Telefonanschlüssen von den anderen Kanälen getrennt, um selbst dann einen einwandfreien Telefondienst zu ermöglichen, wenn die ADSL-Geräte ausfallen.

#### *Vorteile:*

- kann mit einem Analog- oder ISDN-Anschluss benutzt werden
- Nutzung von ADSL und Telefon gleichzeitig
- keine Bandbreitenteilung
- kostengünstig

#### *Nachteile:*

- viele Voraussetzungen müssen erfüllt sein (siehe nachfolgende Übersicht)

Leider gibt es diverse Faktoren, die eingehalten werden müssen, damit einem Teilnehmer der schnelle Datenzugang nicht verwehrt bleibt. Nachfolgend sind die einzelnen Probleme in einer Übersicht dargestellt:

*Aufschaltung:* Falls diejenige Telefonzentrale noch nicht aufgeschaltet ist, mit der ein Teilnehmer verbunden ist, so wird es ihm nicht möglich sein ADSL zu beziehen. In Abbildung 5 sind die Regionen der Schweiz ersichtlich, in welchen ADSL aufgeschaltet ist oder wird.

*Distanz:* Die Distanz ist ein weiterer Faktor, welcher die ADSL-Tauglichkeit einschränken kann. Es gilt zu beachten, dass es nicht ein festes Leitungsmaximum gibt, da einige saubere Leitungen über längere Distanzen einen hohen Durchsatz leisten können, während andere schon nach kurzer Distanz unbrauchbar sind. Distanzen bis zu 4 km sollten kein Problem darstellen, falls es keine anderen Komplikationen gibt.

*Freileitung:* Angeblich lässt die Swisscom keinen Einsatz mehr über Freileitungen zu, da die Gefahr eines Blitzschlages und anderer Probleme schlichtweg zu gross zu sein scheint. Vom technischen Standpunkt aus gesehen sollte es jedoch keinen grossen Unterschied machen.

*Hauszentrale:* ADSL funktioniert leider nicht, falls sich der Teilnehmer hinter einer grösseren Hauszentrale befindet.

*Andere Dienste:* Falls der Teilnehmer Steuerungs- oder Alarmierungsdienste verwendet, wird ADSL nicht funktionieren, da die benötigten Frequenzen teilweise belegt sind durch diese Dienste.

*Andere Störfaktoren:* Weitere Probleme sind beispielsweise ISDN-PRA-Anschlüsse, zuviel Crosstalk, oder ein anderer Last-Mile-Operator (die „letzte Meile“ gehört nicht der Swisscom, sondern einer anderen Unternehmung).

### 2.2.2 Cable

Auch die Netzwerke der Kabelnetzbetreiber lassen sich für den Internetzugang einsetzen. Doch erst seit der Liberalisierung, die am 01.01.1998 in Kraft getreten ist, dürfen Kabelnetzbetreiber auch Telekomdienste wie Internet, Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, Telefon- und Multimediadienste anbieten.

Das Koaxial-Kabel ist von der Übertragung von Fernseh- und Radioprogrammen auf sehr grosse Datenmengen ausgelegt und kommt spielend mit mehreren Mbps zurecht. Die Cablemodems könnten bis zu 36 Mbps übertragen. Doch auch diese Technologie bringt ihre Hürden mit sich: Da bei der Übertragung von Radio- und Fernsehprogrammen eine Simplex-Übertragung stattfindet, ist die Netzwerkinfrastruktur auf die reine Übertragung zum Empfänger ausgelegt worden. Für den Internetzugang wird aber eine Duplex-Übertragung benötigt, die ein hardwaremässiges Aufrüsten der Infrastruktur erfordert. Bei den neu aufgerüsteten Netzen ist zwar der Rückwärtskanal vorbereitet, um auf dem Netz Duplex-Dienste anzubieten, braucht es jedoch noch beträchtliche Investitionen für die Kabelnetzbetreiber (ca. CHF 300.- bis 500.- pro Cable-Anschluss). Beim schnellen Internet-Zugriff über Kabel-TV-Anlagen zeigen sich auf der ganzen Welt mehr oder weniger dieselben Probleme. Die Anpassung der Kabel-TV-Netze und der Umbau der kompletten Hausverteilanlage gehen nur langsam vorwärts. Vor allem bei grösseren Netzwerkknoten mit vielen angeschalteten aktiven Hausverteilanlagen treten noch Übertragungsstörungen auf. Die Hausverteilanlagen müssen mit speziellen Filtern und oft mit neuen multimediatauglichen Antennendosen umgerüstet werden.

Die Verfügbarkeit von Internet über das Kabelnetzwerk ist regional unterschiedlich. In der Schweiz verfügen 98,6% aller Haushalte über einen Kabelanschluss.<sup>6</sup> Wie viele dieser Haushalte die Möglichkeit haben, Cable als Breitbandanschluss zu nutzen, konnte nicht in Erfahrung gebracht werden, da solche Auswertungen noch nicht vorgenommen wurden<sup>7</sup>.

#### *Die Technik:*

Der Aufbau eines Kabelnetzes unterscheidet sich grundlegend vom Telefonnetz. Ein Kabelnetz ist mit einem sogenannten Headend-Controller (Kopfstation) ausgerüstet, der ein Netz von mehreren hundert Abonnenten versorgt. Dieser Aufbau wird als Point-to-Multipoint bezeichnet und bringt Vor- und Nachteile mit sich: Ein Vorteil ist der geringe Aufwand für das Aufschalten eines weiteren Benutzers. Es muss lediglich ein neuer Account auf dem Headend-Controller freigeschaltet werden. Nachteilig wirkt sich aus, dass die Verbindung zum Headend-Controller zwischen allen Benutzern aufgeteilt werden muss. Je mehr Benutzer in einem Netz gleichzeitig surfen, um so geringer ist die Bandbreite, die jedem Einzelnen zur Verfügung steht.

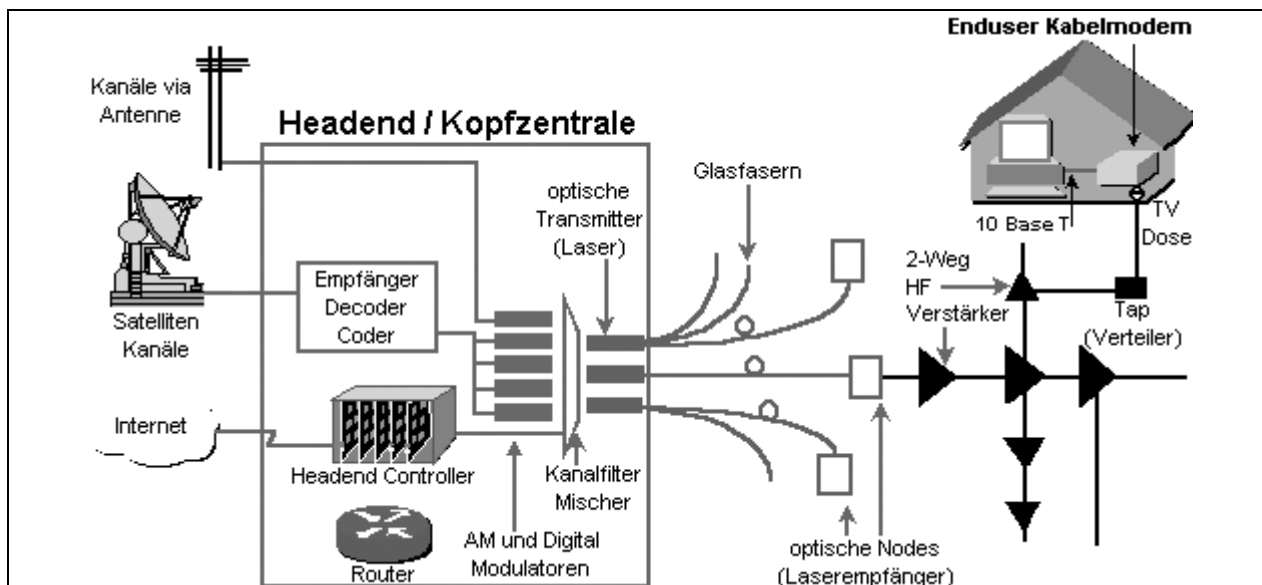
<sup>6</sup> [http://www.bakom.ch/de/radio\\_tv/sender/kabelnetze/index.html](http://www.bakom.ch/de/radio_tv/sender/kabelnetze/index.html) (06.02.2002).

<sup>7</sup> Telefonische Auskunft von Herrn Zumoberhaus ([www.swisscable.ch](http://www.swisscable.ch)), 06.02.2002.



Vom Headend-Controller her werden die Datenpakete ins lokale Kabelnetz eingespielen. Dies geschieht über einen Mischer, welcher die Daten von binär (digital) in elektrische Impulse (analog) umwandelt. Dabei werden die Pakete in einen Frequenzbereich übertragen, welcher noch nicht mit Radio- oder Fernsehsignalen belegt ist. Dadurch wird sichergestellt, dass keine Störungen im Fernsehbild auftreten, während jemand parallel dazu Daten überträgt. Der Kanalfilter fügt nun die Kanalbänder von TV, Radio und Internet zusammen. Ein optischer Transmitter überträgt dann diese elektrischen Impulse, mittels Laser, als Lichtwellen über die Glasfaserleitungen zu den Laserempfängern, auch optische Nodes genannt. Die Nodes wandeln die Lichtwellen wieder zurück in Impulse, damit die Verteilung auf Koaxialkabeln erfolgen kann. Nun folgen mehrere Hochfrequenz-Verstärker und weitere Verteilungen bis zum Hausverteiler, auch Tap genannt. Dieser, wie der Name schon sagt, verteilt die Signale auf die Anschlüsse im Haus. Das Cablemodem, welches am Kabelnetzanschluss angeschlossen ist, liest die Daten aus, die zu ihm gehören. Die Pakete werden dann vom Cablemodem wieder digitalisiert und über den Netzwerkanschluss an einen PC oder ins LAN gesendet.

