

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	3
2 NACHRICHTENTECHNISCHE GRUNDLAGEN.....	5
2.1 GRUNDLAGEN DER DATENÜBERMITTLUNG	6
2.1.1 Analoge und Digitale Signale	9
2.1.2 Übertragungsmedien	12
2.1.3 Digitalsignalübertragung	16
2.1.4 Aufbau und Entwicklung des Fernsprechnetzes	19
2.2 TECHNISCHE BESCHREIBUNG VON ADSL (ASYMMETRIC DIGITAL SUBSCRIBER LINE)	23
2.3 WEITERE XDSL-TECHNOLOGIEN	27
2.4 FAZIT	30
3 EXISTIERENDE ANSÄTZE FÜR BREITBANDSYSTEME	30
3.1 GEGENÜBERSTELLUNG ALTERNATIVER BREITBAND-ZUGANGSTECHNOLOGIEN	31
3.1.1 Internetanschluß über Niederspannungsleitungen (Powerline)	31
3.1.2 Internetzugang mit Kabelmodem über Koaxialkabel.....	33
3.1.3 Internetzugang durch Satellitenübertragung	37
3.1.4 Glasfasertechnologien	40
3.2 WECHSELWIRKUNG ZWISCHEN XDSL- UND ANDEREN BREITBANDTECHNOLOGIEN.....	41
3.2.1 Powerline.....	41
3.2.2 Kabelmodems.....	43
3.2.3 Satellitentechnik.....	44
3.2.4 ADSL und andere xDSL-Technologien.....	45
3.2.5 Fazit.....	46
3.3 WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN SCHMALBAND- UND BREITBANDSYSTEMEN	47
4 BESCHREIBUNG DER ADSL-PLÄNE DER TELEKOMMUNIKATIONS- UNTERNEHMEN	50
4.1 EINFÜHRUNG.....	50
4.2 DARSTELLUNG DER ADSL-AUSBAUPLÄNE IN DEN EINZELNEN LÄNDERN.....	51
4.2.1 Belgien.....	51
4.2.2 Brasilien	52
4.2.3 Kanada	52
4.2.4 China.....	53
4.2.5 Dänemark	53
4.2.6 Finnland	54
4.2.7 Frankreich	54
4.2.8 Holland.....	55
4.2.9 Italien	55
4.2.10 Irland.....	55
4.2.11 Japan	55
4.2.12 Korea.....	55
4.2.13 Norwegen.....	56
4.2.14 Österreich	56
4.2.15 Portugal.....	56

4.2.16 Schweden	56
4.2.17 Schweiz	57
4.2.18 Singapur.....	57
4.2.19 Spanien	57
4.2.20 Taiwan	58
4.2.21 Türkei.....	58
4.3 ADSL-PLÄNE IN DEUTSCHLAND.....	58
4.3.1 Das <i>Quasi-Monopol der Telekom</i>	58
4.3.2 Die <i>ADSL-Ausbaupläne</i>	59
4.4 ADSL-PLÄNE IN DEN VEREINGTEN STAATEN VON AMERIKA	62
4.4.1 <i>Einschränkungen und Einführung</i>	62
4.4.2 <i>Ameritech</i>	63
4.4.3 <i>Bell Altantic</i>	64
4.4.4 <i>Bell South</i>	65
4.4.5 <i>Cincinnati Bell</i>	65
4.4.6 <i>Pacific Bell</i>	65
4.4.7 <i>Southwestern Bell</i>	68
4.4.8 <i>Sprint</i>	68
4.4.9 <i>US West</i>	68
4.4.10 <i>Weitere ADSL Pläne kleinerer, lokaler Anbieter</i>	69
5 ENTWICKLUNG DER PENETRATIONS RATEN.....	70
5.1 EINFÜHRUNG.....	71
5.2 PROGNOSEN VERSCHIEDENER MARKTFORSCHUNGSUNTERNEHMEN	71
5.2.1 <i>Prognosen für den europäischen Raum</i>	72
5.2.2 <i>Prognosen für die Vereinigten Staaten</i>	72
5.2.3 <i>Weltweite Prognosen</i>	73
5.3 ENTWICKLUNG EINES DIFFUSIONSMODELLS FÜR TECHNISCHE INNOVATIONEN	73
5.4 PROGNOSE DER MARKTPENETRATION IN DEUTSCHLAND UND USA	76
5.4.1 <i>Deutschland</i>	76
5.4.2 <i>USA</i>	84
6 ZUSAMMENFASSUNG.....	88
7 ANHANG	95
7.1 ABBILDUNGSVERZEICHNIS	95
7.2 TABELLENVERZEICHNIS	95
7.3 LITERATURVERZEICHNIS.....	96
7.3.1 <i>Bücher</i>	96
7.3.2 <i>Internetadressen</i>	98
7.3.3 <i>Zeitschriftenartikel und Veröffentlichungen</i>	100
7.3.4 <i>Kontaktstellen</i>	101

1 Einleitung und Problemstellung

Alle erfolgreichen Technologien sind erfolgreich, weil sie Probleme lösen. Ob es sich dabei um ein relativ einfaches Problem wie der Kaffeezubereitung oder um ein äußerst komplexes Problem wie der Atomspaltung handelt, spielt dabei nur eine untergeordnete Rolle.

Eines der größten Probleme bei der Informationssuche im WWW sind die langen Wartezeiten, da die Informationsübertragung zu langsam ist. Aus diesem Grund können Anwendungen wie z. B. Music On Demand, Video On Demand, Telelearning, Telemedizin, Teleworking oder Videokonferenzen derzeit noch nicht wirtschaftlich genutzt werden. Eine mögliche Lösung: Breitbandzugangssysteme. Sie bieten Internetnutzern einen schnelleren Zugang zum WWW. Diese Arbeit untersucht die Entwicklung von Breitbandsystemen in Europa und den USA, wobei der Schwerpunkt der Betrachtungen auf ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) liegt. Mit ADSL hat man – zumindest theoretisch – die Möglichkeit, Datenraten von bis zu 8 Mbit/s zu erreichen. Dies entspricht einer Vervielfachung gegenüber dem bewährten ISDN um den Faktor 125.

Durch die weltweite Deregulierung der Telekommunikationsmärkte und dem Entstehen zahlreicher neuer Anbieter gewinnen Mehrwertdienste über das klassische Kupferkabel immer mehr an Bedeutung und forcieren deren Entwicklung. Neue Dienste, wie z. B. ADSL, eignen sich auf dem hart umkämpften Telekommunikationsmarkt hervorragend zum Gewinn von Marktanteilen und zur Verbesserung der Gewinnsituation. Nahezu alle größeren Netzbetreiber in Europa, Nordamerika und Asien haben Tests und technische Pilotversuche durchgeführt und durchweg positive Erfahrungen gesammelt¹. Einer der entscheidenden Vorteile ist, daß dieser Dienst die weltweit ca. 700 Mio. Telefonleitungen aus Kupfer zum Endkunden nutzen kann². Als potentiell größtes Hindernis bei der Einführung der xDSL-Technologie gilt die begrenzte Reichweite von ADSL, dies wird aber im Laufe der Arbeit näher erörtert.

Bereits das analoge Telefon hat wesentlich zur Entwicklung der sozialen Beziehungen und des industriellen Fortschritts beigetragen. Mit ISDN (Integrated Services Digital Network) wurden die Möglichkeiten der Kommunikationsnetze erweitert und die Kommunikationsqualität verbessert. Heute, im Zuge der zunehmenden Bedeutung des Internets und dem Aufstreben des Electronic Commerce erwächst nun mehr und mehr das Bedürfnis multimedialer Kommunikation. ADSL wird diesem Bedürfnis gerecht und eröffnet zahlreiche neue

¹ F.J. Arnold, Berater bei Eutelis Consult

² Alcatel Customer Info, www.alcatel.com

Nutzungsmöglichkeiten des weltumspannenden Netzes. Folgende Dienste bilden dabei nur die Spitze eines Eisbergs: VOD (Video on demand), MOD (Music on demand), Teleworking, Telelearning, Videokonferenzen, Tele-Medizin etc. Die zunehmende Vernetzung eröffnet neue Geschäftsbereiche und Betätigungsfelder in Wirtschaft und Technik. Im Gegenzug fallen jedoch durch Rationalisierung und Verflachung der Händlerstruktur auch klassische Berufszweige weg. Auf eine nähere Analyse im Sinne eines „trade off“ wird im Rahmen dieser Arbeit jedoch verzichtet. Es sei nur kurz darauf hingewiesen, daß die zunehmende Vernetzung, forciert durch Dienste wie ADSL, neben vielen Vorteilen auch zahlreiche Risiken birgt.

Im Rahmen dieser Arbeit wird nicht die gesamte Struktur eines Kommunikationsnetzes analysiert. Der Focus liegt auf der sog. letzten Meile von der letzten Vermittlungsstelle zum Teilnehmer. Das sog. Backbone wird im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter untersucht. In diesem Zusammenhang werden auch nur die theoretisch erreichbaren Datenraten neuer Technologien untersucht. Da das Backbone heute sicherlich für einen flächendeckenden Einsatz von Breitbandtechnologien noch nicht gerüstet ist und das Verhalten bei entsprechenden Innovationen auch nicht bekannt ist, wird auf eine Betrachtung verzichtet. Das schränkt aber die praktische Bedeutung der Arbeit nicht weiter ein, da es sich hier um ein Problem der Infrastruktur handelt und für alle Breitbandtechnologien gleichermaßen gilt. Es ist anzunehmen, daß die Serviceprovider aufgrund des aggressiven Verhaltens der Konkurrenz bei flächendeckender Etablierung von Breitbanddiensten ihre Netze relativ schnell nachrüsten werden.

Den Umfang dieser Arbeit soll folgender Überblick kurz verdeutlichen:

Im zweiten Kapitel werden die nachrichtentechnischen Grundlagen, soweit sie für das Verständnis der xDSL-Technologie von Bedeutung sind, erörtert. Dabei werden schwerpunktmäßig die Eigenschaften und Unterschiede zwischen analogen und digitalen Signalen betrachtet. Weiterhin werden die Eigenschaften der unterschiedlichen Übertragungsmedien und die Besonderheiten der Digitalsignalübertragung dargestellt. Da die xDSL-Technologie auf der sog. letzten Meile des Fernsprechnetzes eingesetzt wird, wird auch die Entwicklung und zunehmende Digitalisierung des Fernsprechnetzes aufgezeigt. Im Anschluß daran folgt eine technische Beschreibung der ADSL-Technologie, wobei die Verfahren zur Trennung der Frequenzbänder als auch die verschiedenen Modulationsverfahren genauer dargestellt werden. Abschließend werden die verschiedenen xDSL-Technologien der sog. DSL-Familie dargestellt. Dabei wird aufgezeigt welche dieser Technologien sich voraussichtlich mittel- bzw. langfristig etablieren werden.

Das nächste Kapitel enthält eine Übersicht weiterer Breitbandtechnologien. Dabei werden folgende Ansätze genauer untersucht: Powerline, Kabelmodem und Satelittenübertragung. Darauf aufbauend werden die Entwicklungsmöglichkeiten dieser Technologien dargestellt. In

Kapitel 3.2 werden die gegenseitigen Wechselwirkungen dargestellt, dabei wurden besonders die Vor- und Nachteile bewertend miteinander verglichen. In Kapitel 3.3 werden die Wechselwirkungen zwischen Breitband- und Schmalbandsystemen untersucht. Dabei wird vor allem die sinnvolle Ergänzung von ADSL durch ISDN dargestellt.

Das vierte Kapitel beschäftigt sich mit den Ausbauplänen der Telekommunikationsunternehmen weltweit, sofern diese bekannt sind. Die einzelnen Länder werden dabei in alphabetischer Reihenfolge sukzessive dargestellt. Weiterhin werden Informationen, soweit sie erhältlich sind, zu Regionen, Datenraten und Ausbauplänen gegeben. Abschließend werden die Ausbaupläne in Deutschland und den USA detaillierter dargestellt.

Im fünften Kapitel wird die voraussichtliche Entwicklung der Penetrationsraten prognostiziert. Dazu werden die Prognosen verschiedener Marktforschungsunternehmen dargestellt. Da die internen Prognosemethoden unbekannt sind, wird auf einen bewertenden Vergleich verzichtet. Anschließend wird die Entwicklung eines sog. Diffusionsmodells für technische Innovationen dargestellt. Auf eine mathematische Anwendung dieses Modells wird jedoch verzichtet, da dies den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde. Mit Hilfe der ISDN-Entwicklungsraten und dem schematischen Verlauf des Diffusionsmodells wird dann eine subjektive Einschätzung der ADSL-Penetration in Deutschland und den USA für die nächsten fünf Jahren erstellt. Da in den USA die Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes bereits weiter fortgeschritten ist, ist die Dominanz eines Anbieters bzw. einer Technologie nicht so ausgeprägt wie in Deutschland. Aus diesem Grund ist eine Prognose der ADSL-Penetrationsraten in den USA mit einem größeren Maß an Unsicherheit behaftet. Ungeachtet quantitativer Aussagen ist der Trend jedoch eindeutig erkennbar: Gewährleistung eines flächendeckend verfügbaren Breitbandzugangs zum Internet.

2 Nachrichtentechnische Grundlagen

In diesem Kapitel wird auf die nachrichtentechnischen Grundlagen eingegangen, soweit sie für die Entwicklung und zum Verständnis der xDSL-Technologien von Bedeutung sind. Dabei wird kurz auf die Grundlagen der Datenübermittlung und auf die Unterschiede zwischen analogen und digitalen Signalen und auf deren Eigenschaften eingegangen. Danach werden die unterschiedlichen Übertragungsmedien mit ihren Eigenschaften dargestellt. Im Anschluß daran werden die Besonderheiten der Digitalsignalübertragung, der Aufbau und die Digitalisierung eines klassischen Fernsprechnetzes behandelt. Zum Abschluß dieses Kapitels folgt eine technische Beschreibung von ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) und eine kurze Einführung in die verschiedenen xDSL-Technologien. Ein Vergleich der wichtigsten xDSL-Technologien folgt in Kapitel 3.2.4.

2.1 Grundlagen der Datenübermittlung

Eine Nachricht ist stets an eine zeitliche oder räumliche Veränderung eines materiellen Trägers gebunden. Solche Veränderungen können z. B. Veränderungen der Amplituden-momentanwerte einer elektrischen Spannung sein. Die Aufgabe der Nachrichtentechnik besteht darin, eine Information in einer solchen Strukturveränderung zu modellieren, und diese dann nach einer geeigneten Übertragung zum Empfänger fehlerfrei zu entschlüsseln. In der modernen Nachrichtentechnik ist der Träger dieser Strukturveränderung fast immer ein elektrisches oder optisches Signal. Ein Signal kann somit als zeitveränderliche Funktion einer elektrischen oder optischen Größe wie z. B. Spannung oder Lichtstärke definiert werden.

In der folgenden Abbildung soll kurz dargestellt werden, wie die Nachrichtenkette von der Nachrichtenquelle bis zum Nachrichtempfänger aufgebaut ist.