**Abbildung 6: Funktionsprinzip Cable**



Quelle: [www.cablemodem.ch](http://www.cablemodem.ch)

Auf dem Markt werden momentan zwei technische Standards eingesetzt: DOCSIS und DVB-RCC. Auf diese beiden Standards soll aber nicht weiter eingegangen werden in dieser Arbeit. Weitere Informationen zu diesem Thema können unter [www.cablemodem.ch](http://www.cablemodem.ch) abgerufen werden. Im schweizerischen Markt wird der DOCSIS-Standard verwendet.

*Vorteile:*

- kostengünstig
- Nutzung vorhandener Kabel
- sehr gut erschlossen (in privaten Haushalten)
- hohe Datendurchsatzrate (bis 36 Mbps wären möglich)

*Nachteile:*

- Monopolstellung, da an einem Ort nur ein Anbieter den Zugang ins Internet bereitstellt
- alle angeschlossenen Teilnehmer müssen sich die Bandbreite teilen
- Investitionskosten für Carrier (Anbieter) bei Umrüstung auf Duplexbetrieb

**2.2.3 Vertragsbedingungen und Tarife**

Der gravierendste Unterschied zwischen Cable und ADSL besteht wohl darin, dass man bei Cable an einen Provider gebunden ist, während man bei ADSL zwischen ca. 18 Providern<sup>8</sup> wählen kann. Dies hat zur Folge, dass, wenn ein Teilnehmer mit den Leistungen seines Cableproviders unzufrieden ist, er nicht einfach den Provider wechseln kann. Bei ADSL erfolgt der Providerwechsel allerdings auch nicht so reibungslos. Bei allen ADSL-Angeboten gibt es eine Mindestvertragsdauer, welche im Normalfall 12 Monate, bei einigen Angeboten aber auch 6 oder 24 Monate beträgt. Bei einigen Providern – namentlich Bluewin und Sunrise – muss sogar eine Preselection abgeschlossen werden, damit ADSL verwendet werden kann.

Bei den Kosten hatte Cable sehr lange die Nase vorn, da die Preise der ADSL-Angebote immer etwa CHF 20.00 über denen von Cable lagen. Langsam sinken aber auch die ADSL-Preise. So ist mittlerweile ein Angebot von Ticinocom und SolNet mit je CHF 49.00 pro Monat und 256/64 Kbps auf dem Markt. Das günstigste Angebot von Cablecom war bisher auch für CHF 49.00 und 256/64 Kbps zu haben. Die Vorteile von diesem Angebot, gegenüber den beiden ADSL-Varianten, sind aber, dass Cablecom keine Einrichtungsgebühren verlangt (Ticinocom: CHF 119.00, SolNet: CHF 110.00) und die Mindestlaufzeit nur einen Monat beträgt (Ticinocom, SolNet: 12 Monate). Ein weiterer Vorteil der Cablecom Hispeed-Abonnemente ist, dass bei allen Angeboten keine Downloadlimite besteht, was bei sehr vielen ADSL-Angeboten der Fall ist.

Der Preisausgleich der ADSL-Provider währte aber nicht lange, denn Anfangs Februar 2002 lancierte Cablecom ein neues Abonnement: Hispeed Economy. Hispeed Economy gibt es für CHF 25.00 im Monat ohne Aufschaltgebühren und ohne Downloadlimite. Der einzige Nachteil an diesem Angebot ist, dass die Bandbreite lediglich 128/64 Kbps beträgt. Dieses Angebot richtet sich aber auch weniger an die bestehenden Kunden der Hispeed-Produkte, sondern an jene Personen, die über ein Analog- oder ISDN-Modem im Internet surfen. Dadurch bietet sich diesen Teilnehmern ein attraktives Angebot, um günstig über einen Fixpreis-Anschluss ins

---

<sup>8</sup> [http://www.swisscom.ch/ws/content/products/bbcs1/enduser/isp/index\\_EN.html](http://www.swisscom.ch/ws/content/products/bbcs1/enduser/isp/index_EN.html) (05.02.2002).

Internet zu gelangen, bei dem keine Telefonkosten mehr entstehen. Wenn man zum Economy-Abonnement noch CHF 15.00 für die Modemmieta mit einbezieht und durch den Niedertarif<sup>9</sup> der Swisscom dividiert, ergeben sich 20 Stunden und 10 Minuten. Anders formuliert bedeutet dies: Wenn man sich pro Tag mehr als 40 Minuten im Internet befindet, sollte man sich überlegen auf dieses Angebot der Cablecom umzusteigen, sofern man die Möglichkeit hat. Mit dem Hispeed Economy Abonnement dürfte sich ein mächtiger Gegenspieler zu den bisherigen Breitbandangeboten gefunden haben und manch anderem Angebot den Rang ablaufen.

---

<sup>9</sup> Niedertarif Swisscom: 0.033 CHF/Minute (05.02.2002).

## 2.3 Die verschiedenen Breitbandsystemen im Überblick

ISP / Preise	ADSL		Cable		Satellit		PLC		WLL	
	Angebot <sup>1</sup>		Angebot <sup>1</sup>		Angebot <sup>1</sup>		Angebot <sup>1</sup>		Angebot <sup>1</sup>	
Anbieter	Sunrise, Bluewin, Green, VTX, Riodata, usw. sehr grosse Auswahl		Cablecom, GGAweb, Kabelanbieter der Region		Interdata, diverse Anbieter in Europa		Sunrise		Ticinocom, Onspirix, Regiocom	
monatliche Kosten <sup>2</sup> (CHF)	49	1550	25	390	31	31	69	309	69	1860
Einrichtungsgebühren <sup>2</sup> (CHF)	119	1900	-	100	53	53	70	200	399	2500
Modem- / Routerkosten <sup>2</sup> (CHF)	ca. 295 - 695		ca. 495 - 736		ca. 509 - 709		ca. 420		ca. 1000	
Mindestvertragsdauer (Monate)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
<b>Zielgruppen</b>										
Private Anwender / SOHO	✓		✓		✓		✓		✓	
Firmen	✓		✓		✗		✓		✓	
<b>Technik</b>										
Bandbreiten <sup>3</sup> (Kbps)	256 / 64	8192 / 768	128 / 64	2048 / 512	128 / 0 <sup>4</sup>	8192 / 0 <sup>4</sup>	384 / 384	768 / 768	256 / 64	6144 / 6144
garantierte Bandbreite möglich	✓		✗		✓		✗		✓	
Downloadlimiten (GB)	-	5	-	-	-	0	6	-	-	-
Preis pro zusätzliches GB <sup>2</sup> (CHF)	-	80	-	-	-	940	50	-	-	-
automatische Trennung	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Zugänglichkeit	ca. 78% aller Telefonanschlüsse in der Schweiz		Kabelprovider muss Cable anbieten		überall, wo Satelliten empfang werden können		Haushalte, welche bei den Freiburgischen Elektrizitätswerken angeschlossen sind		in Zürich, Genf, Basel, Nyon, Bern, Malers und diversen Regionen im Tessin	
Offizielle statische IP	-	16	-	1	-	-	-	-	1	8
<b>Serverbetrieb</b>										
Private Anwender / SOHO	✓		✓		✗		✓		✓	
Firmen	✓		✓		✗		✗		✓	

1) Es ist jeweils ein Angebot mit der kleinst- und der grösstmöglichen Bandbreite aufgeführt. Quelle: [www.superspeed.ch](http://www.superspeed.ch) (08.02.2002)

2) Alle Preise inkl. MWST.

3) 256 / 64 = 256 Kbps Download, 64 Kbps Upload

4) Bei den Satellitenanschlüssen unterstützen die Provider nur den Download, der Upload erfolgt über ein Analog- oder ISDN-Modem (zusätzliche Kosten)

Preisänderungen vorbehalten. Es wird keine Gewähr für die aufgeführten Daten übernommen.

## **3 Installation und Konfiguration von ADSL und Cable**

### **3.1 ADSL**

#### **3.1.1 Benötigte Geräte**

Um über ADSL ins Internet zu gelangen, werden folgende technische Geräte/Kabel benötigt:

- ADSL-Modem/Router
- Mikro-Filter bei analoger Leitung
- ADSL-Splitter bei ISDN-Anschluss
- Netzwerkkarte für Ethernetbetrieb (bei ADSL-Router)
- Netzwerkkabel für Ethernetbetrieb (bei ADSL-Router)
- USB-Anschluss am PC für USB-Betrieb (bei ADSL-Modem)
- USB-Kabel (bei ADSL-Modem)
- HUB/Switch für eine Mehrplatz-Konfiguration (Router)

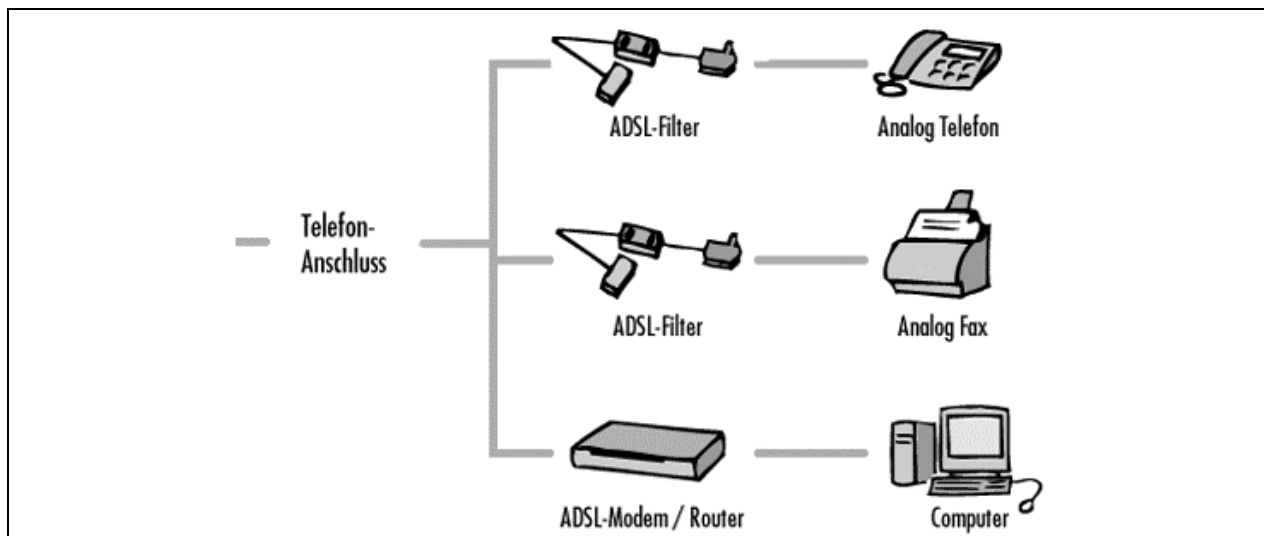
Einige Anbieter schränken das Angebot der Modem/Router stark ein um Supportkosten zu sparen. Wenn bereits ein Modem/Router vorhanden ist, sollte man sich beim ISP über mögliche Einschränkungen erkundigen. Ansonsten bezieht man das Gerät am besten beim ISP selbst.

#### **3.1.2 Installation**

Die Installation von einer ADSL-Umgebung ist mit der Installation eines ISDN- oder Analogmodems zu vergleichen. Die einzigen Besonderheiten stellen die beiden Spezialteile Filter und Splitter dar, mit welchen die hochfrequenten ADSL-Signale ausgefiltert werden, die bei Telefonen störende Nebengeräusche verursachen.

##### *Analog-Installation mit Filter:*

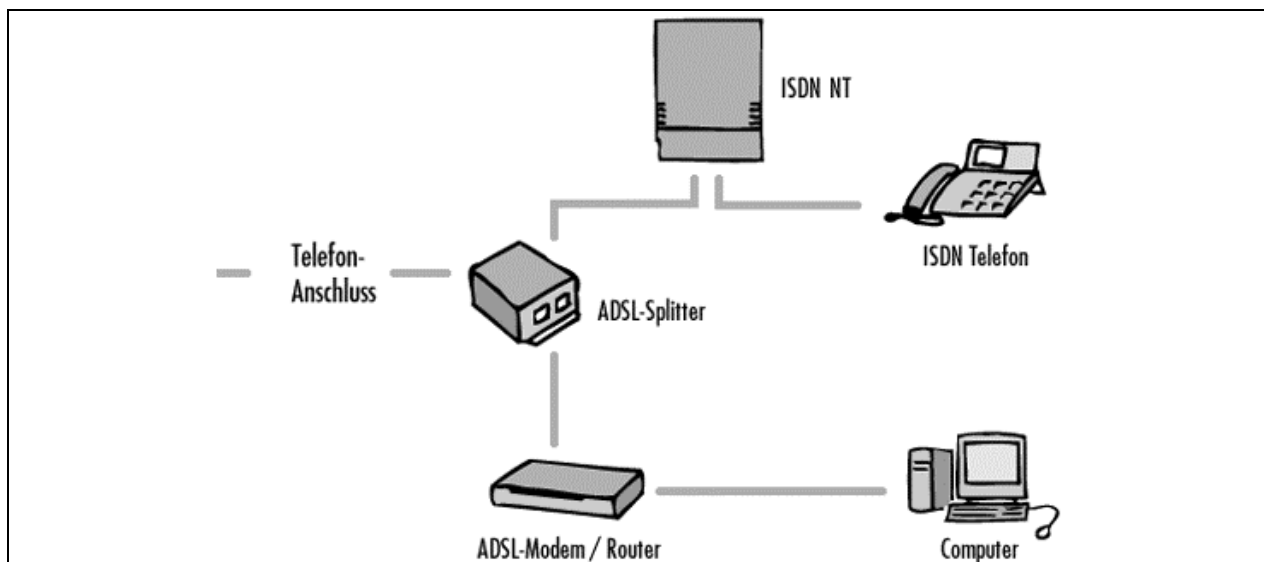
Bei einer ADSL-Installation auf einem bestehenden analogen Anschluss wird vor allen Endgeräten ein sogenannter ADSL-Filter installiert. Dieser Filter funktioniert wie ein Tief-Pass-Filter und blockiert sämtliche hohen Frequenzen der ADSL-Übertragung. Beim analogen Anschluss wird das ADSL-Modem als einziges Gerät ohne Filter direkt an die Telefonleitung angeschlossen.

**Abbildung 7: Installation ADSL-Filter**

Quelle: [www.green.ch](http://www.green.ch)

#### *ISDN-Installation mit Splitter:*

Die Installation mit ISDN ist etwas aufwändiger, da das ADSL-Signal vor dem ISDN-NT der Swisscom mit einem Splitter von der ISDN-Übertragung getrennt wird. Der ADSL-Splitter verfügt über einen Anschluss für das ADSL-Modem. Je nachdem, wo der Splitter installiert werden kann, muss ein neues Kabel direkt zum ADSL-Modem verlegt werden.

**Abbildung 8: Installation ADSL-Splitter**

Quelle: [www.green.ch](http://www.green.ch)

### *ADSL-Endgeräte:*

ADSL-Modems werden vorwiegend über die Ethernet-Schnittstelle mit einem PC oder einem Netzwerk verbunden. Es sind auch Modems mit einer USB-Schnittstelle erhältlich; sie sind jedoch nur für einen einzelnen PC geeignet. Ein ADSL-Modem arbeitet in der Regel wie eine Bridge und erlaubt den Internetzugang von einem PC. Falls ein Netzwerk oder mehrere PCs per ADSL aufs Internet zugreifen wollen, wird ein Router benötigt. Der Router kann eine IP-Adresse des Providers für mehrere Benutzer gleichzeitig verwenden. Es gibt Router, die zusätzlich zu einem ADSL-Modem installiert werden, oder Router, die sich direkt an einer ADSL-Leitung einsetzen lassen.

### **3.1.3 Konfiguration**

#### *Einzelplatz-Konfiguration:*

Es gibt zwei Arten, eine Einzelplatz-Konfiguration zu realisieren. Die erste Variante sieht die Verwendung eines ADSL-Modem mit USB-Anschluss vor. Wenn das Modem über den USB-Anschluss mit dem Computer verbunden wird, ist eine Treiberinstallation notwendig. Hier ist zu beachten, dass Windows 95 und NT USB nicht unterstützen und dass mit USB keine Mehrplatz-Konfiguration möglich ist<sup>10</sup>.

Die zweite Möglichkeit sieht nicht mehr die Benutzung eines Modems vor, hier soll ein ADSL Router eingesetzt werden. Eigentlich ist es Verschwendung, ein teures Gerät, welches für Mehrplatz-Konfigurationen konzipiert ist, für einen Einzelplatzaufbau zu verwenden. Der Vorteil des Routers ist jedoch, dass dieser nicht über den USB-Anschluss verbunden wird. Dadurch gewinnt man Plattformunabhängigkeit, muss dafür aber eine Netzwerkkarte installieren und konfigurieren, über die der PC zum Router verbunden wird. Allerdings wird in fast allen Installationsanleitungen der ISP die Konfiguration der Netzwerkkarte genauer erläutert. In den meisten Fällen wird die Netzwerkkarte vom Router aus mit DHCP konfiguriert.

#### *Mehrplatz-Konfiguration:*

Für eine Mehrplatzinstallation wird ein ADSL Router benötigt. Alle Computer und der Router werden hierfür an einen Hub oder einen Switch angeschlossen und so miteinander verbunden. Auch hier wird die Konfiguration der Netzwerkkarten in den meisten Anleitungen beschrieben.

Bei der Wahl der Router gibt es diverse wichtige Faktoren, die man beachten sollte. Einige Router, wie z.B. der Zyxel Prestige 642ME, lassen nur vier Computer ins Internet, sind dafür aber auch CHF 120.00 günstiger als die unbegrenzten Geräte<sup>11</sup>. Es gibt auch Router, die einen

---

<sup>10</sup> Anmerkung: Theoretisch ist es möglich, über einen Computer mit Modem mehrere Rechner ins Internet zu bringen, und zwar mit Hilfe einer Proxy-Server-Software (z.B. WinProxy).

<sup>11</sup> Preise von <http://www.studerus.ch> (12.02.2002).

integrierten Hub haben, wie z.B. der Alcatel Speed Touch Pro, und sich daher besonders gut für kleine Netzwerke eignen.

### **3.1.4 Benutzerfreundlichkeit**

Das Installieren und Konfigurieren des ADSL-Zugangs für einen Rechner stellt kein Problem dar, da dies in der Installationsanleitung gut beschrieben wird, inklusive dem Einrichten der Netzwerkkarte und deren Einstellungen. Auch die Installation des Splitters oder der Filter ist in einem beigelegten Blatt ausführlich beschrieben und sollte keine Fragen offen lassen. Bei den untersuchten Installationsanleitungen von Sunrise und Bluewin ist zu bemängeln, dass keinerlei Hilfestellung zum Anschliessen mehrerer Computer an das Endgerät ersichtlich ist. Die Konfiguration des Modems oder des Routers ist dann allerdings wieder gut kommentiert und einfach auszuführen.

Nach erfolgter Installation und Konfiguration ist der Benutzer jederzeit online, wodurch das lästige Einwählen ins Internet entfällt.

### **3.1.5 Ausbaumöglichkeiten**

Teilnehmer, welche nur einen Computer besitzen, sollten sich schon vor der Anschaffung eines ADSL-Modems fragen, ob zu einem späteren Zeitpunkt eventuell noch ein Rechner hinzukommt, welcher ebenfalls einen Internetanschluss besitzen soll. Ist dies der Fall, empfiehlt sich der Kauf eines ADSL-Modems mit USB-Anschluss keinesfalls, da über dieses nur ein Computer ins Internet gebracht werden kann.

Die Ausbaumöglichkeit der Bandbreiten von Seiten der Provider sollte eigentlich kein Problem darstellen, da praktisch alle erhältlichen Geräte bis 8 Mbps unterstützen.