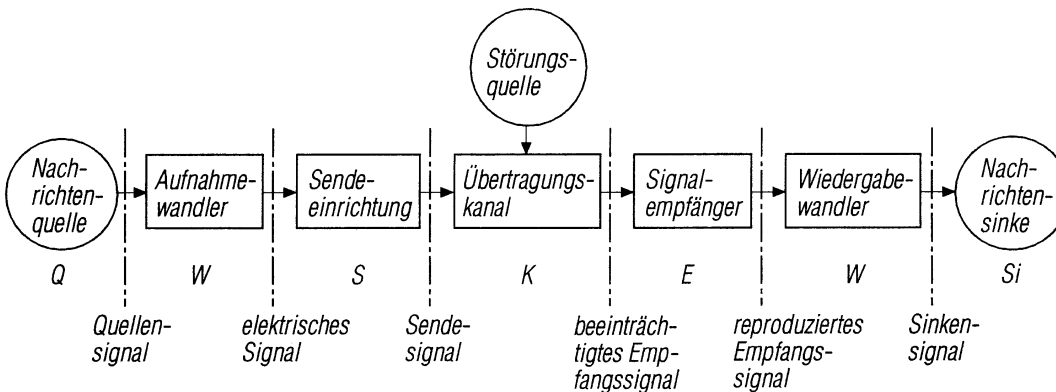


Abbildung 1: Nachrichtenkette

Die Nachrichtenquelle erzeugt das Quellsignal. Ein klassisches Beispiel ist die Sprachkommunikation, hier ist das Quellsignal eine Schalldruckschwankung. Bei Daten- oder Textverarbeitung mittels Computer wird das Quellsignal durch eine Bitfolge dargestellt. Das Quellsignal wird dann vom Aufnahmewandler in ein analoges elektrisches Signal umgewandelt. Durch diese elektrische Darstellung kann das Signal in der Sendeeinrichtung weiterverarbeitet werden, damit es möglichst günstige Eigenschaften für die Übertragung über den gewünschten Kanal erhält, ohne daß sich der Inhalt verändert.

In der Sendeeinrichtung erfolgt die³

³ D. Lochmann, Digitale Nachrichtentechnik, Berlin 1997, S.20

- Verstärkung

- Modulation⁴

Unter Modulation versteht man die Überlagerung der vom Sender erzeugten Trägerschwingungen mit den zu übertragenden Wechselspannungen oder Impulsfolgen. Steht nur eine begrenzte Frequenz zur Übertragung zur Verfügung, dann muß das ursprüngliche Signal durch Modulation so verändert werden, daß es in das Frequenzspektrum des Übertragungskanals fällt. Die drei wesentlichen Modulationsverfahren sind Amplitudenmodulation (AM), Frequenzmodulation (FM) oder Phasenmodulation (PM). Eine entsprechende Demodulation erfolgt dann beim Empfänger.

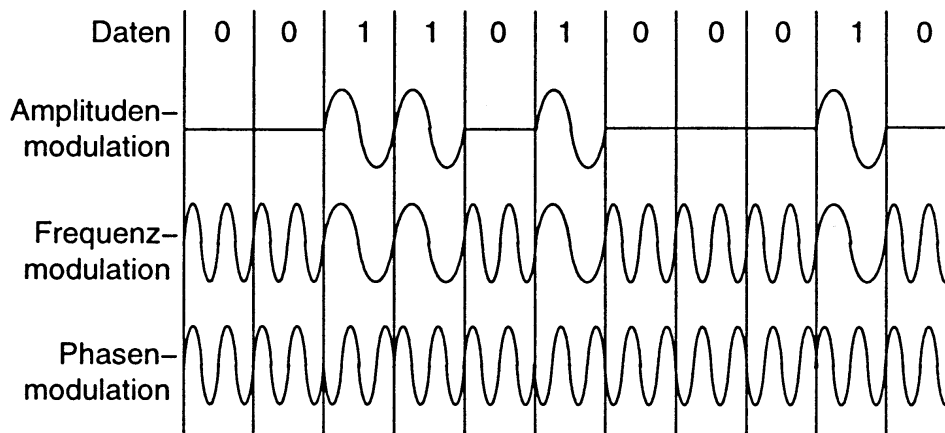


Abbildung 2: Modulationsarten

- Filterung

Bei der Filterung werden die Frequenzbereiche, die außerhalb der Signalfrequenz liegen, herausgefiltert.

- Multiplexierung⁵

Bei der Multiplexierung werden mehrere Eingangssignale auf ein Ausgangssignal übertragen, d.h. über ein Kabel werden gleichzeitig viele Signale von verschiedenen Teilnehmern übertragen. Diese Mehrfachausnutzung einer Leitung nennt man Multiplextechnik. Die beiden wichtigsten Verfahren sind Frequenzmultiplex und Zeitmultiplex. Das Frequenzmultiplexverfahren (Frequency Division Multiplexing, FDM) verwendet für die unterschiedlichen Signale verschiedene, nicht notwendigerweise gleichbreite Frequenzbänder. Beim Zeitmultiplexverfahren (Time Division Multiplexing, TDM) hingegen wird die gesamte verfügbare Bandbreite für eine bestimmte Zeit genau einer Sender-Empfänger-

⁴ G. Krüger, Praktikum Telematik I+II, Karlsruhe 1998, S. 30

⁵ G. Krüger, Praktikum Telematik I+II, Karlsruhe 1998, S. 36

Kombination zur Verfügung gestellt. Diese Übertragungstechnik ist nur für zeitdiskrete Signale, also Digitalsignale verwendbar. Beim TDM sind noch zwei Unterkategorien zu unterscheiden, das statische und das anforderungsgesteuerte TDM. Das statische TDM arbeitet mit gleichbreiten Zeitintervallen, während das anforderungsgesteuerte die Breite der Zeitintervalle je nach Bedarf festlegt. Das anforderungsgesteuerte TDM wird auch statistisches TDM (STDM) genannt.

Bei digitaler Übertragung ist auch noch eine Wandlung der Signale von analoge in digitale Form (A/D Wandlung) und eine Codierung nötig. Bei optischer Übertragung, z. B. durch ein Glasfaserkabel, ist eine entsprechende elektrisch-optische Wandlung der Signale erforderlich. Das Sendesignal wird dann in den Übertragungskanal übermittelt.

Der Übertragungskanal enthält vor allem das Übertragungsmedium für die Fortleitung der elektrischen oder optischen Energie des Sendesignals. Klassische Übertragungsmedien sind z. B. Kupferkabel, Glasfaserleitungen oder Funkstrecken. Der Übertragungskanal enthält auch Einrichtungen zur Verstärkung des Signals und zur Beseitigung von Störungen und Verzerrungen, die bei der Übertragung über größere Strecken immer wieder auftreten. Zum Übertragungskanal gehören weiterhin auch Einrichtungen der Fehlerortung und der Ferneinspeisung. Bei digitaler Übertragung übernimmt der Kanal auch die Regenerierung des Digitalsignals.

Beim Signalempfänger wird das Empfangssignal dann reproduziert durch:

- Verstärkung
- Filterung
- Demodulation
- Demultiplexierung

Bei digitaler Übertragung übernimmt der Signalempfänger auch die Decodierung und die digital-analoge Wandlung. Danach wird das Signal an den Wiedergabewandler weitergegeben, dieser reproduziert das Empfangssignal in einer der Nachrintensinke angepaßten Form.

Die digitale Form der Datenübertragung ist im allgemeinen technisch und ökonomisch günstiger realisierbar als die analoge Form. Dies hat u.a. folgende Gründe:

- Aufgrund der besseren Einsatzmöglichkeiten der Mikroelektronik bei der Herstellung der Geräte sind Geräte der Digitaltechnik billiger.

- Es ergeben sich wesentliche Qualitäts-, Zuverlässigkeits- und Leistungserhöhungen bis hin zu Möglichkeiten der Kanalcodierung, der Quellencodierung und der digitalen Signalverarbeitung.
- Die überragende Bedeutung des Computers im Alltag bringt ein weiteres Ansteigen digitaler Signalquellen mit sich.

Nachdem bei den Grundlagen der Datenübermittlung die Formen der Übertragung bereits angesprochen wurden, werden im folgenden die Eigenschaften analoger und digitaler Signale und deren Unterschiede im Detail behandelt.

2.1.1 Analoge und Digitale Signale

Die Anfänge der elektrischen Nachrichtentechnik und auch die erste Morsetelegrafieverbindung 1844 von Baltimore nach Washington waren digitaler Natur. Erst durch die Erfindung des Mikrofons und der Lösung der Sprachübertragung übernahm die analoge Nachrichtentechnik die bestimmende Rolle. Seit Ende der achtziger Jahre vollzieht sich jedoch ein beschleunigter Übergang zum vollständig digitalen Nachrichtennetz, in dem alle Signale digital übertragen werden.

Analoge Signale sind Signale, deren Wertebereich $s(t)$ kontinuierlich ist, d.h. $s(t)$ kann zu jedem beliebigen Zeitpunkt t beliebige Werte annehmen und hat einen stetigen Verlauf. Die Werte liegen zwischen dem Maximalwert $+S$ und dem Minimalwert $-S$. Der Wertebereich bildet daher beim analogen Signal eine unendliche Menge. Analoge Signale werden auch als wert- und zeitkontinuierliche Signale bezeichnet. Analoge Signale sind typisch für die Sprachkommunikation. Digitale Signale hingegen haben einen diskreten Wertebereich und einen unstetigen diskreten Verlauf im Zeitbereich. Der Wertebereich bildet eine endliche Menge.⁶

⁶ D. Lochmann, Digitale Nachrichtentechnik, Berlin 1997, S.24

Die folgende Abbildung zeigt links den Verlauf eines analogen und rechts den Verlauf eines digitalen Signals.

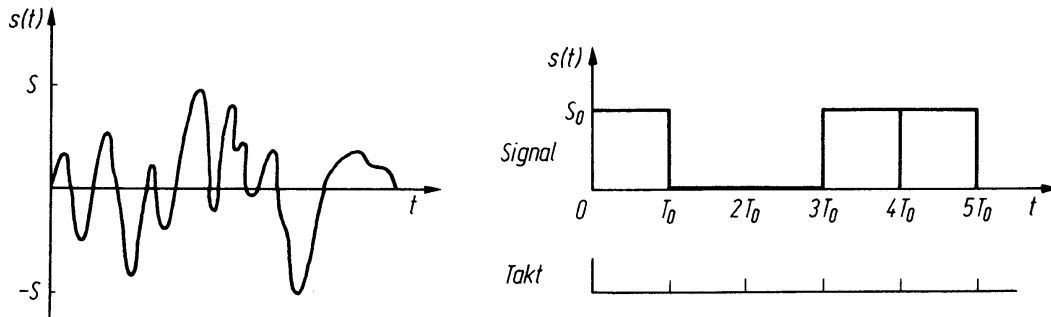


Abbildung 3: Analoges und digitales Signal im Zeitbereich

Bei der digitalen Übertragung wird ein Impuls der Dauer T_0 und der Amplitude S_0 oder 0 als Binärelement bezeichnet. Dieses Binärelement ist als Codeelement der Grundbaustein für alle digitalen Signale. Codeelemente werden zu Codewörtern zusammengesetzt und übertragen. Bei der analogen Übertragung sind die elektrischen Signale formgetreue Abbilder des Quellsignals. Für die analoge Nachrichtenübertragung ist charakteristisch, daß die mit der Länge einer Übertragungsstrecke zunehmenden Störungen eine stetige Verschlechterung der Qualität der Übertragung verursachen. Der Störeinfluß wird durch den sog. Störabstand r quantitativ bestimmt und ist ein logarithmisches Verhältnis von der sog. Signalleistung P_S und der sog. Störleistung P_N und wird in Dezibel (dB) angegeben. Auf eine mathematische Herleitung dieser und anderer Störgrößen wird hier jedoch verzichtet und auf entsprechende Literatur verwiesen. Das qualitative Störverhalten der analogen und digitalen Übertragung wird anhand folgender Übertragungsstrecke mit vier Verstärkern schematisch verdeutlicht.

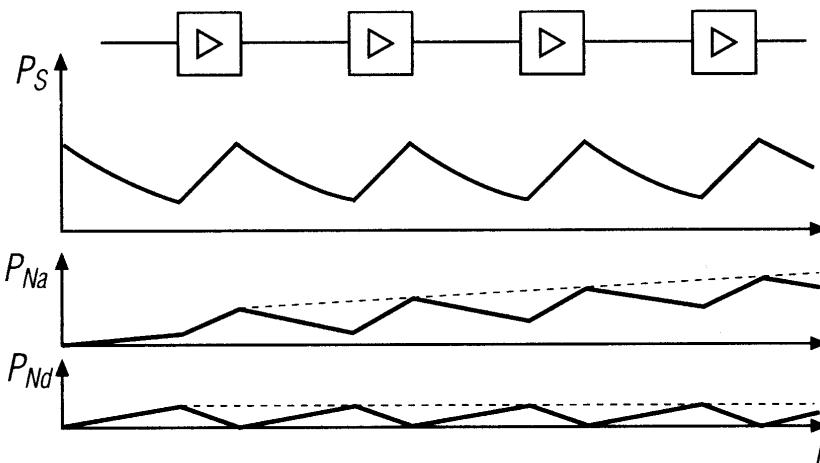


Abbildung 4: Störverhalten der analogen und digitalen Übertragung

Mit zunehmender Länge l der Übertragungsstrecke verliert die Signalleistung P_S an Energie. Die Energie nimmt exponentiell aufgrund der Leitungsdämpfung ab und wird in bestimmten Abständen wieder linear verstärkt⁷. Die in den Kanal eingedrungene Störleistung wird jedoch ebenfalls verstärkt. Mit zunehmender Streckenlänge vergrößert sich deshalb die Störleistung stetig. Der sog. Störabstand wird immer geringer. Dieses charakteristische Merkmal der analogen Übertragung entsteht durch die lineare Verstärkung von Signal und Störung und ist einer der Gründe der Überlegenheit der digitalen Nachrichtenübertragung.

In einem digitalen Übertragungssystem müssen Sprachsignale einer analog-digitalen Wandlung unterzogen werden. Dafür hat das Internationale Standardisierungskomitee für leitungsgebundene Kommunikation (International Telecommunications Union, ITU) das Verfahren der Pulsmodulation (PCM) vereinbart. Wie in den folgenden beiden Abbildungen erläutert, wird das Sprachsignal in der Sendeeinrichtung analog-digital gewandelt, dann digital übertragen und anschließend beim Empfänger digital-analog gewandelt. Die A/D-Wandlung wird prinzipiell in drei Schritten durchgeführt, zuerst die Signalabtastung, dann die Quantisierung und zuletzt die Codierung. Dafür muß das Signal auf eine Bandbreite B und auf einen Amplitudenbereich $+S$ bis $-S$ begrenzt werden.

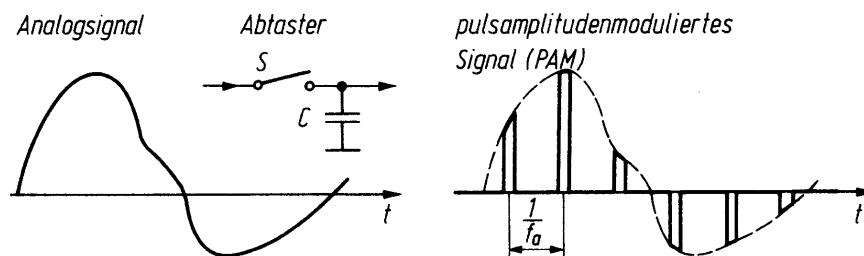


Abbildung 5: Signalabtastung bei PCM

Bei der Signalabtastung werden die Signalmomentanwerte in gleichbreiten Abständen $T_a=1/f_a$ bestimmt, wobei die Abtastfrequenz f_a mit der Bandbreite des Signals zusammenhängt. Es gilt, daß $f_a > 2B$. Das so entstehende impulsförmige zeitdiskrete Signal kann alle Amplitudenwerte zwischen $+S$ und $-S$ annehmen und wird als PAM-Signal bezeichnet.