## 3.2 Cable

### 3.2.1 Benötigte Geräte

Um über Cable ins Internet zu gelangen, werden folgende technische Geräte/Kabel benötigt:

- Cablemodem
- Ethernet-Datenkabel mit RJ-45 Stecker, beidseitig (Verbindung Modem-PC, für Installation ohne USB)
- HF-Kabel (Verbindung Modem-TV-Kabelanschluss)
- USB Kabel (Nur bei USB Modem)
- Netzwerkkarte(n) für Installation ohne USB

Die meisten Kabelnetzbetreiber vermieten Cablemodems an ihre Kunden. Der Endkunde hat so keine Möglichkeit, ein Modem seiner Wahl einzusetzen. Das grundlegende Problem beim Einsatz von unterschiedlichen Cablemodems ist, dass ein Benutzer aufgrund der MAC-Adresse (einmalige Adresse bei Netzwerkprodukten) identifiziert wird. Der Provider verfügt über eine Datenbank mit den MAC-Adressen der Cablemodems aller seiner Benutzer. Beim Einsatz eines unbekanntes Cablemodems müsste die MAC-Adresse vom Provider freigeschaltet werden. Da die Provider ein möglichst homogenes Netz möchten, kann nur bei den wenigsten ein eigenes Modem eingesetzt werden. Es besteht aber auch nur selten das Bedürfnis eines Users ein eigenes Modem einzusetzen, da die meisten Cablemodems von ihren Funktionen her nahezu identisch sind.

### 3.2.2 Installation

Auch bei Cable ist die Installation einfach und anhand der mitgelieferten Beschreibung kein Problem. Das Modem wird wie ein Fernseher an die Koaxialdose angeschlossen und über Ethernet oder USB mit einem PC verbunden. Die Koaxialdosen sind teilweise mit einem speziellen dritten Anschluss für den Internetzugang ausgerüstet; dies ist aber nicht unbedingt erforderlich.

Ein Cablemodem arbeitet wie eine Bridge. Ein angeschlossener PC ist direkt mit dem Provider verbunden und erhält eine öffentliche IP-Adresse. Einige Kabelnetzbetreiber stellen, je nach Account, zwei oder vier IP-Adressen zur Verfügung. So können mehrere PCs hinter einem Cablemodem auf das Internet zugreifen, und jeder PC bezieht dabei eine eigene IP-Adresse vom Provider. Für den professionellen Einsatz mit einem Netzwerk empfiehlt sich ein Router, der entweder direkt im Cablemodem integriert ist oder nach dem Cablemodem installiert wird. Ein Router benötigt nur eine IP-Adresse des Providers, die dann von beliebig vielen Benutzern aus einem Netzwerk verwendet wird. Ausserdem bringt ein Router mehr Sicherheit, denn die PCs haben keine öffentlichen IP-Adressen, auf die von aussen zugegriffen werden könnte.

### 3.2.3 Konfiguration

#### *Einzelplatz-Konfiguration:*

Wenn das Cablemodem über einen USB-Anschluss verfügt, kann der PC direkt damit angeschlossen werden. Eine USB-Treiberinstallation ist dann notwendig. Hier ist wie bei ADSL zu beachten, dass Windows 95 und NT USB nicht unterstützen und dass mit USB keine Mehrplatz-Konfiguration möglich ist. Wenn die Möglichkeit für USB nicht existiert, muss das Cablemodem über das Ethernet angeschlossen werden. In diesem Fall muss die Netzwerkkarte konfiguriert werden anhand der Beschreibung des Providers. Analog zu ADSL wird auch bei Cable in den meisten Fällen die Netzwerkkarte mit DHCP konfiguriert.

Ein wesentlicher Aspekt ist aber auch, dass wenn ein einzelner Rechner über ein Ethernet-Kabel angeschlossen ist, und kein Netzwerk zu anderen Computern besteht, sollte die Datei- und Druckerfreigabe ausgeschaltet sein.

#### *Mehrplatz-Konfiguration:*

Je nach Abonnementtyp erhält der Teilnehmer bis vier IP-Adressen vom Headend-Controller des Cableproviders dynamisch zugewiesen. Das bedeutet, dass ein Netzwerk auf einfache Art und Weise aufgebaut werden kann mit einem Modem. An das Cablemodem wird ein Hub angeschlossen und die Computer werden mit diesem verbunden. Diese Konfiguration bringt jedoch, je nach Cablemodem, ein Problem mit sich: Die Netzwerk-Performance verlangsamt sich. Dies lässt sich leicht erklären an einem fiktiven Beispiel:

Ein Cablebenutzer hat zwei Computer, welche er über einen Hub mit dem Cablemodem verbunden hat. Nun will er von Computer 1 eine Verbindung zu Computer 2 aufbauen, um Daten zu übertragen. Da aber im LAN nicht TCP/IP verwendet wird, sondern z.B. Ethernet, werden nicht die IP-Adressen verwendet, sondern die hardware-spezifischen MAC-Adressen. Damit nun die Rechner einander finden und miteinander kommunizieren können, wird das „Address Resolution Protocol“ (ARP) verwendet. Da der sendende Computer 1 aber nur die IP-Adresse des Empfängers kennt, muss er nun dessen IP-Adresse in seine MAC-Adresse umwandeln. Dazu schaut er zuerst in seiner eigenen ARP-Tabelle nach, ob er die MAC-Adresse dieses Computers kennt. Ist dies nicht der Fall, startet Computer 1 einen sogenannten ARP-Request, das heißt, er fragt alle Computer im Netzwerk, ob einer die MAC-Adresse von Computer 2 weiss. Da das Cablemodem diese Adresse kennt, antwortet es und Computer 1 schickt die Daten an das Cablemodem. Dieses sendet die Daten dann an den Headend weiter, da dieser weiss wo Computer 2 zu finden ist. Der Headend schickt das ganze wiederum zum Cablemodem zurück und dieses leitet es an Computer 2 weiter.

Bei diesem Vorgang scheint es, als würde das Cablemodem einen Fehler machen, wenn es sich bei dem ARP-Request von Computer 1 meldet. Da es sich aber bei der IP-Adresse um eine

externe handelt, welche von Cablecom zugewiesen wird, nimmt das Modem seine Funktion wahr und agiert als Router.

Um dieses Problem zu umgehen, gibt es diverse Möglichkeiten. Die wohl einfachste Lösung besteht darin, dass man sich ein Cablemodem beschafft, welches ein Router ist<sup>12</sup>. Da Router auf dem Network-Layer arbeiten, erfolgt die Weiterleitung der Datenpakete anhand der Netzadresse und nicht aufgrund der physikalischen Hardware-Adresse. Es kann natürlich auch ein Router anstelle des Hubs verwendet werden, falls man kein neues Cablemodem beschaffen will oder dieses vom Cableprovider gemietet ist. Dabei geht jedoch der Vorteil der vier externen IP-Adressen verloren.

Eine weitere Möglichkeit dieses Problem zu beheben, besteht darin, die ARP-Tabelle manuell auf jedem PC im Netzwerk von Hand zu editieren, damit jeder Rechner die IP-Adresse der anderen Computer selbst auflösen kann und dadurch keinen ARP-Request senden muss. Da aber die IP-Adressen über DHCP zugewiesen werden, muss man die Tabelle jedes Mal von neuem editieren. Hierzu empfiehlt es sich, ein Skript zu schreiben, das bei jedem Start des Computers ausgeführt wird. Dies erfordert jedoch fundierte Kenntnisse in Netzwerk-Techniken und Skriptsprachen. Es würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, hier aufzuzeigen wie solch ein Skript implementiert wird.

Die Konfiguration der Netzwerkkarten verhält sich hier gleich wie bei der Einzelplatzvariante.

### **3.2.4 Benutzerfreundlichkeit**

Das Installieren und Konfigurieren des Cablezugangs stellt dank der ausführlichen Installationsanleitung von Cablecom auch für Laien kein Problem dar. Sogar das Einrichten eines kleinen Netzwerkes mit bis zu vier Rechnern und einem Hub wird beschrieben. Will der Teilnehmer jedoch ein grösseres Netzwerk oder eine Installation mit Router, anstelle eines Hubs, vornehmen, bietet die Anleitung keine Hilfestellung: „Wenn Sie bereits über ein Netzwerk (LAN) mit Netzwerkdrucker und zahlreichen Computern und Server verfügen, empfehlen wir Ihnen, das LAN über einen WAN-Router mit dem Internet zu verbinden. Informationen kann Ihnen Ihr Netzwerkadministrator geben. Wir bieten keinen Support auf Router und Netzwerke.“<sup>13</sup>

Auch bei Cable entfällt das lästige Einwählen nach erfolgter Installation und Konfiguration, da der Benutzer jederzeit online ist.

---

<sup>12</sup> z.B. Cisco UBR 924 oder Zyxel Prestige 941.

<sup>13</sup> Installationsanleitung Cablecom, Seite 10

### 3.2.5 Ausbaumöglichkeiten

Bei Cable verhalten sich die Ausbaumöglichkeiten gleich wie bei ADSL, ausser dass die erhältlichen Geräte bis 36 Mbps unterstützen und daher einer Bandbreitenerweiterung, von den Endgeräten her, nichts im Wege stehen würde.

Seit Ende 2001 sind auf dem Schweizermarkt auch Cablemodems mit dem DOCSIS 1.1 Standard erhältlich. Ältere Modelle mit DOCSIS 1.0 können mittels Firmware-Upgrade auf die Version 1.1 aktualisiert werden. DOCSIS 1.1 enthält insbesondere Erweiterungen für die Übertragung von Sprache (Voice over IP), welche bei Cablecom ab Sommer 2002 nutzbar sein soll.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Telefonische Auskunft von Frau Sträuli (Cablecom Pressestelle), 18.02.2002

## 4 Untersuchung von ADSL und Cable

### 4.1 Versuchsanordnungen

Folgende Systeme wurden für die Untersuchungen aufgebaut und benutzt:

	ADSL	Cable
<b>Abonnement</b>	Bluewin Broadway Light 256/64	Hispeed Basic 256/64
<b>Ort</b>	Winterthur	Winterthur
<b>Router</b>	Zyxel Prestige 642R-I	Cisco UBR 924
<b>Computer / Hub</b>	2 Computer, 1 Hub	2 Computer
<b>Netzwerk</b>	1 Computer mit fixer IP 1 Computer mit DHCP	1 Computer mit fixer IP 1 Computer mit DHCP