⁷ D. Lochmann, Digitale Nachrichtentechnik, Berlin 1997, S.26

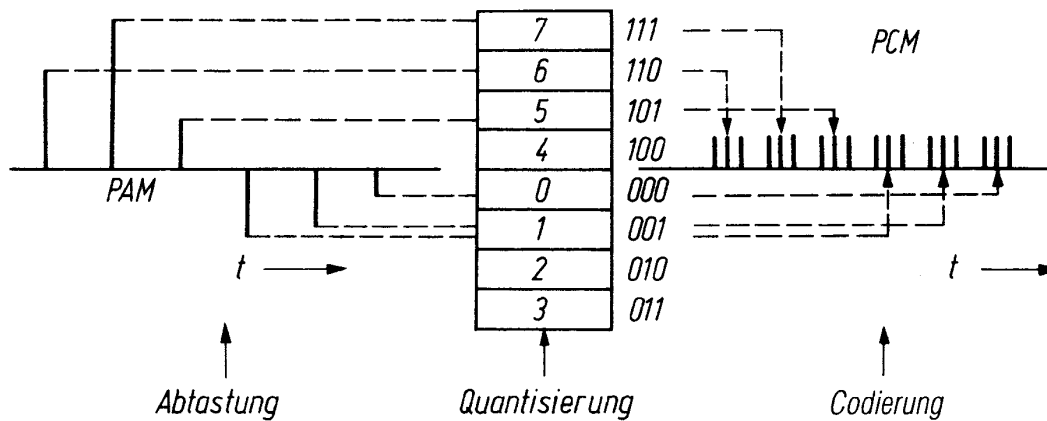


Abbildung 6: Quantisierung und Codierung bei PCM

Die Quantisierung des sog. PAM-Signals teilt den Amplitudenbereich von $+S$ bis $-S$ in eine endliche Anzahl q von Intervallen ein (vgl. Abb. 6). Beim Sprachsignal ist $q = 256$, in obiger Abbildung ist $q = 8$. Mit Hilfe einer sog. Vergleicherschaltung wird innerhalb des Zeitraums T_a festgestellt, in welchem der q Intervalle sich der PAM-Wert gerade befindet. In obiger Abbildung kann man für den quantisierten Wert 1 erkennen, daß eine Genauigkeit wie beim analogen Signal nicht zu erreichen ist. Jeder quantisierte Wert deckt ein Teilintervall des PAM Signals ab. Die Nummer dieses quantisierten Intervalls wird dann mit hinreichender Genauigkeit erzeugt. Gleichzeitig mit der Quantisierung erfolgt die Codierung des PCM-Signals. Bei der Codierung wird das quantisierte Signal als Binärcodewort erzeugt. Das Binärcodewort entsteht durch die Aneinanderreihung der einzelnen Binärcodes der quantisierten Signale. Dieses Binärcodewort wird dann übertragen und beim Empfänger durch die entsprechende Empfangseinrichtung digital-analog gewandelt.

Im folgenden werden die für die Datenübertragung geeigneten Übertragungsmedien, deren Eigenschaften, technische Ausführungen und Varianten dargestellt.

2.1.2 Übertragungsmedien

Übertragungsmedien liegen beim ISO-Referenzmodell unterhalb der Bitübertragungsschicht, dem sog. Physical Layer, und damit außerhalb des eigentlichen Referenzmodells⁸. Das ISO-Referenzmodell ist eine standardisierte Beschreibung für die Architektur eines Netzwerks. Die Architektur besteht aus sieben hierarchisch angeordneten Schichten. Jede Schicht baut auf den Diensten der darunterliegenden Schicht auf und bietet ihrerseits der darüberliegenden Schicht

⁸ G. Zeidler, Taschenbuch der Nachrichtentechnik, Stuttgart 1988, S.194

Dienstleistungen an. Auf eine detaillierte Beschreibung der sieben Schichten des Referenzmodells wird hier jedoch verzichtet.

Nachrichtentechnisch gesehen ist die Haupteigenschaft, die ein Übertragungsmedium kennzeichnet, die Leitfähigkeit der elektrischen oder optischen Energie. Als Träger haben sich drei physikalische Erscheinungen durchgesetzt:

- elektrischer Strom
- elektromagnetische Welle
- Lichtwelle

Diese können den technisch angewendeten Übertragungsmedien in folgender Weise zugeordnet werden.

Träger des Signals	Übertragungsmedium
Elektrischer Strom	Kupferdraht Symmetrische und koaxiale Kabel Leiterbahnen in integrierten Schaltungen
Elektromagnetische Wellen	Atmosphäre für Funkübertragung Atmosphäre für Richtfunkübertragung Hohlleiter für cm- und mm-Wellen
Lichtwellen	Atmosphäre für wenige Kilometer Lichtwellenleiter aus Glas Integrierte Optik

Tabelle 1: Anwendung der Übertragungsmedien

Die technische Ausführung der wichtigsten, heute angewendeten Übertragungsmedien ist in folgender Abbildung skizziert⁹.

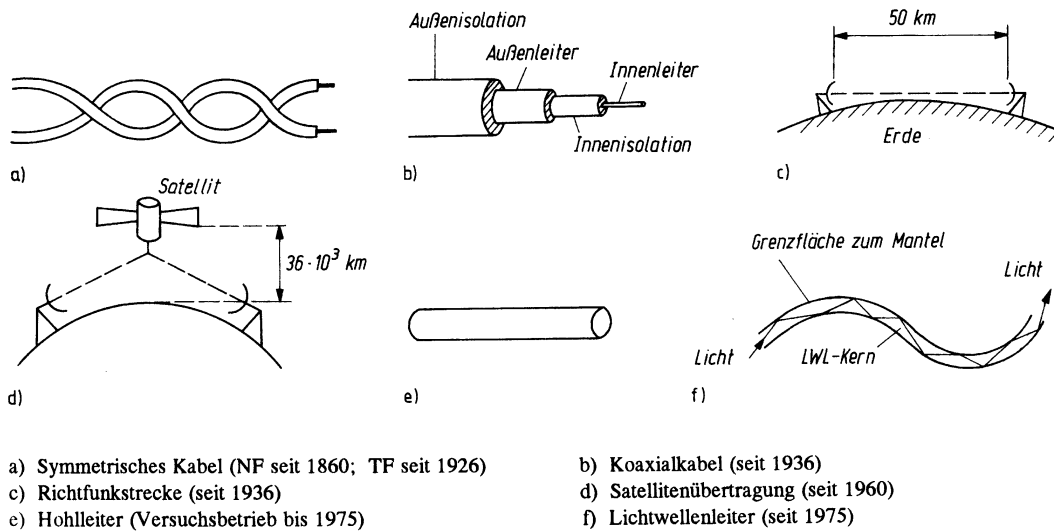


Abbildung 7: Technische Ausführung verschiedener Übertragungsmedien

Das symmetrische Kabel (twisted pair) besteht aus einer meist abgeschirmten Vielzahl von Kabelpaaren. Die Kabel werden verdreht, damit die Wahrscheinlichkeit, daß sich parallel laufende Magnetfelder beeinflussen, möglichst klein gehalten wird. Die Kabel können abgeschirmt (shielded twisted pair – STP) oder nicht abgeschirmt (unshielded twisted pair – UTP) sein. STP-Kabel haben zwar den Vorteil der geringeren Beeinflussung durch andere Kabel, sind aber beim Verlegen aufgrund ihres größeren Durchmessers unbeliebt¹⁰. UTP-Kabel haben sich inzwischen soweit verbreitet, daß alle höheren Protokolle auch über UTP-Kabel einwandfrei funktionieren müssen.

Unabhängig davon, ob es sich um STP- oder UTP-Kabel handelt, muß man grundsätzlich zwischen Niederfrequenzkabel (NF-Kabel) und Trägerfrequenzkabel (TF-Kabel) unterscheiden.

Beim symmetrischen NF-Kabel handelt es sich um einen Kabelstrang mit mehreren Tausend Aderpaaren. Die einzelnen Aderpaare haben jeweils einen Durchmesser von 0,4 – 1,4 mm. Eingesetzt wird das symmetrische NF-Kabel in sehr großem Umfang in analogen Fernsprechnetzen. Ursprünglich haben diese Netze nur NF-Signale bis zu 4 kHz übertragen. Mit der Einführung der PCM-Technik in die Ortsnetze werden über diese Kabel auch digitale Multiplexsignale mit 30 – 120 Kanälen übertragen.

⁹ D. Lochmann, Digitale Nachrichtentechnik, Berlin 1997, S.32

¹⁰ H.W. Barz, Kommunikation und Computernetze, München 1995, S.53

Symmetrische TF-Kabel hingegen bestehen aus bis zu 50 Adernpaaren und Aderndurchmessern von 0,9 – 1,4 mm. Sie werden für mittlere Strecken und für den Weitverkehr bei Analogübertragung bis 552 kHz verwendet. Bei Analogübertragung kann man über diese Kabel maximal 120 Kanäle übertragen, bei Digitalübertragung sind es bis zu 480 Kanäle.

Das Koaxialkabel besteht aus einem inneren Leiter umschirmt von einem Äußeren und war lange Zeit das Standardübertragungsmedium in Netzwerken. Koaxialkabel haben einen Innenleiterdurchmesser von 0,7 – 2,6 mm. Der Außenleiterdurchmesser liegt zwischen 2,9 und 9,5 mm. Über Koaxialkabel werden bei analoger Datenübertragung Frequenzbänder bis zu 60 MHz übertragen, das entspricht 10.800 analogen Fernsprechanälen; der Verstärkerabstand beträgt ca. 1,6 Km¹¹. Bei Digitalübertragung kann man Datenraten bis zu 1,2 Gbit/s erreichen, das entspricht ca. 15.000 analogen Fernsprechanälen.

Lichtwellenleiter (LWL) werden in der Nachrichtentechnik seit etwa 1975 eingesetzt. Lichtwellen, die Träger des Signals sind, werden durch ein LED oder Laserdioden erzeugt und durch Lichtwellenleiter übertragen. Im Vergleich zu Kupfer sind sehr geringe Dämpfungen erzielbar, darüber hinaus sind Störeinkopplungen von außen vernachlässigbar¹². Die für die Übertragung des Signals benutzte Lichtwelle liegt im Infrarotbereich, anfangs betrug sie 0,8 µm. Heute beträgt die Lichtwellenlänge 1,3 µm und 1,55 µm. Der LWL besteht aus einer dünnen zylinderförmigen Faser, aus Quarzglas oder Plastik, und einem Mantel. Der Brechungsindex des Mantels ist kleiner als der des Kerns. Man unterscheidet drei Arten von Lichtwellenleitern:

- Die Stufenindexfaser hat einen Kerndurchmesser von 50 µm. Die Brechung der Lichtwelle erfolgt an der Grenzschicht zum Mantel, deshalb haben Lichtwellen, die unter unterschiedlichen Winkeln auf die Grenzschicht treffen, unterschiedlich lange Übertragungsdistanzen zu überbrücken. Diese Erscheinung nennt man Modendispersion. Sie führt zur Verbreiterung der übertragenen Lichtimpulse und damit zur Verringerung der maximalen Übertragungsrate, die nun von der Leitungslänge abhängt und deshalb in der Dimension Mbitkm/s angegeben wird. Die Nachrichtentransportkapazität nimmt also mit zunehmender Länge des LWL-Übertragungssystems ab. Sie beträgt für Stufenindexkabel maximal 50 Mbitkm/s.
- Gradientenindexfaser vermeidet den Nachteil der Stufenindexfaser, da der Brechungsindex des Faserkerns über den Querschnitt nicht konstant ist, sondern vom Radius abhängt. Da der Brechungsindex zum Mantel hin abnimmt, verlaufen die Lichtwellen im Leiter nicht im Zick-Zack, sondern bogenförmig. Durch diesen bogenförmigen Verlauf fällt der

¹¹ D. Lochmann, Digitale Nachrichtentechnik, Berlin 1997, S.33

¹² F. Kauffels, Einführung in die Datenkommunikation, Bergheim 1996, S.66

Laufwegunterschied der Lichtwellen wesentlich geringer aus als bei der Stufenindexfaser. Hinzu kommt, daß sich die Lichtwellen im Glas mit niedrigerem Brechungsindex, also nach außen hin, schneller fortbewegen. Die Modendispersion fällt deshalb wesentlich geringer aus. Die Übertragungsrate beträgt bis zu 1 Gbitkm/s.

- Die Monomodenfaser mit einem Durchmesser von ca. 10 μm sorgt für eine nahezu geradlinige Ausbreitung des Lichtes. Dadurch wird eine weitere Verringerung der Modendispersion erreicht. Da praktisch nur ein Mode eingekoppelt werden kann, stellen Monomodenfaser höhere Anforderungen an die Strahlungsquelle. Aus diesem Grund kommen hier fast ausschließlich Laser-Dioden zum Einsatz. Dies wird jedoch bei Datenraten bis 50 Gbitkm/s in Kauf genommen. In zunehmendem Maße werden bei LWL-Übertragungssystemen nur noch Monomodenfaser-Lichtwellenleiter eingesetzt.

2.1.3 Digitalsignalübertragung

Digitale Signale und einige Besonderheiten der digitalen Nachrichtenübertragung wurden bereits angesprochen und werden im folgenden genauer erläutert. Die wesentlichen Merkmale bzw. Vorteile sind die Codierung und die Regenerierung der Signale bei der Übertragung.

Durch eine geeignete Quantisierung kann jedes Digitalsignal in ein binäres Signal umgeformt werden¹³. Ein Binärsignal hat zwei verschiedene Zustände, die jedoch in unterschiedlicher Weise und in verschiedener Polarität realisiert werden können. Diese Formen binärer Grundimpulse sind in folgender Abbildung dargestellt.

¹³ D. Lochmann, Digitale Nachrichtentechnik, Berlin 1997, S.71

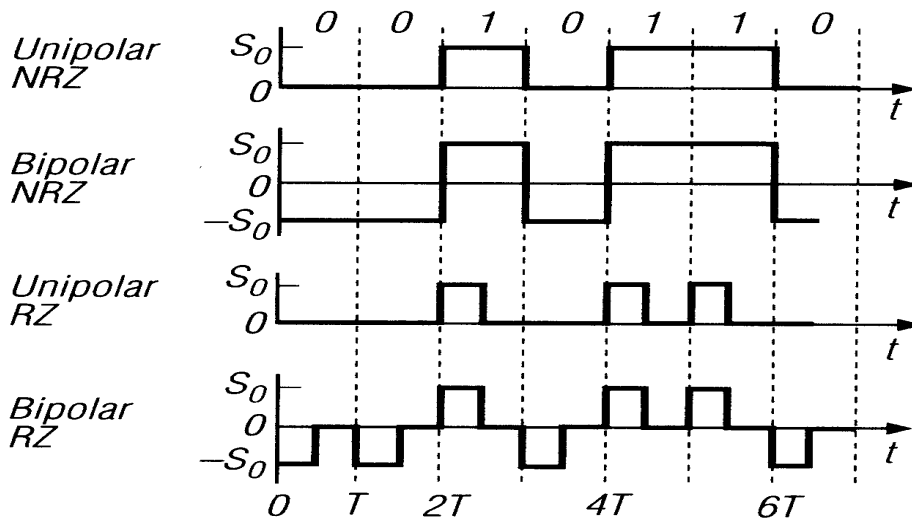


Abbildung 8: Darstellungsformen binärer Sendesignale

Bei einem isochronen Zeitraster T , bei dem die Zeitintervalle T gleich breit sind, spricht man von einem NRZ-Signal (non return to zero), wenn die Dauer eines Impulses $T_0 = T$ ist. Hat der Impuls des Binärsignals die zeitliche Dauer $T_0 = T/2$, dann handelt es sich um ein RZ-Signal (return to zero), da der Impuls am Ende eines Zeitrasters T wieder den gleichen Wert hat wie am Anfang des Zeitrasters. Bei einem Binärsignal mit zwei Zuständen S_0 und 0 , die z. B. durch die elektrische Spannung ausgedrückt werden, handelt es sich um ein unipolares Signal. Ein bipolares Signal hingegen hat die Zustände $+S_0$ und $-S_0$. Bipolarsignale und Unipolarsignale eignen sich beide für die Übertragung, da sie in Verbindung mit einem Leitungscode gleichstromfrei sind, dies wird meist bei Leitungscodierung gefordert¹⁴.

Unter Codierung versteht man zum einen die Zuordnung von Zeichen zu einer Menge von elektrischen Signalen begrenzter Länge und zum anderen die Umwandlung eines Digitalsignals in ein anderes Digitalsignal. Die Codierung nimmt in der Nachrichtentechnik eine besondere Rolle ein. Sie ist ein nahezu unüberschaubares und theoretisch sehr anspruchsvolles Fachgebiet. Die folgende Abbildung enthält eine Übersicht über die Anwendungsvielfalt der Codierung in einem Digitalübertragungssystem.

¹⁴ D. Lochmann, Digitale Nachrichtentechnik, Berlin 1997, S.72

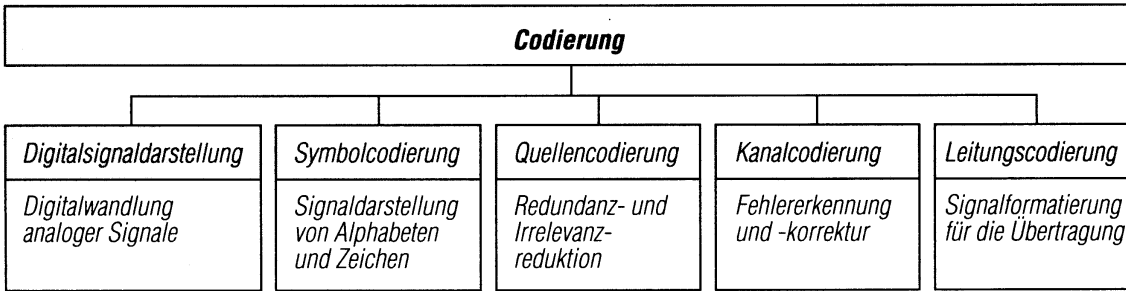


Abbildung 9: Unterschiedliche Formen der Codierung

Unter Digitalsignaldarstellung versteht man die Darstellung kontinuierlicher Quellensignale in digitaler bzw. binärer Form. Die Pulsmodulation ist die häufigste Form der analog-digital Wandlung. Weitere Verfahren sind z. B. die Differenz-Pulsmodulation (DPCM) oder die Adaptive DPCM (ADPCM). Da diese Verfahren sehr komplex und wenig verbreitet sind, wird hier auf eine Erläuterung verzichtet.

Symbolcodierung ist die Darstellung von Zeichenalphabeten als digitale Signale, wie z. B. die Darstellung von Nachrichten in computergerechter Form im ASCII-Code. Es handelt sich letztlich um eine Erweiterung der Digitalsignaldarstellung

Die Umcodierung digitaler Signale, um nicht erforderlichen Übertragungsaufwand zu sparen, z. B. durch Redundanzreduktion, bezeichnet man als Quellencodierung.

Unter Kanalcodierung versteht man die Ausstattung digitaler Signale mit zusätzlichen Codeelementen oder Codeblöcken nach mathematischen Gesetzen, um damit Übertragungsfehler zu erkennen oder zu korrigieren.

Die Umcodierung digitaler Signale von einem Code in einen anderen, um günstigere Eigenschaften des Signals für die Übertragung zu erhalten, wird als Leitungscodierung bezeichnet.

Der prozedurale Ablauf bei der Codierung und Decodierung einer Basisbandübertragung eines Digitalübertragungssystems ist in folgender Abbildung dargestellt.

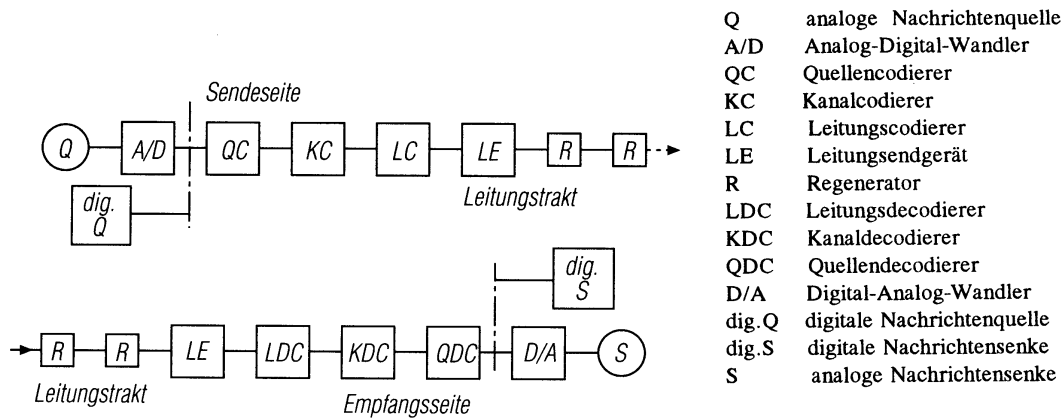


Abbildung 10: Digitalübertragungssystem für eine Basisbandübertragung

Die insgesamt erforderlichen Übertragungseinrichtungen bestehen aus Sendeeinrichtungen, Leitungseinrichtungen und Empfangseinrichtungen. Sendeeinrichtungen sind A/D-Wandler, Quellencodierer, Kanalcodierer und Leitungscodierer. Leitungseinrichtungen sind vor allem Leitungsendgeräte und Regeneratoren. Empfangseinrichtungen enthalten die entsprechenden Decodierer zur Sendeeinrichtung.

Bei der PCM-Fernsprechübertragung findet keine Kanalcodierung statt, da hinreichend kleine Fehlerwahrscheinlichkeiten von bis zu $P_e < 10^{-7}$ ohne Fehlererkennungsverfahren erreichbar sind. Dagegen werden verschiedene Verfahren der Leitungscodierung angewendet, der AMI-Code (Alternate Mark Inversion), der HDB3-Code oder der 4B/3T Code, auf deren Erläuterung hier verzichtet wird. Bei einer Daten- oder Textverarbeitung werden die Signale bereits in digitaler Form von der Quelle an die Sendeeinrichtung geliefert.

Da die xDSL-Technologien auf Teilstrecken des Fernsprechnetzes eingesetzt werden, wird im folgenden der Aufbau und die Entwicklung genauer erläutert. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Darstellung der zunehmenden Digitalisierung des Fernsprechnetzes.

2.1.4 Aufbau und Entwicklung des Fernsprechnetzes

Fernsprechnetze sind hierarchisch aufgebaut, d.h. daß zwei kommunizierende Teilnehmer sich das Netz mit anderen Teilnehmern teilen. Diese Aufteilung des Netzes wird durch die Multiplextechnik ermöglicht. Die einzige Leitung, die ein Teilnehmer alleine nutzt, ist die Strecke von seiner TAE-Dose zur nächsten Vermittlungs- oder Verteilerstelle.

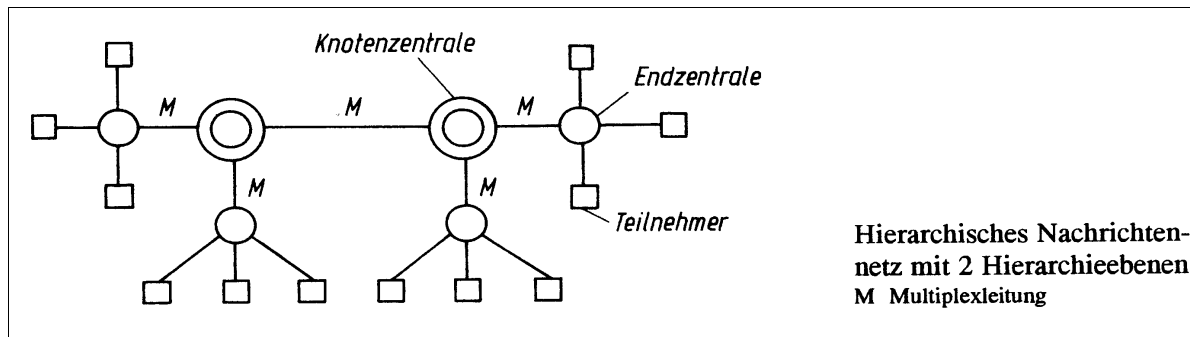


Abbildung 11: Nachrichtennetz mit zwei Hierarchieebenen

In größeren Ländern hat das Fernsprechnetz bis zu sechs Hierarchieebenen¹⁵. In der folgenden Grafik ist der hierarchische Aufbau des Deutschen Fernsprechnetzes dargestellt.

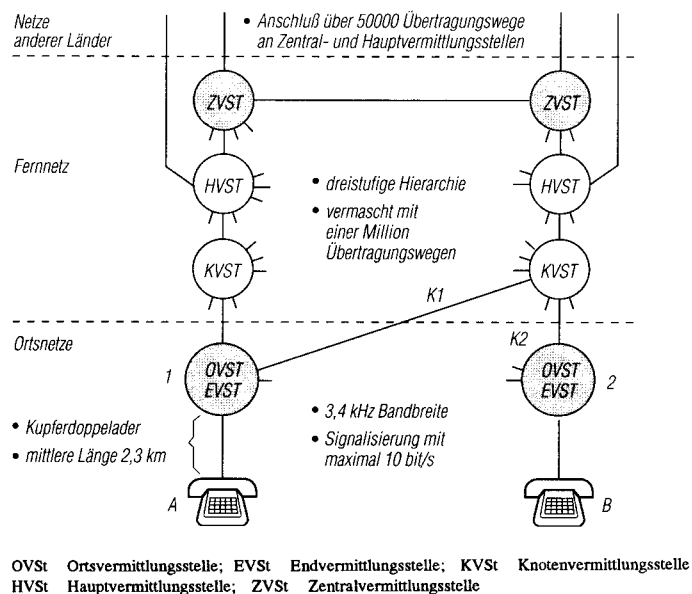


Abbildung 12: Hierarchischer Aufbau des Deutschen Fernsprechnetzes

Das Fernsprechnetz der Deutschen Telekom besteht aus einem sternförmigen Grundnetz mit vier Hierarchieebenen. Dieses Grundnetz wird je nach Bedarf durch Querleitungen ergänzt. Jeder Teilnehmer ist an eine Ortsvermittlungsstelle angeschlossen. Die durchschnittliche Distanz eines Teilnehmers zu seiner Ortsvermittlungsstelle beträgt ca. 2 km. Diese Distanz wird an späterer Stelle noch einmal aufgegriffen, im Moment hat sie nur rein informativen Charakter. Die Ortsvermittlungsstellen und Knotenvermittlungsstellen sind untereinander unterschiedlich stark vermascht. Verbindungen zwischen zwei Teilnehmern können je nach Distanz und Eigenschaften der Teilnetze über mehrere Netzebenen laufen.

¹⁵ D. Lochmann, Digitale Nachrichtentechnik, Berlin 1997, S.23

Um das Prinzip des Datenaustausches nochmals zu verdeutlichen, und um die Etappen der Entwicklung vom rein analogen zum rein digitalen Netz zu veranschaulichen, werden die folgenden Funktionsblattschaltbilder einer Datenübertragung zwischen zwei Teilnehmern über das Fernnetz erläutert¹⁶. Mit Hilfe der Funktionsblattschaltbilder soll auch verdeutlicht werden, daß der letzte Schritt zum rein digitalen Netz durch die digitale Übertragung vom Teilnehmer zur Ortsvermittlungsstelle erfolgt.

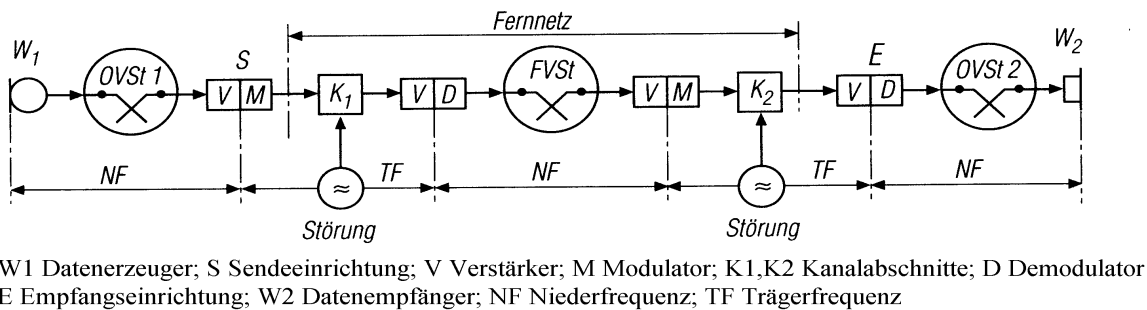
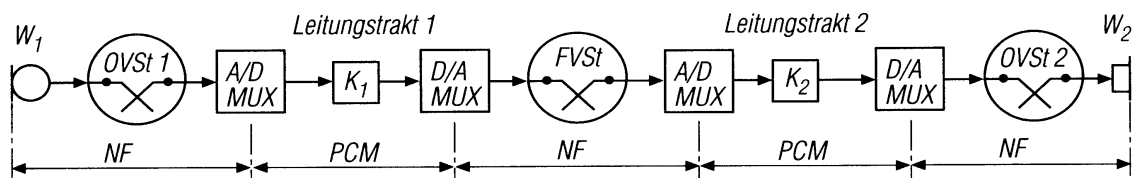


Abbildung 13: Funktionsschaubild einer Fernsprechübertragung im rein analogen Netz

Das in obiger Abbildung gezeigte rein analoge Netz ist wie folgt aufgebaut:

Zwischen dem Teilnehmer W1 und der Ortsvermittlungsstelle OVSt besteht eine Niederfrequenzverbindung, wobei die Schaltbilder der Geräte beim Teilnehmer nicht enthalten sind. In der Sendeeinrichtung der Ortsvermittlungsstelle muß das Sendesignal verstärkt und moduliert werden, damit eine Trägerfrequenzübertragung im Bereich des Fernnetzes möglich ist. Filter, die ebenfalls nötig sind, sind in der Abbildung nicht enthalten. Trägerfrequenzübertragung bedeutet, daß die in den Sendeeinrichtungen ankommenden niederfrequenten und in der Bandbreite auf 300 Hz bis 3.400 Hz begrenzten Bänder auf höhere Frequenzbänder umgesetzt werden. Damit kann man in einem TF-Übertragungskanal mehrere NF-Kanäle frequenzmäßig nebeneinander anordnen. Der Aufwand für Modulation/Demodulation und Filterung sowie zusätzliche Stabilitätsprobleme sind charakteristisch für die analoge Datenübertragung.