Abbildung 9: Versuchsanordnung ADSL

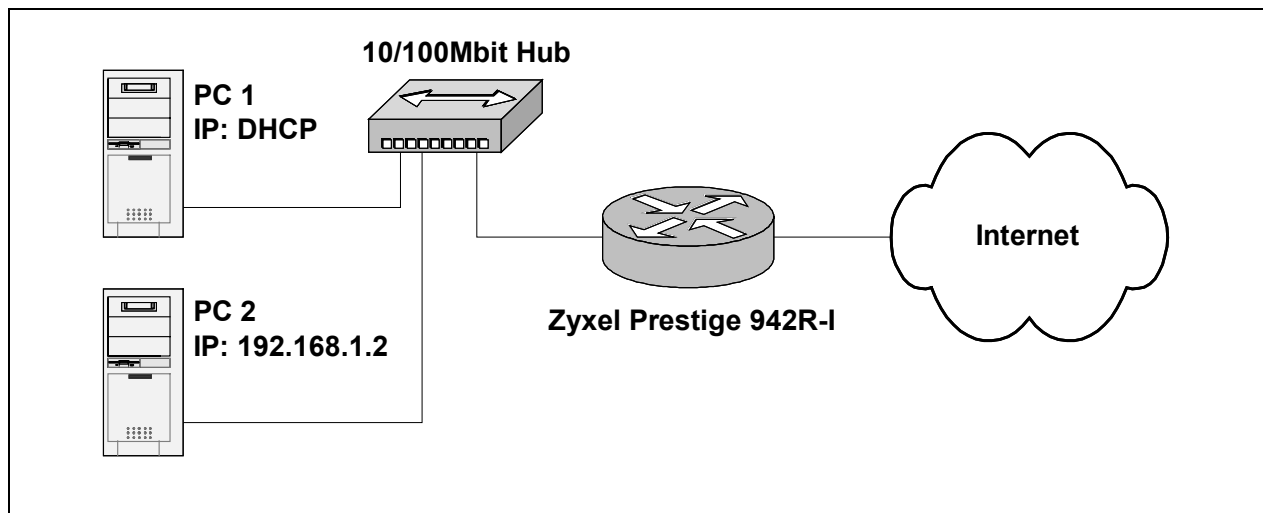
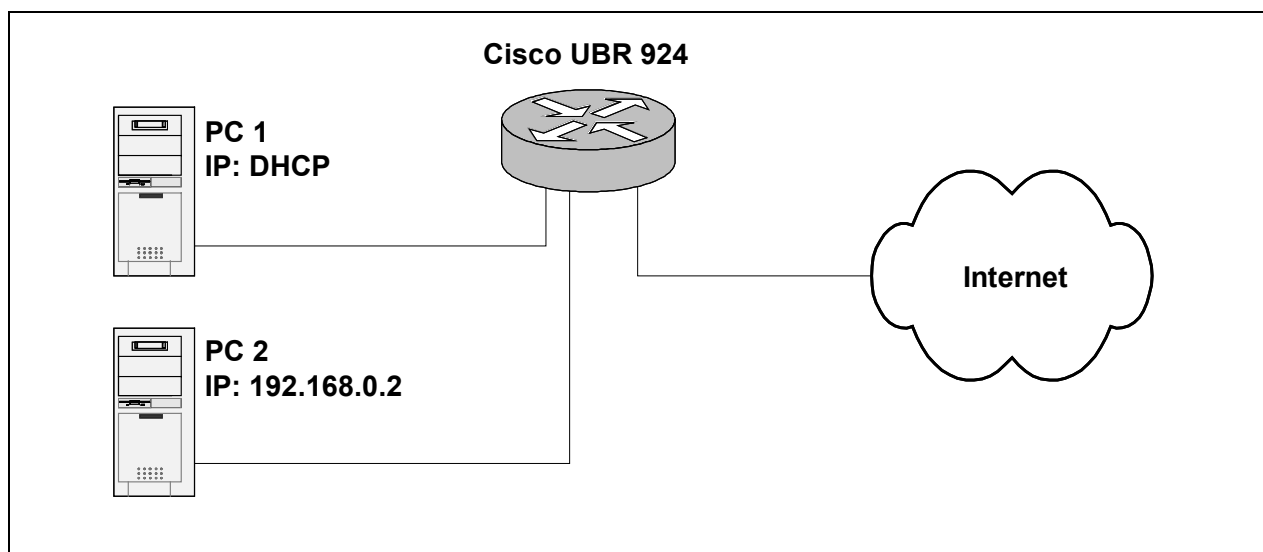


Abbildung 10: Versuchsanordnung Cable



## 4.2 Sicherheit

### 4.2.1 Allgemeine Sicherheitshinweise

Wird ein Netzwerk oder ein PC mit dem Internet oder einem anderen Netzwerk verbunden, ist der Schutz gegen unbefugtes Eindringen aus dem Internet von kritischer Wichtigkeit. ADSL- und Cablemodem-Verbindungen sind – wie Mietleitungen – permanent und bieten einem Hacker daher immer Möglichkeiten, auf ein System zuzugreifen. Die Sicherheit beginnt aber bei jedem Benutzer selbst, denn die besten Sicherheitsvorkehrungen nützen nichts, wenn sich nicht jeder daran hält. Aus diesem Grund gibt es diverse Sicherheitsvorkehrungen, auf die jeder achten sollte. Die wichtigsten sind:

- Passwörter sorgfältig auswählen (mind. 6 Zeichen, mit Sonderzeichen, möglichst keine Wörter, die in Wörterbüchern zu finden sind, keine persönlichen Daten, usw.)
- keine suspekten E-Mail-Anhänge öffnen
- Virens Scanner installieren und auch aktualisieren
- Firewall installieren

Mit den aufkommenden Breitbandsystemen sind die Zeiten der Dial-Up Verbindungen vorbei. Man wählt sich einmal ins Internet ein und die Verbindung bleibt bestehen. IP-Adressen bleiben über lange Zeit unverändert und der Computer läuft fast ohne Unterbruch. Dieser Zustand galt früher nur für Firmen. Durch die heutigen Flatrates und Breitbandzugänge ist aber auch der Heimbewohner ständig im Internet erreichbar und somit ein potentiell Opfer von Hackern. Natürlich sind die Teilnehmer mit einem analogen Modem auch dieser Gefahr ausgesetzt. Es ist jedoch sehr unwahrscheinlich, dass ein Angreifer in ihr System eindringen kann, da die Verbindung ins Internet nicht lange bestehen bleibt und beim nächsten Einwählen dem Teilnehmer eine andere IP-Adresse zugeteilt wird. Dadurch kann man die Teilnehmer nicht eindeutig an der IP-Adresse identifizieren.

Firmen müssen sich schon lange vor Angreifern schützen und setzen sogenannte Firewalls ein, um das Eindringen in das System zu erschweren. Da die Firewalls ursprünglich für Firmen entwickelt wurden, waren sie teuer. Seit aber auch der Heimbewohner gefährdet ist, werden Firewalls auch für jedermann hergestellt. Sie mögen vielleicht keinen absoluten Schutz bieten, vermögen es aber, die meisten Angreifer abzublocken. Diese Firewalls für Heimbewohner können zum Teil sogar gratis aus dem Internet bezogen werden.<sup>15</sup>

Eine Firewall ist grundsätzlich jedem zu empfehlen. Neben der Installation einer Firewall kann man sich durch die Installation aller wichtigen Updates von Microsoft schützen. Die Updates beheben bekannte Sicherheitslöcher. Eine weitere Massnahme ist, dass man Dienste, die nicht benötigt werden, ausschaltet. Wer z.B. über kein LAN verfügt, braucht keine Windows File-Sharing Dienste.

---

<sup>15</sup> Gratis Firewalls gibt es unter: <http://www.zonealarm.com>, <http://www.sygate.com>

### 4.2.2 Sicherheit von ADSL

#### *Einzelplatz-Konfiguration mit Modem:*

Ein einfaches ADSL-Modem bietet keinerlei Schutz vor Einbrechern. Wer sich über solch ein Modem ins Internet einwählt, vertraut den Sicherheitsmechanismen seines Betriebssystems. Wie erwähnt gibt es aber zahlreiche Sicherheitslöcher. Als ADSL-Modembenutzer sollte man die entsprechenden Windows-Updates durchführen und zusätzlich eine Firewall installieren. Dienste, die man nicht benötigt, sollten entfernt werden, dies beinhaltet bei der Einzelplatz-Konfiguration auch die Windows-Dateifreigabe.

#### *Mehrplatz-Konfiguration mit Router:*

ADSL-Kunden, die über einen Router ins Internet gelangen, haben grundsätzlich eine Art Firewall bereits installiert. Der Router verbirgt mittels NAT sämtliche Computer im Netzwerk hinter der offiziellen IP-Adresse des Providers. Das heisst konkret, dass ein möglicher Angreifer bloss den Router sieht aber nicht, was sich dahinter verbirgt. Da die Router, welche ausgeliefert werden, mit einem Standard-Passwort versehen sind, sollte man dies sofort nach Erhalt ändern. Ansonsten wäre es einem Angreifer möglich, von ausserhalb mit Telnet auf den Router zuzugreifen und sich Zugang ins LAN zu verschaffen. Bei einigen Modellen kann der Zugriff auf den Router ganz unterbunden werden.

Sobald man einen Server einrichten will, ist diese Firewall leider nicht mehr sehr zuverlässig. Um einen Server zu betreiben ist es nötig, gewisse Ports weiterzuleiten. Will man beispielsweise einen FTP-Server zugänglich machen, muss man Port 21 weiterleiten auf den Computer, der den FTP-Dienst installiert hat. Somit kommen alle Angreifer über Port 21 doch wieder auf einen Rechner hinter dem Router.

Hier empfiehlt es sich ebenfalls die wichtigen Updates auszuführen und eine Firewall zu installieren. Dienste, die man nicht benötigt sollten entfernt werden.

### 4.2.3 Sicherheit von Cable

#### *Einzelplatz-Konfiguration:*

Die Einzelplatz-Konfiguration bei Cable verhält sich analog zu ADSL.

#### *Mehrplatz-Konfiguration:*

Falls ein Router verwendet wird, gilt hier das gleiche wie bei der ADSL-Mehrplatz-Konfiguration.

Wird in einem LAN ein Modem verwendet und der Teilnehmer hat die Datei- und Druckerfreigabe aktiviert – was er muss, wenn er Dateien austauschen will –, dann sind zusätzliche Sicherheitsmassnahmen nötig. Die einfachste aber nicht beste Lösung ist, die Ressourcen mit einem Passwort zu schützen. Eine weitere Möglichkeit wäre, den LAN-Verkehr nicht über TCP/IP zu regeln, sondern über IPX. Dazu müsste die Datei- und Druckerfreigabe exklusiv an IPX gebunden werden. Diese Variante sollte jedoch nur von fortgeschrittenen Benutzern angewendet werden.