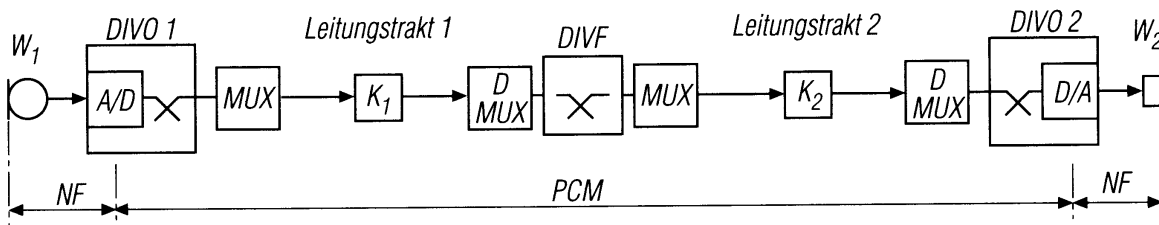


W1 Datenerzeuger; A/D Analog-Digital-Wandlung; MUX Multiplexer/Demultiplexer; K1,K2 Übertragungsk
D/A Digital-Analog-Wandlung; NF Niederfrequenzübertragung; PCM Pulscode-Modulations-Übertragung
W2 Datenempfänger

¹⁶ D. Lochmann, Digitale Nachrichtentechnik, Berlin 1997, S.64

Abbildung 14: Einsatz der PCM-Technik in einem analogen Netz

Obige Abbildung zeigt ein analog-digitales Netz mit Einsatz der PCM-Technik (Pulsmodulation). Mit Hilfe von PCM-Systemen können über NF-Doppelader, über die im rein analogen Netz nur Frequenzen bis 3,4 kHz geschaltet werden, mehrere Kanäle eingerichtet werden. Die Signale müssen beim Senden in den Ortsvermittlungsstellen einer A/D-Wandlung und Multiplexierung, und beim Empfangen einer D/A-Wandlung und einer Demultiplexierung unterzogen werden. Da sich diese Übertragungsform mit den Mitteln der Mikroelektronik billiger und stabiler realisieren läßt als die TF-Übertragung, ergibt sich gemeinsam mit der Vervielfachung der Kanalausnutzung ein weiterer Vorteil für die Digitaltechnik.



DIVO Digitale Vermittlungsstelle für Ortsverkehr; DIVF Digitale Vermittlungsstelle für Fernverkehr
 MUX/DMUX Multiplexer/Demultiplexer; NF Niederfrequenzübertragung; PCM PCM-Übertragung

Abbildung 15: Einsatz der PCM-Technik in einem digitalen Netz

Diese Abbildung zeigt ein digitales Netz, indem nur noch die Verbindungen vom Teilnehmer zur Ortsvermittlungsstelle analog sind, alle anderen Verbindungen sind digital. Damit sinken die Investitionskosten gegenüber einem analogen Kanal um ca. 50%. Die konsequente Weiterentwicklung dieser Digitalisierung ist heute mit ISDN (Integrated Services Digital Network) teilweise schon verwirklicht. Das bedeutet, daß auch die letzte Strecke vom Teilnehmer zur Ortsvermittlungsstelle digitalisiert wird.

2.2 Technische Beschreibung von ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

Für ADSL gibt es in der Literatur keine einheitliche Definition. Während die einen unter ADSL ausschließlich das Modem verstehen, mit dem der sog. ADSL-Anschluß realisiert wird¹⁷, sehen andere wiederum in ADSL eine komplette Netzwerkarchitektur¹⁸, dritte hingegen behaupten, es sei nur ein Protokoll des Physical Layers aus der DSL-Familie¹⁹.

Im Rahmen dieser Arbeit wird ADSL als **Zugangstechnologie** für andere Netze definiert, d.h. die ADSL-Technologie beinhaltet sowohl das Modem, als auch die entsprechenden Kodierungen etc.. ADSL ist eine Technologie, die es ermöglicht, über das flächendeckend vorhandene Kupferkabel des Fernsprechnetzes sehr große Datenraten auszutauschen.

Bei ADSL wird ein asymmetrisches Verfahren der Datenübermittlung verwendet, d.h. die Übertragungsrate vom Benutzer zum Provider (Upstream) ist geringer als vice versa (Downstream).

Erste Ansätze zu ADSL gab es schon Anfang der neunziger Jahre. Diese Ansätze wurden jedoch nicht weiter verfolgt, da kein akuter Bedarf an Breitbandkommunikation über das Fernsprechnetzbestand. Als ein Mitglied der sog. DSL-Familie setzt ADSL auf nicht genutzte Breitbandfrequenzen des Kupferkabels. Bisher wurden bei der Übertragung von Sprache Frequenzen bis zu 3,4 kHz eingesetzt. Damit auch kürzere Leitungen ohne teure Regeneratoren auskommen, werden theoretisch mögliche Breitbandfrequenzen, die bis in den MHz-Bereich reichen, nicht voll ausgenutzt. Bei ADSL werden Frequenzen eingesetzt, die im Bereich mehrerer hundert kHz liegen. Dies bringt jedoch die Eigenschaft mit sich, daß die einsetzbaren Bandbreiten distanzabhängig sind. Aufgrund der natürlichen Dämpfung der Signale innerhalb des Kupferkabels müssen mit zunehmender Übertragungsdistanz die Bandbreiten herabgesetzt werden. Durch die Herabsetzung der Bandbreite nehmen die übertragbaren Datenraten entsprechend ab.

Aufgrund der Dämpfung kann ADSL wirtschaftlich nur auf einer begrenzten Distanz genutzt werden. In Tabelle 2 sind die Downstream- und Upstreamraten von ADSL in Abhängigkeit der Entfernung dargestellt. Weiterhin ist der prozentuale Anteil, aller Anschlüsse deutschlandweit und der Anschlüsse in Ballungszentren mit mehr als 10.000 Einwohnern, die in diesem Bereich

¹⁷ ADSL Tutorial, www.adsl.com

¹⁸ W.Goralski, ADSL and DSL Technologies, New York 1998, S.177

¹⁹ PC Professionell, November 1998, www.zdnet.de/technik/artikel/comm/199811/adsl01_00-wc.htm

liegen, dargestellt. Die durchschnittliche Distanz des Teilnehmeranschlusses bis zur nächsten Ortsvermittlungsstelle (OVSt) beträgt in Deutschland ca. 2000 m. Gemittelt über alle Ortsnetze beträgt die Distanz bei 99,5% aller Anschlüsse weniger als 8000 m. Lässt man bei dieser Betrachtung Waldregionen und andere kritische Regionen unbetrachtet, dann beträgt die Distanz bei 99,5% aller Teilnehmeranschlüsse weniger als 6500 m²⁰.

Bitraten von ADSL		Max. Entfernung von der OVSt	Prozentualer Anteil	
Downstream	Upstream		aller Anschlüsse in Ballungszentren	
8 Mbps	640 kbps	2,5 km	78 %	88 %
6 Mbps	640 kbps	3 km	85 %	97 %
4 Mbps	384 kbps	4 km	88 %	98 %
2 Mbps	192 kbps	5 km	ca. 90 %	ca. 98,5 %
1,5 Mbps	192 kbps	6 km	über 90 %	ca. 99 %

Tabelle 2: ADSL Bitraten incl. Entfernungen und prozentualer Anteil der Anschlüsse in Deutschland²¹

In den USA beträgt die durchschnittliche Distanz des Teilnehmeranschlusses bis zur nächsten Ortsvermittlungsstelle ca. 4000 m. Über andere Länder liegen diesbezüglich keine Informationen vor.

Die Kupferleitung wird von dem ADSL-Modem in drei Frequenzkanäle aufgeteilt, ein Kanal steht nach wie vor den Telefondiensten zur Verfügung (Plain Old Telephone Service, POTS), ein zweiter wird für die Anbindung vom Kunden zum Provider verwendet (Upstream-Channel) und ein dritter dient der Datenübertragung vom Provider zurück zum Anwender (Downstream-Channel). Entsprechende Modems in den Vermittlungsstellen sorgen durch Filter für die Trennung der Frequenzbereiche. Durch die Trennung der Frequenzbänder ist gleichzeitiges Telefonieren und Surfen im Internet möglich.

Bei der Trennung der Frequenzbänder gibt es zwei mögliche Verfahren, das eine ist das sog FDM (Frequency Division Multiplexing) und das andere das Echo-Cancelling (EC). Während das FDM-Verfahren eine klare Trennung der Frequenzbänder hat, überlappen sich diese beim EC oder auch Echo-Kompensationsverfahren. Welches sich als Standard etablieren wird, ist noch unklar. Auch hier gehen die Meinungen in der Literatur auseinander: glaubt man den einen²², so setzt sich FDM aufgrund der Einfachheit durch, glaubt man den anderen²³, so setzt sich eine Mischung aus EC und FDM durch.

²⁰ Dr. Werner Stehle, Institut für Nachrichtentechnik, Universität Karlsruhe

²¹ Vortrag zum Pilotprojekt an der Universität Münster

²² PC Professionell, November 1998, www.zdnet.de/technik/artikel/comm/199811/adsl01_00-wc.htm

Beim FDM-Verfahren sorgt die klare Trennung der Frequenzbereiche für eine geringere nutzbare Bandbreite und damit für geringere Datenraten. Andererseits ist dieses Verfahren einfacher und billiger zu realisieren. Bei Geräten, die auf FDM-Basis arbeiten, entfällt der Einbau sog. Echokompensatoren. Die Echokompensatoren verhindern beim Empfänger die teilweise Reflexion eingehender Signale, d.h. sie sorgen dafür, daß alle eingehenden Signale aller Frequenzbereiche absorbiert werden. Ohne diese Echokompensatoren könnte es bei einer teilweisen Überlappung der Frequenzbänder zu Störungen kommen. Der Sender verschickt seine Informationen, diese werden beim Empfänger teilweise reflektiert und kommen zum Sender zurück. Der Sender interpretiert die zurückgekommenen Signale als Nachricht und empfängt somit Signale, die er selbst versendet hat. Der quantitative Mehraufwand dieser Echokompensatoren kann jedoch nicht allzu groß sein, da sich sonst das FDM-Verfahren bereits klar durchgesetzt hätte. In Abbildung 16 ist die Aufteilung der Frequenzbereiche beim FDM Verfahren schematisch dargestellt.

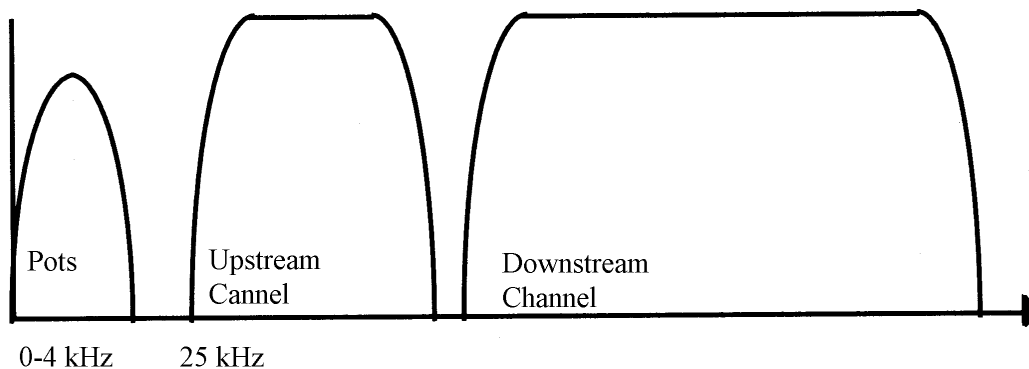


Abbildung 16: ADSL Frequenzbänder bei reinem FDM²⁴

Beim EC-Verfahren überlappen sich die Frequenzbereiche teilweise. Dies hat den Nachteil, daß es komplexer und wesentlich empfindlicher gegen Störungen ist. Mögliche Störquellen sind hierbei z. B. elektromagnetische Felder parallel laufender Kabel. Ein Vorteil ist, daß die gesamte Bandbreite ausgenutzt wird. Ein weiterer sehr wichtiger Vorteil ist die Symmetrie. Da die Frequenzbereiche nicht klar getrennt sind, sind hohe Datenraten in beide Richtungen möglich. Der gesamte Frequenzbereich kann flexibel in einzelne Frequenzbänder eingeteilt werden, diese können je nach Bedarf in beide Richtungen Signale senden.

²³ W.Goralski, ADSL and DSL Technologies, New York 1998, S.182

²⁴ W.Goralski, ADSL and DSL Technologies, New York 1998, S.182

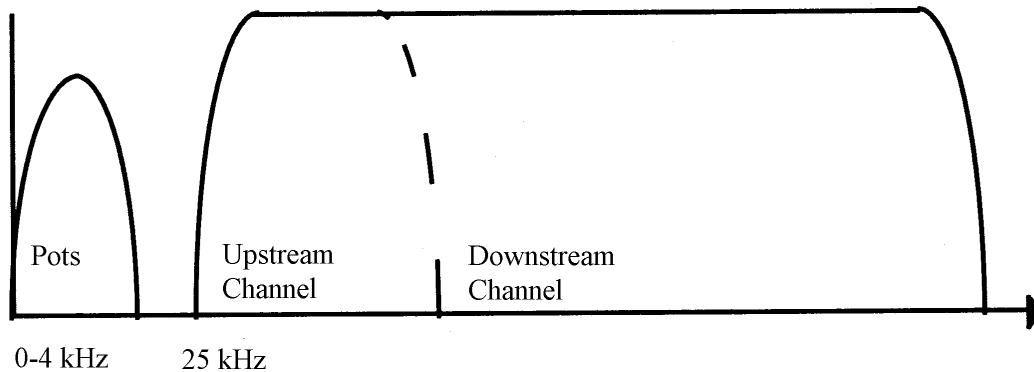


Abbildung 17: ADSL Frequenzbänder bei einer Mischform von FDM und EC²⁵

Frequency Division Multiplexing bzw. Echo Cancellation sorgen lediglich für die Trennung des Frequenzspektrums in die entsprechenden Kanäle, schaffen also nur die Grundlage für den Datentransfer. Dieser kann mit Hilfe von verschiedenen Übertragungsmethoden realisiert werden. Vom ANSI (American National Standards Institute) und vom ETSI (European Telecommunication Standards Institute) gibt es keine eindeutige Standardisierung, daher kommen in der Praxis drei verschiedene Modulationsverfahren zum Einsatz. CAP (Carrierless Amplitude/Phase Modulation), QAM (Quadrature Amplitude Modulation) und DMT (Discrete Multitone Modulation) sind Verfahren, die zueinander inkompatibel sind. Das ANSI hat zwar eine offene Empfehlung für DMT ausgesprochen²⁶, CAP hingegen wurde bereits in verschiedenen Pilotprojekten, u. a. an der Universität Münster, erfolgreich eingesetzt.

QAM ist ein sog. Einträger-Bandpaßübertragungsverfahren, das ein Trägersignal mit einem Symbolstrom moduliert. Der Datenstrom wird in zwei einzelne Ströme halber Übertragungsrate aufgespaltet und anschließend mit einem Trägerpaar aufmoduliert. Das eine Signal wird mit einem Sinus, das andere mit einem Kosinus moduliert. Anschließend werden die Funktionen addiert. Durch einen Sendefilter wird dann das Signal gesendet.

CAP zählt ebenfalls zu den Einträger-Bandpaßübertragungsverfahren. Bei CAP wird eine trägerlose Amplituden-/Phasenmodulation durchgeführt. Modulation und Demodulation erfolgen beim Sender und beim Empfänger nicht durch Trägerfunktionen, sondern durch digitale Filter. Das zu übertragende Signal wird durch die Addition der beiden Filterausgaben gebildet.

Im Unterschied zu CAP und QAM zählt das DMT-Verfahren zu den sog. Mehrträger-Bandpaßübertragungsverfahren. Die Grundidee besteht darin, daß die zur Verfügung stehende

²⁵ K. K. Saarela, Tampere University of Technology, Finnland

²⁶ ANSI / T1.413 - 1995

Bandbreite in mehrere Teilkanäle unterteilt wird. In den Teilkanälen, die die gleiche Bandbreite aufweisen, werden dann die Signale QAM-moduliert und -demoduliert. Alle Teilkanäle haben eine Bandbreite von 4,3125 kHz, der Abstand zweier aufeinanderfolgender Kanäle beträgt ebenfalls 4,3125 kHz. Durch die Aufteilung der Bandbreite kann DMT sich an variierende Netzwerkkonditionen und unterschiedliche Leitungsauslastung besser anpassen. Im allgemeinen ist DMT weniger anfällig gegen Störungen, wie z. B. Feuchtigkeit oder Schwingungen, die durch Schalldruckwellen verursacht werden können.

Um den Überblick über die xDSL-Technologien zu verdeutlichen, werden im folgenden Kapitel kurz die unterschiedlichen xDSL-Technologien, deren Besonderheiten und die sich daraus ergebenden Anwendungsmöglichkeiten erläutert. Ein detaillierter Vergleich der wichtigsten xDSL-Techniken wird in Kapitel 3.4 vorgenommen.

2.3 Weitere xDSL-Technologien

Alle Technologien der xDSL-Familie haben eines gemeinsam: sie können über das flächendeckend vorhandene Kupferkabel des Telefonnetzes eingesetzt werden. Kostspielige Investitionen für das Verlegen neuer Leitungen sind somit nicht notwendig. Lediglich bei VDSL wird zumindest über einen Teil der Datenstrecke Glasfaserkabel benötigt.

Einige xDSL-Technologien, wie z. B. ADSL, VDSL oder RADSL, sind asymmetrisch, d.h. die Datenraten vom Provider sind höher als umgekehrt, andere wiederum, wie z. B. HDSL oder SDSL sind symmetrisch, d.h. Download- und Uploadraten sind gleich.

UDSL (Universal DSL): Die Basistechnologie von UDSL ist der von ADSL technisch sehr ähnlich und befindet sich wie alle DSL-Techniken gerade in der Standardisierung. UDSL wird auch als „splitterloses“ ADSL oder ADSL-G-lite bezeichnet²⁷. Es soll ohne den sog. Splitter auskommen, der die Funktion einer Frequenzweiche zwischen Telefon und Computer beim Teilnehmer und in der Verteilerstation hat. Dadurch soll UDSL preisgünstiger und einfacher zu installieren sein als ADSL. UDSL erreicht Downstreamraten bis 1,5 Mbps und Upstreamraten bis 128 kbps. Die max. Reichweite beträgt 4,5 km.

Um der DSL-Technologie zum Durchbruch zu verhelfen haben sich Microsoft, Intel und Compaq zur UAWG (Universal ADSL Working Group) zusammengeschlossen. Mittlerweile sind auch große Telekommunikationsunternehmen wie Bell Atlantic, Bell South sowie die britische, französische und deutsche Telekom Mitglieder der UAWG. Ziel dieser Gruppe ist eine

²⁷ c't 1998 Heft 16, S. 82

schnelle Marktdurchdringung der xDSL-Technologie voranzutreiben. Hierfür eignet sich UDSL aufgrund der Einfachheit besonders gut.

Durch den Wegfall des Splitters kann aber eine gleichzeitige Datenübertragung beim Telefonieren die Sprachqualität sehr stark beeinträchtigen. Dies kann soweit gehen, daß gleichzeitiges Telefonieren und Datenübertragung sich gegenseitig ausschließen. Deshalb wird allgemein trotzdem ein Splitter empfohlen. Im Falle einer Installation von UDSL mit Splitter, ist UDSL der ADSL-Technik jedoch klar unterlegen, da ADSL höhere Datenraten in beide Richtungen erzielt. Aus diesem Grund wird sich ADSL mittelfristig gegenüber UDSL sicherlich durchsetzen.

ISDL (ISDN DSL): Diese Technik benutzt den normalen 2B+D Kanal, den ISDN auch benutzt. Die zwei B-Kanäle haben eine Übertragungsleistung von jeweils 64 kbps und der sog. Steuer- oder auch D-Kanal eine Leistung von 16 kbps. Da die kumulierte Leistung von insgesamt 144 kbps weit unter der anderer DSL-Techniken liegt, ist ISDL nicht konkurrenzfähig.

SDSL (Single line DSL): Da die SDSL-Technologie nur Datenraten bis 768 kbps zur Verfügung stellt und maximal für Entfernungen bis zu vier Kilometer eingesetzt werden kann, ist sie anderen DSL-Technologien unterlegen und eignet sich aufgrund der geringen Datenrate auch nicht für Anwendungen wie z. B. Video on demand, Videokonferenzen etc.

RADSL (Rate-Adaptive DSL): RADSL kann sich an wechselnde Netzwerkkonditionen und an unterschiedliche Leitungsauslastung sehr gut anpassen. Diese Eigenschaft hat ADSL bei Verwendung des Modulationsverfahrens DMT allerdings auch, deshalb ist es sehr unwahrscheinlich, daß die RADSL-Technik flächendeckend zum Einsatz kommt.

HDSL/HDSL2 (High bit rate DSL): HDSL bzw. HDSL2 ist ein symmetrischer Dienst, der je nach Multiplextechnik Datenraten zwischen 1,544 Mbps (T1) und 2,048 (E1) Mbps in beide Richtungen erreicht. Bei T1 bzw. E1 handelt es sich um Multiplextechniken für Sprache. Dabei wird ein Sprachsignal in einem 64 kbps Datenstrom digitalisiert. Die T1-Technik modelliert 24 solcher digitalisierter Datenströme in einem Datenstrom, während die E1-Technik 30 modelliert. Die Multiplextechnik T1 wird vor allem in den USA verwendet, während man die E1-Technik in Europa verwendet.

Die ursprüngliche Version, HDSL, benötigte 2 Adernpaare für die Datenübertragung und war für Entfernungen bis zu 5 km ausgelegt. Die neuere Version, HDSL2, benötigt bei gleicher Entfernung und gleichen Datenraten nur noch ein Adernpaar.

HDSL2 benötigt gegenüber HDSL weniger Bandbreite und keine Verstärker. Unter den gegebenen Bedingungen einer flächendeckenden Infrastruktur mit symmetrischen Kupferkabeln ist HDSL2 die am besten entwickelte DSL-Technologie. Sie ermöglicht sehr hohe Datenraten in beide Richtungen und eignet sich deshalb besonders für Anwendungen, wie z. B. Videokonferenzen. Da sich Videokonferenzen mit einem asymmetrischen Verfahren ungleich schwieriger realisieren lassen und diese Anwendung besonders für kleine und mittelständische Unternehmen sehr interessant ist, ist anzunehmen, daß sich im kommerziellen Anwenderkreis mittelfristig HDSL gegenüber ADSL durchsetzen wird. Besonders vor dem Hintergrund, daß kleine und mittelständische Unternehmen, die keine eigenen Telekommunikationsnetze haben, zumindest in der Anfangsphase den Großteil der potentiellen DSL-Nutzer ausmachen wird²⁸.

VDSL (Very High-speed DSL): Das neueste Mitglied der DSL-Familie wird derzeit als die perfekteste xDSL-Technologie angesehen²⁹. VDSL erreicht je nach Distanz Downstreamraten zwischen 13 und 52 Mbps und Upstreamraten zwischen 1,5 und 6 Mbps. Eine derart hohe Datenrate wird durch die Erhöhung der Frequenzbandbreite zwischen 10 und 30 MHz erreicht. Bei diesen hohen Frequenzen ist die Signaldämpfung innerhalb der Kabel so groß, daß die Entfernungen, für die sich VDSL eignet, nur noch zwischen 300 m und 1,5 km liegen. Aus diesem Grund eignet sich VDSL besonders für sog. Hybridnetze, die aus Glasfaser- und Kupferleitungen bestehen. Eine nähere Beschreibung verschiedener Glasfasertechnologien folgt in Kapitel 3.1.4. Da diese Technologie die weitgehende Verlegung von Glasfaserkabeln erfordert, ist ein flächendeckender Einsatz in den nächsten Jahren sicherlich nicht zu erwarten, trotzdem wird VDSL als nächste Entwicklungsstufe der DSL-Technologie angesehen³⁰ und wird sich langfristig gegenüber den anderen xDSL-Technologien durchsetzen.

Die wichtigsten Charakteristika der jeweiligen DSL-Technologien sind in folgender Tabelle nochmals zusammengefaßt, wobei die quantitativen Angaben über Datenraten und Entfernungen auch von anderen Faktoren, wie z. B. Leitungsquerschnitt, Netzauslastung, Leitungswiderstand abhängen. Deshalb stellen die Zahlen nur Richtwerte dar. Ein bewertender Vergleich der wichtigsten xDSL-Technologien erfolgt in Kapitel 3.2.4.

²⁸ M.A. Kreusch, Director bei der Unternehmensberatung Simon Kucher and Partners, Bonn

²⁹ W. Goralski, ADSL and DSL Technologies, New York 1998, S.127

³⁰ W.Y. Chen, DSL Simulation Techniques and Standards, Indianapolis 1998, S.565

DSL-Technik	Downstream (Mbps)	Upstream (kbps)	Max. Entfernung
ADSL	1,5 – 8	64 – 1.000	5,5 km
HDSL/HDSL2	1,5 – 2	1.500 – 2.000	6 km
SDSL	0,768	768	4 km
RADSL	1,5 – 8	16 – 640	6 km
ISDL	0,144	144	6 km
VDSL	13 – 52	1.500 – 6.000	300 m – 1,5 km

Tabelle 3: xDSL-Technologien im Vergleich

2.4 Fazit

Von der Anwenderseite betrachtet machen asymmetrische als symmetrische xDSL-Technologien Sinn. Für den klassischen Internet-Surfer bieten die asymmetrischen DSL-Dienste hohe Datenraten im Downstream und niedrigere Datenraten im Upstream. Dies entspricht genau seinem Nutzerprofil. Für diese Dienste ist anzunehmen, daß sich das FDM-Verfahren zur Einteilung der Frequenzbänder und das DMT-Verfahren zur Übermittlung der Signale durchsetzen werden.

Die symmetrischen DSL-Dienste hingegen bieten hohe Datenraten in beide Richtungen. Diese Techniken sind zwar aufwendiger zu realisieren, unterstützen aber Anwendungen wie z. B. Videokonferenzen sehr gut. Videokonferenzen sind besonders für kleine und mittlere Unternehmen eine sehr interessante Anwendung. Aus diesem Grund ist anzunehmen, daß sich auch symmetrische Dienste etablieren werden. Für symmetrische DSL-Dienste eignet sich zur Einteilung der Frequenzbereiche das EC-Verfahren besonders gut, da die flexible Einteilung der Frequenzbänder einen symmetrischen Dienst besser unterstützt. Zur Übermittlung der Signale wird sich wohl ebenfalls das DMT-Verfahren durchsetzen.

3 Existierende Ansätze für Breitbandssysteme

In diesem Kapitel werden weitere Ansätze für Breitbandssysteme untersucht. Diese Ansätze sind: Internetzugang über die Niederspannungsleitung, über Koaxialkabel mit Kabelmodem und durch Satellitenübertragung. Zuerst werden die unterschiedlichen Technologien und ihre Ansätze dargestellt. Darauf aufbauend werden ihre Entwicklungsmöglichkeiten aufgezeigt. Zusätzlich werden unterschiedliche Ansätze für Glasfasertechnologien erläutert. Im Anschluß daran werden die unterschiedlichen xDSL- und Breitbandtechnologien miteinander verglichen. Dabei werden

die jeweiligen Eigenschaften und die Vor- und Nachteile dargestellt. Basierend darauf wird das Entwicklungspotential im Vergleich zu anderen Breitbandtechnologien untersucht. Abschließend werden die Wechselwirkungen zwischen Schmalband- und Breitbandsystemen aufgezeigt. Besondere Bedeutung erhält in diesem Zusammenhang die Frage, ob sich ISDN und ADSL bzw. eine andere xDSL-Technik ergänzen oder ob es zu einem klassischen Kanibalisierungseffekt kommen wird.

3.1 Gegenüberstellung alternativer Breitband-Zugangstechnologien

3.1.1 Internetanschluß über Niederspannungsleitungen (Powerline)

Die technische Realisierung von Powerline wird im folgenden nur kurz angedeutet und ebenso wie die dazugehörige Hardware nicht weiter behandelt. Daraufhin werden die Anforderungen an die neuen Energieversorgungsunternehmen auf einem liberalisierten Markt in Deutschland dargestellt. Hiervon ausgehend werden die Entwicklungsmöglichkeiten von Powerline aufgezeigt.

Bei einem Internetanschluß über Niederspannungsleitungen (Powerline) werden die Daten über das Stromnetz übertragen und durch die Steckdose bezogen. Diese Technologie, mit bis zu 10 Mbps in Up- und Download über das Niederspannungsnetz, wird ebenso wie die unterschiedlichen xDSL-Technologien eingesetzt, um die „letzte Meile“ zum Teilnehmer zu überbrücken. Europaweit wird für Powerline derzeit das sog. CENELEC Band genutzt. Dieses Frequenzband deckt den Bereich von 3 – 148 kHz ab. Innerhalb dieses Frequenzbandes werden derzeit vor allem Nutzdaten wie z. B. Meßwerte oder Steuersignale übertragen. Da in diesem Frequenzband die benötigten Kapazitäten nicht zur Verfügung stehen, ist anzunehmen, daß Powerline auf Frequenzbänder über 148 kHz zurückgreifen wird. Messungen bei Feldversuchen haben gezeigt, daß sich Frequenzen zwischen 2 MHz und 30 MHz für die Datenübertragung über das Niederspannungsnetz im Bereich bis zu einem Kilometer sehr gut eignen³¹. Diese Frequenzbänder sind jedoch nicht ohne weiteres nutzbar, da zuvor die Genehmigung der nationalen Regulierungsbehörden nötig ist. Mit dieser Genehmigung soll gewährleistet werden, daß bei einer Datenübertragung in diesen Frequenzbereichen die elektromagnetische Verträglichkeit für den Menschen und die Umwelt gewährleistet ist. Da alle bestehenden Powerline Konzepte die vorgeschlagenen Standardwerte nicht überschreiten, handelt es sich hierbei nur um eine Formalität³². Durch solche und andere Aktivitäten, die sehr viel Zeit in Anspruch nehmen, können aber gerade in der Anfangsphase Marktanteile verloren gehen.

³¹ H.P. Widmer, On the global EMC Aspect of Broadband Power Line Communcation, S.1

³² H.U. Schröder, Vortrag am 11.03.99 in Leichingen/D, wo ein Feldversuch läuft

Derzeit arbeiten Stromanbieter an zwei Ansätzen, die sich von der Ausrichtung her stark unterscheiden. Während die Energieversorgungswerke Baden Württembergs auf fremdentwickelte Technologien setzen, versucht die Berliner Kraft und Licht AG (BEWAG), die nötige Technik selbst zu entwickeln und sie der Industrie als Paket zur Vermarktung zur Verfügung zu stellen. Dabei unterscheiden sich die internen Übertragungsmethoden ebenso wie die Empfangsgeräte.

Unter dem Begriff „Digital Power Line“ haben Norweb Communications und Nortel Networks eine Technik entwickelt, die von den Energieversorgungsunternehmen als schlüsselfertige Lösung eingesetzt werden soll. Sie erhalten neben der Technologie auch alle damit verbundenen Dienstleistungen und den nötigen Support. Digital Power Line hat jedoch einen gravierenden Nachteil: Der Anschluß zum Datennetz endet nicht an der Steckdose, sondern am Sicherungskasten des jeweiligen Gebäudes. Aus diesem Grund ist zusätzlich eine interne Vernetzung beim Teilnehmer nötig. Darüber hinaus ermöglicht Digital Power Line nur Übertragungsraten von etwa 1 Mbps. Dieser Ansatz vergrößert die Datenraten zwar gegenüber den heute verfügbaren Technologien, ist aber anderen Innovationen gegenüber deutlich unterlegen. Eine dieser Innovationen stellt die Düne-Technik dar.