Unerfahrene Benutzer fahren in jedem Fall besser, wenn sie eine Fachperson für eine Mehrplatz-Konfiguration konsultieren.



## 4.3 Performance

### 4.3.1 Allgemeine Faktoren

Wie bereits bekannt ist, hängt die eigentliche maximale Geschwindigkeit mit dem gewählten Abonnement zusammen. Die momentane Auslastung des Internets ist ein weiterer Faktor, welcher einen ebenso starken Einfluss auf die Performance haben kann. So sind erfahrungsgemäss zwischen 09.00 und 10.00 und zwischen 18.00 und 20.00 die Zeiten mit der höchsten Internetnutzung<sup>16</sup>, wodurch Engpässe entstehen können, welche die Performance beeinflussen.

Die Geschwindigkeit ist aber auch von der Anbindung des Gegenübers abhängig. Falls dieser beispielsweise mit 128 Mbps mit dem Internet verbunden ist, kann natürlich die maximale Geschwindigkeit von 256 Mbps nie erreicht werden.

Wenn man von Geschwindigkeit redet, meint man meistens den Datendurchsatz. Für einige Anwendungen ist aber auch die Zeit, die ein Signal von Punkt A zu Punkt B und wieder zurück benötigt, wichtig. Die Zeit, die die Datenpakete für den Hin- und Rückweg brauchen, nennt man „Ping“. Ein hoher Ping verursacht eine Verzögerung (auch Lag genannt). In Anwendungen wie beispielsweise Sprachdiensten über das Internet oder diversen Onlinespielen wirkt sich diese Verzögerung störend aus. Ein hoher Ping kann auf verschiedene Arten entstehen. Wie bereits angetönt, weisen Satelliten-Internetzugänge eine sehr hohe Verzögerung auf, welche hauptsächlich durch die grosse Distanz zwischen Erde und Satellit entsteht. Bei Verbindungen, die nicht über Satelliten verlaufen, nehmen die Datenpakete zwischen Rechner A und Rechner B eine bestimmte Route ein und passieren auf diesem Weg eine bestimmte Anzahl Router. Jeder dieser „Zwischenstopps“ wird als Hop bezeichnet. Je mehr Hops auf dem Weg liegen, desto grösser ist die Chance, dass eine hohe Verzögerung entsteht. Diese Verzögerungen in den einzelnen Hops entstehen dadurch, dass elektronische Bauteile durchlaufen werden müssen, die langsame Bearbeitungszeiten aufweisen.

#### *Allgemeine Infos zu Pingzeiten:*

- Pingzeiten werden üblicherweise in Millisekunden angegeben
- akzeptable Pingzeiten liegen zwischen 20-200ms
- auch in einem LAN werden selten Pings unter 10ms erreicht

---

<sup>16</sup> Quelle: GfK Online-Monitor 7. Welle 2000/2001, [www.gfk.de](http://www.gfk.de).

### 4.3.2 Wie schnell sind ADSL und Cable denn nun wirklich?

#### Downloadgeschwindigkeiten:

Mit den erstellten Testumgebungen wurden diverse Dateien von verschiedenen Servern heruntergeladen, um die Performance der Systeme zu testen. In den nachfolgenden Tabellen sind die Testdaten ersichtlich. Die Downloadversuche wurden ohne Hilfe eines Downloadmanagers und zur gleichen Zeit am selben Tag (15.00, 18.02.2002) durchgeführt.

ADSL				
Server	Datei	Grösse	Zeit	Geschwindigkeit
www.microsoft.com	DX81NTeng.exe	7'751 KB	289 Sek.	26.82 KB/Sek.
www.php.net	php-4.1.1-Win32.zip	4'953 KB	193 Sek.	25.66 KB/Sek.
www.adobe.com	rp505deu.exe	11'311 KB	423 Sek.	26.74 KB/Sek.
www.zhwin.ch	jahresbericht1999.pdf	2'720 KB	101 Sek.	26.93 KB/Sek.
				<b>26.54 KB/Sek</b>
Cable				
Server	Datei	Grösse	Zeit	Geschwindigkeit
www.microsoft.com	DX81NTeng.exe	7'751 KB	299 Sek.	25.92 KB/Sek.
www.php.net	php-4.1.1-Win32.zip	4'953 KB	203 Sek.	24.40 KB/Sek.
www.adobe.com	rp505deu.exe	11'311 KB	436 Sek.	25.94 KB/Sek.
www.zhwin.ch	jahresbericht1999.pdf	2'720 KB	109 Sek.	24.95 KB/Sek.
				<b>25.30 KB/Sek</b>

Anmerkung: Alle Dateigrössen sind mit Kilobyte (KB) bezeichnet

Aus den durchgeführten Versuchen ist ersichtlich, dass beide Systeme den Ansprüchen des Benutzers gerecht werden und die Dateien mit optimaler, bzw. fast optimaler Ausnutzung der Bandbreite heruntergeladen werden. In diesem Fall hatte also die Tatsache, dass Cable ein Shared-Medium ist, nur einen minimalen Einfluss auf die Bandbreite.

Mit einer 256/64-Verbindung sollte man rein rechnerisch mit ca. 32 KB/Sek. downloaden können. Dieser Wert wird jedoch nie erreicht, da in jedem Datenpaket, das übertragen wird, zusätzlich noch Steuerinformationen vorhanden sind. Diese Informationen werden auch Overhead genannt. Wenn nun die Download-Geschwindigkeit anhand der Dateigrösse gemessen wird, ist die errechnete Geschwindigkeit kleiner als die effektive Geschwindigkeit, da eigentlich eine grössere Datenmenge heruntergeladen wird.

#### Pingzeiten:

Mit den erstellten Testumgebungen wurden Tests durchgeführt, um die Pingzeiten zu messen. Daraus resultierte, dass die Pings von Cable zwar tendenziell um ca. 20 – 40ms liegen aber dafür grosse Schwankungen bis 200ms aufzeigen können. Die Pingzeiten von ADSL liegen mit ca. 40 – 60ms rund 20ms über denen von Cable, sind dafür aber meistens konstant.

## 4.4 Kompatibilität

In diesem Kapitel soll die Kompatibilität diverser Programme aufgezeigt werden, die anhand der Versuchsumgebung getestet wurden.

Es wurden folgende Programme untersucht:

- ICQ 2001b Beta v5.18                      Multikommunikations-Tool
- eDonkey2000 v35.16.59                    File-Sharing-Tool
- mIRC v6.01                                Internet Relay Chat

Des Weiteren wurden folgende Dienste eingerichtet:

- WWW-Server (Apache v1.3.22)
- FTP-Server (BulletProof FTP Server v2.1.5)
- dynamischer DNS-Service bei [www.dyndns.org](http://www.dyndns.org)

Vorab ist zu vermerken, dass, wenn der Teilnehmer ein Modem besitzt, egal ob ADSL oder Cable, eigentlich alle Programme und Dienste reibungslos funktionieren sollten. Beide Testumgebungen sind mit Routern, welche NAT verwenden, ausgestattet.

### 4.4.1 Hinweise zu Port-Forwarding

Alle Dienste und Programme, welche auf TCP aufbauen um miteinander zu kommunizieren, benutzen Port-Nummern, damit beim Senden der Daten die verschiedenen Datenströme nicht durcheinander kommen. In den meisten Fällen werden aber alle Ports, welche von aussen kommen, vom Router herausgefiltert, um den Benutzer vor unerlaubten Zugriffen zu schützen. Dadurch sind aber diverse Programme eingeschränkt, da ihre TCP-Datenpakete vom Router gefiltert und somit nicht weitergegeben werden. Deshalb ist es bei Routern möglich, verschiedene Ports an eine IP-Adresse im LAN weiterzuleiten. Dieser Vorgang wird auch Port-Forwarding genannt. Bei den meisten Routern ist aber die Anzahl Ports, die weitergeleitet werden können, beschränkt (z.B. bei dem Zyxel Prestige 642R auf sieben). Es besteht die Möglichkeit, dass alle Ports an einen Rechner weitergeleitet werden. Dies ist jedoch aus sicherheitstechnische Aspekten nicht zu empfehlen.

Falls trotz Port-Forwarding ein Dienst nicht funktioniert, kann die Ursache daran liegen, dass der Provider diesen Port gesperrt hat. In diesem Fall kann der Benutzer nicht viel ausrichten. Er könnte allenfalls beim Provider anfragen, ob dieser den Port frei gibt, doch dabei werden die Erfolgchancen gering sein.

#### **4.4.2 Welche der getesteten Programme laufen nicht mit ADSL und Cable?**

Bei den Programmen ICQ und mIRC wurde festgestellt, dass diese nur beschränkt lauffähig sind. Alle Dienste dieser Tools, welche eine direkte Verbindung von Computer zu Computer benötigen, wie beispielsweise File-Sharing oder Chat, funktionierten nicht. Nachdem jedoch die Ports, welche von den Programmen benötigt werden, weitergeleitet wurden an den entsprechenden Computer, funktionierte alles reibungslos. Hier gilt zu beachten, dass sich durch diese Massnahme die Sicherheit verschlechtert.

Bei dem Programm eDonkey konnten keine Einschränkungen festgestellt werden, obwohl kein spezieller Port zu dem Testcomputer weitergeleitet wurde. Andere Benutzer waren sogar im Stande, Dateien von diesem Computer anzufordern und diese herunterzuladen.

#### **4.4.3 Welche der getesteten Dienste laufen nicht mit ADSL und Cable?**

Wie bei den getesteten Programmen funktionieren die Dienste WWW und FTP nicht, wenn die Ports 80 und 21 nicht an den Server weitergeleitet werden. Ist dies jedoch gemacht, funktionieren die beiden Dienste reibungslos. Einziges Manko an den Versuchsumgebungen: Die IP-Adresse wird von den Providern dynamisch zugewiesen. Dies ist, wie schon erwähnt, vom Abonnementstyp abhängig. Aber auch bei Abos ohne statische IP-Adresse bietet sich eine komfortable Lösung an: ein dynamischer DNS-Service. Im Zusammenspiel mit der Versuchsumgebung wurde der DNS-Service von [www.dyndns.org](http://www.dyndns.org) getestet. Nachdem man sich registriert hat, wird ein neuer Host eingerichtet. In diesem Fall „zhwin.homedns.org“. Wenn diese Schritte durchgeführt worden sind, wird auf dem Server ein Client-Programm installiert, welches in regelmässigen Abständen die IP-Adresse beim DNS-Service aktualisiert. Dadurch kann mit der URL „zhwin.homedns.org“ jederzeit auf den Web- oder FTP-Server zugegriffen werden.