Die BEWAG hat unter dem Begriff „Düne“ (Datenübertragung über Niederspannungsnetze) ein Patent angemeldet, das über die obige Technik von Norweb hinausgeht³³. Düne liefert den Datenstrom bis an jede Steckdose, so daß der PC jederzeit über einen Adapter und eine Netzwerkkarte mit dem Internet verbunden werden kann. Diese Technik bietet bidirektional (Up- und Downstream) Übertragungsraten bis zu 10Mbps. Ein weiterer Vorteil ist, daß mit Hilfe dieser Technik prinzipiell jeder Endverbraucher, wie z. B. Lampen oder Heizgeräte, vernetzt werden können.

Das Düne-Übertragungsverfahren basiert auf der in Kapitel 2 erläuterten Breitbandtechnik. Diese Technik verteilt das Nutzsignal über einen Frequenzbereich zwischen 150 kHz und 30 MHz. Dadurch wird das Signal unempfindlich gegenüber Störsignalen wie z. B. Funkwellen oder Verzerrungen der Netzfrequenz. Die modulierten und codierten Signale werden über einen Netzkoppler in das Niederspannungsnetz eingespeist und dabei mit der 50 Hz-Netzfrequenz überlagert. Aufgrund des niedrigen Übertragungspegels wird die Stromversorgung nicht gestört.

Durch Deregulierung des Energiemarktes in Deutschland können die Energieversorgungsunternehmen die bestehenden Infrastrukturen des Niederspannungsnetzes für neue Dienste und Geschäftsmöglichkeiten einsetzen. Durch Übertragung von Sprache und Daten kann ein neuer

³³ C. Riske, „Internet aus der Steckdose“, www.zdnet.de/technik/artikel/comm/comm-wc.html

Kundenstamm aufgebaut und sogar den Telekommunikationsunternehmen Konkurrenz gemacht werden. Dies gilt aber nicht nur für Deutschland, sondern allgemein für alle Länder, die über einen freien Energiemarkt verfügen. Selbst in Ländern mit einem regulierten Energiemarkt können die Stromanbieter durch weitere Dienste ihre Gewinne vergrößern und sich für die „vernetzte Zukunft“ strategisch besser positionieren. Der Ansatz, der hinter dem Powerline-Konzept steckt, kann der weltweiten Vernetzung eine neue Dimension geben. Während sich die Vernetzung heute weitestgehend auf PC und Zubehör beschränkt, kann durch diesen Ansatz jedes elektrische Endgerät vernetzt werden. Dabei ist die Verteilung von Datensignalen bis in jedes Zimmer möglich, ohne daß Verbindungsgebühren für die „letzte Meile“ oder Kosten für die Verkabelung bezahlt werden.

Über die Investitionen die benötigt werden, um das Stromnetz Datenübertragungsfähig zu machen und eine direkte Adressierbarkeit zu gewährleisten, liegen derzeit noch keine Informationen vor. Nach Aussagen des RWE-Konzerns lieferte ein erster Vergleich der Wirtschaftlichkeit verschiedener Teilnehmeranschlußnetze ermutigende Resultate³⁴. Es ist jedoch anzunehmen, daß diese Aussagen bei einem flächendeckenden Einsatz nicht ohne weiteres haltbar sind³⁵.

3.1.2 Internetzugang mit Kabelmodem über Koaxialkabel

Neben dem Niederspannungs- und dem Fernsprechnetz stellt das Koaxialkabelnetz eine weitere vielversprechende Möglichkeit dar, einen Breitbandzugang zum Internet zu realisieren. Das britische Marktforschungsinstitut Ovum rechnet bis zum Jahr 2000 weltweit mit etwa 4,5 Millionen Nutzern. Bis zum Jahr 2005 soll der Markt auf 20 Millionen Anschlüsse wachsen. Nicht zuletzt deshalb steigt das Interesse der Kabelnetzbetreiber an der Datenübertragung über Koaxialkabel³⁶. Ebenso wie beim Powerline-Konzept werden auch hier die technischen Grundlagen und die zugehörige Hardware nur sehr kurz abgehandelt.

Bei dem Zugang mit Kabelmodem über Koaxialkabel handelt es sich ebenfalls um einen Breitbandzugang zum Internet. Die Datenübertragung erfolgt bei allen Systemen über ein QAM moduliertes Signal. Der Frequenzbereich für die Datenübertragung liegt zwischen 50 – 600 MHz im Downstream und zwischen 5 – 50 MHz im Upstream. Die theoretisch maximale Datenübertragungsrate beträgt bei der sog. 64 QAM-Modulation ca. 40 Mbps, bei der 256 QAM-Modulation bis zu 55 Mbps. Allerdings treten bei der 256 QAM-Modulation sehr leicht

³⁴ Veröffentlichung des RWE-Konzern zum Projekt „Powerline Kommunikation“

³⁵ Dr. Werner Stehle, Institut für Nachrichtentechnik, Universität Karlsruhe

³⁶ c't 1998 Heft 16, S. 69

Übertragungsfehler auf, die durch aufwendige Fehlerkorrekturverfahren verbessert werden müssen. Daher bezieht sich die derzeitige Spezifikation ausschließlich auf die 64 QAM-Modulation.

Ein Kabelmodem sieht einem normalen Telefonmodem optisch sehr ähnlich. Es arbeitet im Prinzip aber eher wie eine Netzwerkkomponente in einem LAN, wie z. B. Tuner, Bridge oder Router. Entsprechend höher sind die Anschaffungskosten, die bei etwa 400 DM beginnen.

Damit der Internetzugang über Kabelmodem auch wirtschaftlich vorteilhaft ist, muß ein entsprechender Upstream-Kanal zur Verfügung stehen. Davon ist aber nicht ohne weiteres auszugehen. Prinzipiell ist der Internetzugang über Kabelmodem zwar auch rückkanalfähig, hierfür muß das Kabelnetz aber bestimmte Voraussetzungen erfüllen. Diese werden jedoch von den Hauptstrecken der Telekom in Deutschland derzeit nicht erfüllt³⁷. Nach Aussagen des Bonner Verbandes privater Kabelnetzbetreiber können lediglich 10% des deutschen Kabelnetzes Signale bidirektional übertragen. Bei 15% des Netzes läßt sich der Rückkanal mit kleineren technischen Änderungen realisieren. Bei ca. 65% der Netzteilnehmer müßten die Antennendosen ausgetauscht werden und bei ca. 10% ist ein Komplettaustausch der Netzstruktur erforderlich³⁸. Dies und die Tatsache, daß das Kabelnetz nur etwa 65-70% der deutschen Haushalte erreicht, sind sehr schlechte Voraussetzungen für einen flächendeckenden Einsatz von Kabelmodems. Da das Kabelnetz in Deutschland prinzipiell besser ausgebaut ist als in vielen anderen Ländern, ist anzunehmen daß die Voraussetzungen für einen flächendeckenden Einsatz in anderen Länder eher schlechter sind als in Deutschland.

Breitbandkabelnetze besitzen im Gegensatz zum engmaschigen Telefonnetz eine Baumstruktur. Von den sog. Kopfstationen geht ein Koaxial- oder Glasfaserkabel zu Verzweigern ab. Über diese Verzweiger werden dann die Hausanschlüsse angesteuert. Dabei laufen die Daten prinzipiell nur in Richtung zum Anwender, Datenströme in umgekehrter Richtung waren ursprünglich nicht vorgesehen. Beim Koaxialkabelnetz handelt es sich im Gegensatz zum Telefonnetz um eine klassische Point-to-Multipoint Architektur.

Um die Bidirektionalität zu gewährleisten, müssen entsprechende Umrüstungen vorgenommen werden. So müssen beispielsweise alle zur Signalverstärkung zwischengeschalteten Repeater mit sog. Duplex-Filtern nachgerüstet werden. Seit 1996 werden Duplex-Filter zwar standardmäßig in den Glasfasernetzen eingesetzt, die Nachrüstkosten sind aber trotzdem sehr hoch. Quantitative Aussagen über die gesamten Umrüstkosten können kaum getroffen werden. Schätzungen aus den USA liegen derzeit bei einem Investitionsvolumen von \$1.200 je Haushalt. Nach Aussagen der

³⁷ Angaben der Firma Kabel und Medien Service, München

³⁸ Guido Schwarzfeld, Technischer Referent beim Verband privater Kabelnetzbetreiber, Stand 06/98

Telekom sei dies eine sehr optimistische Schätzung³⁹. Für alle Kunden, die einen nicht rückkanalfähigen Anschluß haben, kommt als Kostenfaktor zusätzlich ein Telefonmodem oder ein ISDN-Anschluß für den Rückkanal hinzu. Ein weiteres Problem ist das Ausfiltern der anwenderspezifischen Daten. Die Filterung erfolgt beim Teilnehmer, dadurch wird die Abhörsicherheit beeinträchtigt. Bei entsprechender Manipulation der Filter kann jeder Anwender die Daten eines anderen Nutzers aus dem gemeinsamen Datenstrom der Verteilerstation herausfiltern. Um die Sicherheit beim Versand vertraulicher Daten zu gewährleisten, müssen entsprechende Verschlüsselungsverfahren eingesetzt werden.

Bei der Nachrüstung ist nicht nur die qualitative Ausstattung der Netze entscheidend für die Entwicklung des Breitbandzugangs mit Kabelmodem, sondern auch die quantitative Größe der Netze. Besonders interessant für die Kabelnetzbetreiber sind große Teilnetze, da diese nach einer einmaligen technischen Aufrüstung sehr viele potentielle Teilnehmer aufweisen. In München beispielsweise bedient eine einzige Kopfstation 620.000 Teilnehmer. Die durchschnittliche Größe beträgt ca. 20.000 Teilnehmer⁴⁰.

In den USA gibt es ca. 100.000 Kabelmodem-Nutzer. Wie auch in Deutschland sind es die großen Subnetze, die für die Anbieter von Kabelmodems sehr interessant sind. In New York City z. B. befindet sich das größte Subnetz. Hier sind 1,2 Millionen potentielle Teilnehmer an eine Kopfstation angeschlossen⁴¹. Die Infrastruktur in den USA unterscheidet sich nicht wesentlich von der in Deutschland, wobei die Marktdurchdringung ungefähr gleich. Für die USA gilt aber, daß es in vielen ländlichen Gebieten noch oberirdische Leitungen gibt, die sich kostengünstiger aufrüsten lassen⁴². Über andere Länder können hier keine Aussagen getroffen werden.

In Deutschland drängt sich der Verdacht auf, daß die Telekom die Nutzung der Kabelnetze behindert, um mit der Einführung der ADSL-Technik ein quasi Monopol aufzubauen und seinen Internet Service Provider T-Online zu fördern. Trotz Bemühungen der Regulierungsbehörde beherrscht die Telekom auch nach dem Ende des Monopols noch den Markt der Kabelnetze, denn nur sie besitzt eine flächendeckend ausgebaute Infrastruktur zu den Haushalten, über die sich problemlos Sprach- und Datendienste abwickeln lassen. Bei Chancengleichheit auf dem Kabelmarkt müßte die Telekom parallele Einnahmeverluste hinnehmen, zum einen durch die starke Konkurrenz anderer Provider zu T-Online und zum anderen durch den Verlust des Quasi-Monopols (vgl. Kapitel 4.3.1). Die EU-Kommission hat diese Blockadepolitik zwar beendet, indem sie zum Jahresbeginn 1999 eine Ausgliederung des Koaxialkabelgeschäftes gefordert hat. Hiernach sollen über 50% der Telekom-Tochter DeTeKabelservice an andere Unternehmen zum

³⁹ C. Riske, „Internet per Kabelmodem“, www.zdnet.de/technik/artikel/comm/199903/kabel_00-wc.html

⁴⁰ c't 1998 Heft 16, S. 89

⁴¹ c't 1998 Heft 16, S. 89

⁴² c't 1998 Heft 16, S. 87

Kauf angeboten werden. Es ist jedoch fraglich, ob ein solcher Verkauf die nötigen Änderungen herbeiführt und inwiefern die Versäumnisse der Vergangenheit aufgeholt werden können⁴³.

Ein weiteres Problem beim Einsatz von Kabelmodems sind gemeinsame Standards. Im IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ist eine Arbeitsgruppe damit beschäftigt, die unterschiedlichen Vorstellungen und Ansätze der Hersteller durch standardisierte Dienstprotokolle für ein bidirektionales System zu vereinheitlichen. Eine entsprechende Empfehlung wurde als DOCSI-Standard (Data Over Cable Service Interference) spezifiziert, aber noch nicht verifiziert.

In Deutschland werden die ersten kommerziellen Dienste von insgesamt etwa 4.000 Teilnehmern genutzt, weitere 4.000 Kabelmodems werden derzeit in Feldversuchen eingesetzt. So bietet z. B. die Firma Kabel und Medien Service (KMS) im Großraum München den Internetzugang über Kabelmodem an. Der seit Mai 1997 verfügbare Service „Cablesurf“ hat jedoch eine vergleichsweise geringe Akzeptanz, 400 Kunden bei 300.000 erreichbaren Haushalten zeigt ein eher verhaltenes Interesse⁴⁴. Und das obwohl der Kunde mit einem Pauschalbetrag von 85 DM pro Monat volumen- und zeitunabhängig im Internet surfen kann. Abgesehen von den Telefongebühren für den Rückkanal fallen keine weiteren Kosten an. Das Zugangsgerät für Cablesurf kann man für 395 DM kaufen, oder für 17,90 DM pro Monat mieten. Die Installation wird auf Wunsch für 95 DM von der Firma KMS durchgeführt. Weitere Anbieter sind in folgender Tabelle dargestellt. Alle Anbieter bis auf Zenith bieten einen unidirektionalen Dienst an, der den IEEE-Empfehlungen entspricht. Das Kabelmodem wird nur im Downstream benutzt, während man für das Versenden der Daten die Telefonleitung nutzen muß. Zenith bietet eine symmetrische Datenübertragung mit bidirektional 4 Mbps an. Folgende Tabelle zeigt einen Überblick der Internet Service Provider über Kabelmodem.

⁴³ c't 1998 Heft 16, S. 86

⁴⁴ Stand 06/98, c't 1998 Heft 16, S. 75

Anbieter	Internetpräsenz	Verfügbarkeit und Preis
3Com	www.3com.de	Ist bereits verfügbar für \$230 excl. Provider- und Telefonkosten.
Nortel Networks	www.nortelnetworks.com	In den USA für \$400 erhältlich excl. Providerkosten. In Deutschland noch kein Termin bekannt.
Cisco Systems	www.cisco.com	Ist bereits verfügbar für \$900 excl. Provider und Telefonkosten.
Elsa	www.elsa.de	In Deutschland ab Mitte 1999 verfügbar für 700-800 DM excl. Provider und Telefonkosten.
Köthe	www.kabelfernsehnetz- koethen.de	Verfügbar ab Mitte 1999 mit einem Pauschalpreis von 55 DM pro Monat für Modem und Internetzugang. Eine Kauti- on von 300 DM wird bei Modemrückgabe zurückerstattet.
Zenith	www.zenith.com	Das System ist bereits verfügbar. Informationen über Preise liegen jedoch keine vor.

Tabelle 4: Überblick der Internet Service Provider über Kabelmodem

3.1.3 Internetzugang durch Satellitenübertragung

Eine weitere interessante Alternative zu bestehenden Kabelnetzen ist der kabellose Internetzugang über Satellit. Dieser bietet vor allem zwei Vorteile: Er ist flächendeckend verfügbar und gewährleistet die mobile Kommunikationsfähigkeit. Ebenso wie bei den vorangegangenen Breitbandtechnologien werden die technischen Grundlagen nur kurz angedeutet.