#### **4.4.4 VPN-Unterstützung von ADSL und Cable**

Die Leitidee des Virtual Private Networks ist eine Kommunikationsumgebung, die mit einem Trennungsmechanismus auf einem nicht-exklusiv genutzten Medium realisiert ist. Dadurch wird der Zugriff auf einen vorbestimmten Benutzerkreis eingeschränkt. Das heisst, dass eine Netzwerkverbindung, die versucht die Eigenschaften (Sicherheit, einfache/lokale Adressierung, usw.) eines privaten LANs zu bieten, über ein unsicheres Medium (z.B. Internet) hergestellt werden kann. VPN wird aber in dieser Arbeit nicht weiter vertieft.

Es gibt für ADSL und Cable Router, welche VPN unterstützen (z.B. Alcatel Speed Touch Pro oder Cisco UBR 924). Beim Kauf ist jedoch darauf zu achten, welchen VPN-Standard (PPTP, IPSec) die Geräte verwenden und welcher Standard in dem Netzwerk verwendet wird, in das eine Verbindung aufgebaut werden soll. Die Standards sind untereinander nicht kompatibel.

## 5 Schlusswort

Das Ziel dieser Arbeit war, dem Leser die in der Schweiz erhältlichen Breitbandsysteme, insbesondere ADSL und Cable, näher zu bringen. Das Verfassen der Arbeit erwies sich als interessant, abwechslungsreich und spannend, aber auch als arbeits- und zeitintensiv.

Die Marktsituation in der Schweiz wurde abgeklärt und gibt Aufschluss darüber, welches die zukunftsweisenden Techniken sein werden. Es ist ersichtlich geworden, dass noch enorme Unterschiede zwischen den einzelnen Systemen bestehen, insbesondere bei den erhältlichen Bandbreiten, den Kosten und der Verfügbarkeit.

Es wurden zwei Versuchsumgebungen aufgebaut, eine mit ADSL und eine mit Cable, und anhand entscheidender Kriterien, wie Ausbaumöglichkeiten und Performance, analysiert. In den Untersuchungen konnte sich jedoch keines der beiden Systeme gegenüber dem anderen deutlich durchsetzen. Beide Technologien lieferten praktisch identische Resultate. Während Cable bei den Performanceversuchen etwas schlechter abschnitt und sich in einem LAN Konfigurationsfehler negativ auf die Geschwindigkeit auswirken können, hat dieses System jedoch, was die Ausbaumöglichkeiten angeht, eindeutig die Nase vorn. Mit einer möglichen Bandbreite von bis zu 36 Mbps und Voice over IP, welches im Sommer 2002 auf den Markt kommen soll, hat dieses System ganz klar die stärkeren Argumente.

Während heute vielfach noch der Wohnort von grosser Bedeutung für die Wahl des Systems ist, werden in naher Zukunft Faktoren wie Preis, Bandbreite und zusätzliche Service entscheiden, welches System der Endbenutzer wählt. Auf jeden Fall ist sicher, dass, wenn der Voice over IP-Service von Cablecom ins Rennen steigt, ein grosser Konkurrent für die „letzte Meile“ entstehen wird.

Den heutigen Anforderungen bezüglich Leistungsmerkmalen sowie den Kosten, welche bei der Benützung anfallen, werden ADSL und Cable gerecht. Ob sich die beiden Technologien auch weiter behaupten können, wenn Übertragungstechnologien wie WLL oder PLC ausgereifter und weiter verbreitet sind, wird sich zeigen. Der Markt und die weitere technologische Entwicklung werden über die Zukunft der beiden Breitbandsysteme entscheiden.

## 6 Anhang A – Glossar

Im Glossar sind die wichtigsten Begriffe dieser Arbeit kurz erklärt.

- A** *ADSL* Asymmetric Digital Subscriber Line. Durch diese neue Zugangstechnologie auf Basis herkömmlicher Kupferdoppeladern (wie bei Telefonleitungen) können enorme Geschwindigkeiten bei der Datenübertragung erreicht werden.
- ARP* Address Resolution Protocol. Es dient dazu die MAC-Adressen in die zugehörigen IP-Adressen umzuwandeln.
- B** *Breitband* Breitband beschreibt hohe Durchsatzraten. Alles, was schneller ist als ISDN, wird als Breitband bezeichnet.
- Bridge* Wird in Netzwerken benötigt, um verschiedene Netze zu koppeln.
- Broadband* siehe Breitband.
- Broadcast* Eine Broadcast-Übertragung entspricht einem Rundruf: gleichzeitige Übertragung von einem Punkt aus zu allen Teilnehmern.
- C** *Cable* Kabelfernsehen, Cable-Internet lässt den Zugang über das Fernsehnetz ins Internet zu, steht in direkter Konkurrenz zu ADSL.
- CableTV* siehe Cable.
- Carrier* Netzbetreiber, der Telekommunikationsdienste Dritten gegen Entgelt zur Verfügung stellt.
- CATV* siehe Cable.
- D** *DHCP* Dynamic Host Configuration Protocol. DHCP ist ein Verfahren, das es ermöglicht, in einem Netzwerk einem PC automatisch eine IP-Adresse zuzuweisen. ADSL- und Cable-Router haben einen DHCP-Dienst integriert.
- Dial-up* Mit Dial-up wird der Vorgang bezeichnet, mit dem eine temporäre Verbindung über ein leitungsvermittelltes Netz aufgebaut wird, beispielsweise die Verbindung von einem Computer in das Internet.
- DNS* Domain Name System. Ein online verteiltes Datenbanksystem, das in der Lage ist, von Menschen lesbare Maschinennamen in IP-Adressen aufzulisten. Das Domain-Namen Service-Protokoll ersetzt die langen komplizierten Internetadressen durch logische Namen.
- Downloadlimite* Einige Anbieter haben vertraglich eine Downloadlimite festgelegt. Der Benutzer kann monatlich nur eine bestimmte Menge an Daten herunterladen. Für Daten die er zuviel bezieht, wird eine Gebühr erhoben.
- Downstream* Daten, die zu dem Computer gesendet werden.
- Duplex* Verbindung, mit der in beide Richtungen gleichzeitig gesendet werden kann.
- E** *E1* Transportmodul, mit dem 2,048 Mbps übertragen werden.
- F** *Filter* Den Begriff Filter gibt es in der analogen Nachrichtentechnik, aber auch in der digitalen Kommunikationstechnik. Die generelle Aufgabe eines Filters ist die Selektion von Frequenzen oder Bitmustern aus einem Nachrichtenstrom.

	<i>Firewall</i>	Unter Firewalls versteht man Netzwerk-Komponenten, über die ein internes, privates Unternehmensnetzwerk an ein öffentliches Netzwerk angekoppelt wird: also ein gesichertes Netzwerk an ein ungesichertes.
	<i>Flatrate</i>	Internetzugang, wo die Gebühren pauschal verrechnet werden. Der Benutzer bezahlt nur Abonnementsgebühren.
	<i>Freileitung</i>	Ist die Telefonleitung nicht unter der Erde verlegt, spricht man von einer Freileitung.
<b>G</b>	<i>Gateway</i>	Server oder elektronisches Bauteil für die Verbindung und Übersetzung zwischen zwei verschiedenartigen Netzen oder Datenquellen.
<b>H</b>	<i>Hub</i>	Ein Hub fungiert als Verteiler in einem Netzwerk.
<b>I</b>	<i>IP</i>	Internet Protocol. Die Aufgabe des Internet-Protokolls besteht darin, Datenpakete von einem Sender über mehrere Netze hinweg zu einem Empfänger zu transportieren.
	<i>IP-Adresse</i>	Die Internetadresse ist eine 32 Bit lange Adresse welche in der Form 192.168.1.1 dargestellt wird.
	<i>IPSec</i>	IPSec ist ein Standardisierungsvorschlag der IETF, in dem Verfahren und Protokolle für einen herstellerübergreifenden sicheren und geschützten Datenaustausch mittels des IP-Protokolls festgelegt werden. IPSec wird in VPN verwendet.
	<i>IPX</i>	Bei dem IPX-Protokoll handelt es sich um ein herstellerspezifisches Netzwerkprotokoll, das vorwiegend in Netware-Umgebungen eingesetzt wird.
	<i>ISDN</i>	Integrated Services Digital Network. ISDN ist ein flächendeckendes Dienste-integrierendes Digitalnetz, das aus dem analogen Fernsprechnet hervorgegangen ist. ISDN integriert verschiedene Dienste in einem Übertragungsnetz.
	<i>ISP</i>	Internet Service Provider. Service Provider im Internet sind Firmen, Unternehmen oder Organisationen, die spezielle Dienste wie die Anbindung an das Internet anbieten (z.B. Bluewin oder Sunrise).
<b>K</b>	<i>Kbps</i>	Abkürzung für Kilobit pro Sekunde - die Einheit für die Geschwindigkeit bei der Datenübertragung.
<b>L</b>	<i>Lag</i>	Aufgrund einer schlechten Netzwerkperformance zeigen bestimmte Applikationen/Spiele Aussetzer. Aufgrund dieser Verzögerung wird die Funktionalität stark beeinträchtigt. Solche Aussetzer werden als Lag bezeichnet.
	<i>Latency</i>	Der Begriff „Latency“ wird synonym für Verzögerungszeit verwendet.
	<i>LAN</i>	Local Area Network, ein Netzwerk auf räumlich begrenztem Gebiet, das aus miteinander verbundenen Servern, Arbeitsstationen und Zusatzgeräten besteht.
<b>M</b>	<i>MAC-Adresse</i>	Media Access Control Adresse. Die MAC-Adresse wird in Netzwerken für die Identifikation gebraucht. Jede ist einmalig auf der Welt. Eine MAC-Adresse ist 48 Bit lang.
	<i>Mbps</i>	Abkürzung für Megabit pro Sekunde - die Einheit für die Geschwindigkeit bei der Datenübertragung.

	<i>Modem</i>	Mit dem Modem werden die von den Endgeräten in digitaler Form angelieferten Informationen in entsprechende Analogsignale umgewandelt, um sie so über die Übertragungsleitungen – in der Regel Fernsprechleitungen – in analoger Form transportieren zu können.
<b>N</b>	<i>NAT</i>	Network Address Translation. Ein Verfahren zur Erhöhung der Zahl der IP-Adressen innerhalb von LANs.
<b>O</b>	<i>Overhead</i>	In der Kommunikation werden mit Overhead alle Informationen bezeichnet, die zusätzlich zu den Nutzdaten übertragen werden.
<b>P</b>	<i>Pre-Selection</i>	Pre-Selection ist die automatisch erfolgende Vorauswahl eines Verbindungsnetzbetreibers zur Abwicklung von Gesprächen. Jeder Netzbetreiber hat einen eigenen Carrier-Selection-Code. Bei Pre-Selection ist dieser Code in der Ortsvermittlung des Teilnehmers voreingestellt und wird automatisch benutzt.
	<i>Port</i>	Nummer, die zur Identifizierung einer Internet-Applikation dient. Die Port-Nummer beschreibt dabei die Anwendung, beispielsweise in Bezug auf das zu benutzende Protokoll.
	<i>POTS</i>	Plain Old Telephone Service. Unter POTS ist die analoge Telefonie zu verstehen.
<b>R</b>	<i>Router</i>	Gerät, mit dem physikalisch verschiedene Netzwerke, die dasselbe Übertragungsprotokoll verwenden, miteinander verbunden werden können. Sie leiten z.B. Datenpakete aus LANs ins Internet weiter und ermitteln optimale Übertragungswege für den Datenverkehr.
<b>S</b>	<i>Simplex</i>	Verbindung, mit der nur in eine Richtung gesendet werden kann.
	<i>Server</i>	Als Server werden Computer in einem Netzwerk bezeichnet, welche Daten zur Verfügung stellen (z.B. Homepages).
	<i>Switch</i>	Gerät, das in Netzwerken zum Einsatz kommt. Einen Switch kann man als Hub mit erweiterten Funktionen ansehen.
<b>T</b>	<i>T1</i>	Transportmodul, mit dem 1,544 Mbps erreicht werden.
	<i>TCP/IP</i>	Transport Control Protocol/Internet Protocol. Die Protokolle, die im Internet hauptsächlich verwendet werden.
<b>U</b>	<i>URL</i>	Uniform Ressource Locator. Eine URL lässt sich mit DNS in eine IP-Adresse umwandeln, womit dann die Verbindung zu dem Server aufgebaut werden kann.
	<i>Upstream</i>	Daten, die vom Computer weggesendet werden.
<b>V</b>	<i>Voice over IP</i>	Sprachkommunikation mittels des IP-Protokolls.
	<i>VPN</i>	Virtual Private Network. Generell handelt es sich dabei um ein geschlossenes, logisches Netz, das für eine bestimmte Benutzergruppe etabliert wird.
<b>W</b>	<i>Wholesale</i>	Wholesale ist ein Service, der nur Carriern angeboten wird, zur Ergänzung ihrer eigenen Netzwerke. Ein Carrier kann den Dienst nutzen, um die Reichweite seines Netzwerks auszudehnen, ohne selbst neue Anlagen anschaffen zu müssen.



## 7 Anhang B – Wissenswertes

Während den Recherchen für diese Arbeit wurden interessante Details zu den einzelnen Systemen herausgefunden, welche dem Leser nicht vorenthalten werden sollen.

### *ADSL-Benutzer:*

- ADSL ist von der Struktur her gleich wie die ISDN- oder Analogverfahren.
- als Kunde bekommt man eine offizielle IP dynamisch zugewiesen.

Es gibt Anbieter wie zum Beispiel „Netstream“, die mehrere offizielle IP-Adressen vergeben. Dies soll vor allem dazu dienen, dass man leichter einen Server aufsetzen kann. Ein Angebot von Netstream beispielsweise vergibt vier offizielle IP-Adressen. Leider kann auf Grund des Aufbaus von IP Netzen effektiv nur eine IP-Adresse benutzt werden:

- 1 für den Router
- 1 für die Netzadressierung
- 1 für die Broadcast-Adresse
- 1 für den effektiven Server
- übrige Rechner können mittels NAT auf dem normalen Weg ins Internet

### *Cable-Benutzer:*

Als Kunde von Cablecom bekommt man je nach Abo bis vier dynamische offizielle IP-Adressen zugewiesen. Diese können aus verschiedenen Subnetzen sein. Der DHCP-Server versucht den Kunden immer die gleichen Adressen zu vergeben. Es ist also durchaus möglich, dass man dieselbe IP-Adresse für mehr als ein halbes Jahr zugewiesen bekommt.

Will man neue IPs bekommen, sollte man seine IP-Adressen freigeben. Dies kann unter Windows 2000 mit dem Befehl „ipconfig /release“ und unter Windows 98 mit dem Programm „Winipcfg“ erreicht werden. Nach einiger Zeit fordert man wieder eine neue IP-Adresse an, und wenn man Glück hat, wurde die alte Adresse vergeben und man bekommt eine neue. Die Chance, dass man eine neue IP bekommt, ist um so grösser, je weniger IP-Adressen verfügbar sind. Solange genug Adressen vorhanden sind, versucht der DHCP-Server die gleichen Adressen wieder den gleichen Clients zu vergeben.

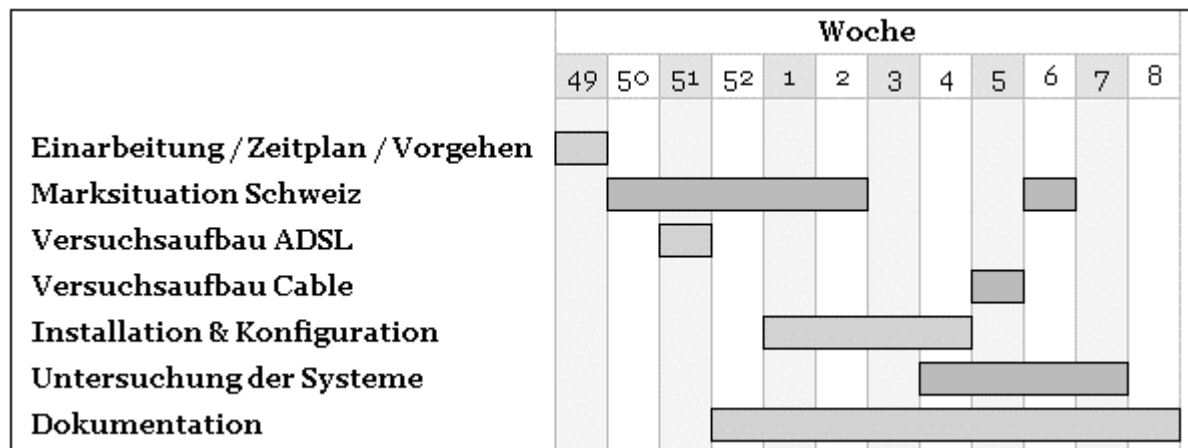
## 8 Anhang C – Organisation der Projektarbeit

### 8.1 Ablaufschema

- Themen der Arbeit festlegen
- Zeitplan für die Bearbeitung dieser Themen erstellen
- Themen zwischen den Autoren aufteilen
- Informationen sammeln
- gesammelte Informationen vergleichen
- wichtige Punkte notieren und besprechen
- Informationen zu Papier bringen

### 8.2 Zeitplan

Diese Arbeit wurde nach dem abgebildeten Zeitplan erstellt.



### 8.3 Probleme

Während dem Verfassen dieser Arbeit traten folgende Probleme auf:

#### Problem

- Cable wurde von der Schule nicht zur Verfügung gestellt.
- Installationsprogramm von Bluewin (ADSL) funktionierte auf den Testrechnern mit zwei Netzwerkkarten nicht.
- Teilweise Undurchsichtigkeit bei der Informationssuche.

#### Lösung

- Cable musste von privater Seite her organisiert werden.
- Der Router musste manuell konfiguriert werden.
- Es wurde bei der entsprechenden Instanz nachgefragt.

## 9 **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Funktionsprinzip Satelliten-Breitbandverbindung .....	4
Abbildung 2: Funktionsprinzip Powerline Communications.....	7
Abbildung 3: Funktionsprinzip Wireless Local Loop .....	8
Abbildung 5: Abdeckungskarte ADSL .....	11
Abbildung 6: Funktionsprinzip Cable.....	14
Abbildung 7: Installation ADSL-Filter.....	19
Abbildung 8: Installation ADSL-Splitter .....	19
Abbildung 9: Versuchsanordnung ADSL.....	26
Abbildung 10: Versuchsanordnung Cable .....	26

## 10 Literaturverzeichnis

### *Links*

- <http://www.providerliste.ch>
- <http://www.highspeed.ch>
- <http://www.bakom.ch>
- <http://www.interdata.ch>
- <http://www.dslforum.org>
- <http://www.cablecom.ch>
- <http://www.studerus.ch>
- <http://www.sunrise.ch>
- <http://www.gfk.de>
- <http://www.your-connect.ch>
- <http://www.catv.org>
- [http://w3.siemens.de/solutionprovider/\\_online\\_lexikon/index.htm](http://w3.siemens.de/solutionprovider/_online_lexikon/index.htm)
- <http://www.speeddoesmatter.ch>
- <http://www.cablemodem.ch>
- <http://www.wemf.ch>
- <http://www.eef.ch>
- <http://www.swisscable.ch>
- <http://www.burger-inf.ch>
- <http://www.green.ch>
- <http://www.bluewin.ch>
- <http://w4.siemens.de/networks/glossar/>
- <http://www.mythen.ch/fridel/catv.htm>
- <http://www.datapark.ch>

### *Literatur*

- Cablecom, Installationsanleitung für Windows und Macintosh, Februar 2002
- Bluewin, Installationsunterlagen, Dezember 2001