Beim Senden der Daten wird die Phase, wie in Kapitel 2 prinzipiell erläutert, moduliert, übertragen und demoduliert. Das Sendesignal bleibt, ähnlich wie bei der Frequenzmodulation, gleich und die Information wird ausschließlich in der Phasenlage der Trägerfrequenz übertragen. Der Empfänger erkennt die Phasenlage und wandelt sie in die ursprüngliche Information zurück. Die Demodulation erfolgt mit Hilfe sog. Schwellwertkompensatoren, die in Echtzeit mit Hilfe der Phasenlage entscheiden, welcher digitale Wert übertragen wurde. Das bedeutet aber für jedes fehlerhaft übertragene Signal eine falsch dekodierte Information. Aus diesem Grund werden die Signale vor der Übertragung mit dem sog. Viterbi-Algorithmus codiert. Bei diesem Algorithmus werden aus den Bits Symbolcodes generiert, die lediglich den Wechsel von einem Zustand zum nächsten beschreiben. Diese Codes werden dann entsprechend moduliert und vom Satelliten ausgestrahlt.

Bei geostationären Satelliten beträgt die Signallaufzeit ca. 240 Millisekunden. Nutzt man die tiefer kreisenden Medium-Earth-Orbit-(MEO-)Satelliten, ist die Signallaufzeit noch kürzer. Deshalb ist nicht anzunehmen, daß es zu einer signifikanten Laufzeitverzögerung kommt.

Die sog. Internet-Push-Dienste arbeiten im Ein-Wege-Verfahren, d.h. die Daten werden unidirektional von Satelliten zum Teilnehmer übertragen. Der Teilnehmer empfängt per Satellitenantenne, Dekoder und PC die von ihm angeforderten Daten. Dabei geht die Interaktivität des Internets verloren. Es werden lediglich vorher vereinbarte Informationen wie z. B. Online-Abonnements übertragen. Der Provider sendet in einem vorgegebenen Zeitraster den gesamten Datenbestand aus dem abonnierten Bereich. Die Informationen werden dann lokal gespeichert und stehen zum "Surfen auf der Festplatte" offline zur Verfügung. Dieser Dienst eignet sich besonders gut, wenn innerhalb eines abgrenzbaren Bereichs gezielt nach Informationen gesucht wird. Beispiele sind aktuelle Börsenkurse.

Um die Schwachstelle der Satellitenübertragung bzw. der Internet-Push-Dienste, den fehlenden Rückkanal, zu umgehen, kann man die Telefonleitung als Rückkanal benutzen. Anbieter, wie z. B. Hughes Olivetti Telecom (HOT), bieten über den Eutelsat Hot Bird 3 diverse Datendienste an, bei denen die Telefonleitung als Rückkanal dient. Über die Telefonleitung ausgewählte Webseiten werden mit bis zu 3 Mbps übertragen⁴⁵. Empfängeranlagen, die auf diesem Verfahren aufbauen, sind derzeit ab ca. 1.200 DM erhältlich und bestehen aus PCI-Steckkarte, Adapterbox zum Anschluß an die Satellitenantenne sowie die entsprechende Software⁴⁶. Dieser Dienst ist nicht kompatibel zu anderen Satellitendiensten, sondern benutzt seinen eigenen Standard „DirecPC“. Diese Variante des Internetzugangs durch Kanaltrennung hat allerdings den Nachteil, daß neben den Grundgebühren zusätzlich noch Telefonkosten anfallen. Bei einer

⁴⁵ www.direcpc.com

⁴⁶ www.lorenz.de, Stand 03/99

echten bidirektionalen Verbindung zu einem Satelliten entfallen diese Kosten. Die folgende Tabelle enthält die derzeitigen Preise für den DirecPC Dienst (excl. Telefongebühren).

Einmalige Anschaffungskosten incl. MwSt	DM
Software, Handbuch, PCI Karte, LNB und Antenne	1.158,-
Freischaltgebühr	78,-
Monatliche Übertragungskosten (Standardtarif)	
Grundgebühr	9,99
bis 100 MB (pro MB)	1,50
bis 500 MB (pro MB)	1,40
bis 1000 MB (pro MB)	1,35
über 1000 MB (pro MB)	1,30
Monatliche Übertragungskosten (Professionell)	
Grundgebühr	25,50
bis 100 MB (pro MB)	1,50
bis 500 MB (pro MB)	1,40
bis 1000 MB (pro MB)	1,30
bis 2000 MB (pro MB)	1,25
bis 4000 MB (pro MB)	1,20
über 4000 MB (pro MB)	1,10

Tabelle 5: Preise für den Satellitendienst DirecPC (excl. Telefongebühren)

Der Zugang zum Internet über eine Satellitenverbindung ist ebenso wie bei Kabelnetzen nicht ohne weiteres rückkanalfähig. Die Daten kommen zwar über Satellit an, doch in umgekehrter Richtung müssen sie über die Telefonleitung geschickt werden oder es muß eine entsprechende Satellitenanlage eingerichtet werden. Bis vor kurzem war die für eine bidirektionale Kommunikation mit einem Satelliten erforderliche Anlage mit enormen Investitionen verbunden. Durch Innovationen bei der Entwicklung des Satellitenhandys von Iridium, läßt sich auch der Rückkanal zu Satelliten durch die entsprechende Technik sehr viel kostengünstiger anbieten. Auf der Teilnehmerseite ist eine VSAT-Station (Very Small Aperture Terminal) erforderlich. Diese Anlage beinhaltet ein Zusatzgerät für die Satellitenschüssel und einen entsprechenden Receiver.

Die Kosten für sendefähige Satellitenanlagen liegen derzeit zwischen 2.500 DM für Privatanlagen und 20.000 DM für Firmensysteme⁴⁷. Bei der Firma Armstrong (Irland) bekommt man eine günstige Anlage incl. 90cm-Sat-Antenne und Sende- und Empfangsreceiver ab ca. 2.500 DM. Der erforderliche Durchmesser einer solchen Satellitenschüssel liegt zwischen 60 und

⁴⁷ c't 1998 Heft 16, S. 74, Stand 06/98

180 cm. Die Sendeleistung liegt in Bereichen zwischen 0,5 und 2 Watt. Rückkanalfähige Satellitenanlagen arbeiten ebenfalls asymmetrisch, sie erreichen im Downstream bis zu 50 Mbps und im Upstream ca. 2 Mbps. Dies sind zwar sehr viel größere Datenraten als andere Breitbanddienste derzeit bieten können, jedoch eignet sich der Internetzugang über Satellit wohl kaum für einen flächendeckenden Einsatz, da bei der Satellitenübertragung keine Point-to-Point Verbindung hergestellt werden kann. Bei Datenraten von 50 Mbps und 5.000 Teilnehmern, die gleichzeitig Daten anfordern, beträgt die pro Teilnehmer zur Verfügung stehende Datenrate 10 kbps. Darüber hinaus kann die Sicherheit und Integrität beim Versand oder Empfang vertraulicher Daten nicht ohne weiteres gewährleistet werden. Durch Manipulation der Datenfilter können Informationen, die für andere Teilnehmer bestimmt sind leichter als bei anderen Breitbanddiensten, abgerufen werden. Wie auch bei Kabelmodems müssen entsprechende Verschlüsselungsverfahren eingesetzt werden.

Auf der Betreiberseite arbeiten Astra, Eutelsat und New Media derzeit an Pilotprojekten, die bereits 1999 verfügbar sein sollen. Der Satellitenbetreiber Eutelsat hat in Zusammenarbeit mit dem GMD-Forschungszentrum Tests für einen Zwei-Wege-Internet-Zugang durchgeführt⁴⁸. Die Download-Geschwindigkeit liegt hier bei 34 Mbps, die Upstream-Geschwindigkeit erreicht 256 kbps bei einer Sendeleistung von 2 Watt und einem Schüsseldurchmesser von 2 Meter. Der Satellitenbetreiber Astra plant in Verbindung mit den neuen Satelliten Astra 1H und Astra 1K ein Rückkanalsystem, bei dem ebenfalls das asymmetrische Zwei-Wege-Verfahren zum Einsatz kommen soll. Das Astra Return Channel System (ARCS) erlaubt je nach Schüsseldurchmesser im Rückkanal eine Übertragungsgeschwindigkeit von 150 kbps bis 2 Mbps. Für den Downstream-Kanal sind 38 Mbps geplant.

Die VSAT-Technik von New Media basiert ebenfalls auf einer asymmetrischen Zwei-Wege-Verbindung zum Satelliten und ist damit auch unabhängig von einem terrestrischen Anschluß. Die Downstreamrate liegt bei bis zu 48 Mbps, der Rückkanal kann bis zu 384 kbps übertragen.

Die Telefongesellschaft o.tel.o setzt bereits seit Mai 1998 eine Eutelsat Satellitenverbindung im Pilotprojekt Infocity NRW bei 2.000 Teilnehmern ein. Nach Aussagen von o.tel.o sind bis zu 30fache ISDN-Geschwindigkeiten möglich, und der Rückkanal bietet zwischen 64 kbps und 512 kbps an.

3.1.4 Glasfasertechnologien

Die unterschiedlichen Lichtwellenleiter mit ihren physikalischen Eigenschaften wurden in Kapitel 2 bereits erörtert. In diesem Abschnitt sollen unterschiedliche Lösungsansätze für den Einsatz von Lichtwellenleitern in der Breitbandtechnik aufgezeigt werden.

⁴⁸ www.eutelsat.de

Werden Lichtwellenleiter in Verbindung mit Kupferkabeln in Fernmeldenetzen eingesetzt, so spricht man von Hybridnetzen. Netze, in denen ausschließlich Lichtwellenleiter eingesetzt werden, sind bezüglich der Datenübertragung mit Sicherheit die effizientesten Netze. Die flächendeckende Infrastruktur mit Lichtwellenleitern erfordert aber enorme Umbaumaßnahmen durch die Verlegung der Leitungen. Bei Hybridnetzen hingegen sind die Umbaukosten wesentlich geringer, da Glasfaserleitungen nur bis zu bestimmten Knotenpunkten verlegt werden. Wie bereits in Kapitel 2 erläutert, ist die VDSL-Technologie die effizienteste xDSL-Technologie. Voraussetzung für VDSL ist jedoch ein solches Hybridnetz, da VDSL in sehr hohen Frequenzbereichen die Daten überträgt. In Hybridnetzen erfolgt praktisch keine Frequenzdämpfung bis zu der Schnittstelle, an der das Kupferkabel beginnt.

Beim Aufbau von Hybridanschlußnetzen wird derzeit zwischen FTTC (Fiber to the curb), FTTN (Fiber to the neighborhood), FTTB (Fiber to the basement) und FTTH (Fiber to the home) unterschieden.

FTTC-Netze nutzen Glasfaserkabel von den Vermittlungsstellen der Anbieter bis zu den Kabelverzweigern und Kupferleitungen bis zu den Teilnehmern selbst. FTTN geht einen Schritt weiter, hier werden sog. Optical Network Units (ONUs), die über Glasfaserleitungen verkabelt sind, eingerichtet. Die letzten Teilstücke zum Teilnehmer lassen sich dann mit Kupferleitungen überbrücken. Um VDSL mit Downstreamraten von 55Mbps effizient einzusetzen, dürfen die Kupferleitungen bei den bisherigen Querschnitten jedoch nicht länger als 300 m sein. Dies ist derzeit für den praktischen Einsatz von VDSL in Verbindung mit FTTC-Netzen nicht gewährleistet. Alternativen werden sein, die Datenraten entsprechend auf 20-40 Mbps zu senken oder eine weitreichendere optische Vernetzung zu gewährleisten. Bei FTTB-Netzen führen die Glasfaserleitungen bis an die Gebäude, d.h. daß nur die hausinterne Verkabelung aus Kupferkabeln besteht. Bei FTTH-Netzen führen die Glasfaserleitungen bis zum Modem des Teilnehmers, es handelt sich dabei um ein rein optisches Netz.

3.2 Wechselwirkung zwischen xDSL- und anderen Breitbandtechnologien

3.2.1 Powerline

Direkte Wechselwirkungen zwischen Powerline und den xDSL-Technologien gibt es keine, da beide Ansätze auf unterschiedlichen Netzen basieren. Powerline aber hat gegenüber den xDSL-Technologien viele Vorteile:

- Die Schnittstellen für ein Dienstangebot über Powerline liegen nicht nur an einem Punkt in jeder Wohnung, sondern in jedem Zimmer. Zusätzlich können alle mit Strom versorgten Geräte über das Niederspannungsnetz erreicht werden. Somit stellen alle Endverbraucher potentielle Datenquellen sowie Datenempfänger dar.
- Die Powerline Technologie hat gegenüber anderen Zugangstechnologien den Vorteil, daß sie sich eines flächendeckend verlegten Netzes bedient und schrittweise in diese Netze migrieren kann. Selbst gegenüber dem Telefonnetz ist der Vorteil der flächendeckenden Infrastruktur gegeben, da vor allem mit Blick auf „Internet-Entwicklungsländer“ die entsprechende Infrastruktur der Stromversorgung vor der des Telefonnetzes gegeben ist bzw. sein wird. Mit Blick in die Zukunft ist das ein enormer Vorteil, der für die Powerline Technologie spricht.
- Die Powerline-Technologie ist für die Energieversorger eine sehr interessante Möglichkeit, neue Kunden zu gewinnen und zu halten. In Ländern mit einem liberalisierten Energieversorgermarkt ebenso wie in regulierten Märkten. In Deutschland werden die Energieversorger spätestens nach erfolgter Liberalisierung bzw. Deregulation des klassischen Endverbrauchermarktes und Marktreife der Technik durch verschiedene Mehrwertangebote, u.a. Powerline, die Kunden umwerben.

Nachteile der Powerline-Technologie sind:

- Die xDSL-Technologien mit entsprechenden Datenraten sind teilweise schon flächendeckend im kommerziellen Einsatz, während sich Powerline Projekte noch in der Testphase befinden.
- Es existieren keine aussagekräftigen Langzeit-Feldversuche, die das Verhalten der verschiedenen Powerline Lösungsansätze getestet und unter realen Bedingungen vergleichend bewertet haben.
- Ein weiterer Nachteil sind die Investitionskosten, die für einen flächendeckenden Einsatz nötig sind. Hier sind vor allem die Kosten entscheidend, die in den Verteilerstationen der Energieversorger anfallen, um die Datenübertragung und die direkte Adressierbarkeit zu gewährleisten. Darüber hinaus müssen die Verteilerstationen miteinander vernetzt werden. Quantitative Aussagen liegen derzeit allerdings noch keine vor. Die Kosten könnten sich jedoch im direkten Vergleich mit den xDSL-Technologien als „Stolperstein“ erweisen.

Weitere Probleme von Powerline sind durch das ungeklärte regulatorische Umfeld gegeben. Beispiele sind hier die langfristige elektromagnetische Verträglichkeit auf Mensch und Natur oder die Frequenzuteilung. Außerdem besteht die Gefahr, daß durch zu zögerliches Handeln und fehlender Risiko- und Innovationsbereitschaft verlorene Marktanteile nicht wieder zurück-

gewonnen werden können. Eine groß angelegte Werbekampagne, wie sie die deutsche Telekom bei ISDN durchgeführt hat, würde den Bekanntheitsgrad steigern. Durch eine solche Werbekampagne könnte man auch Aussagen über die noch offene Kundenakzeptanz treffen. Die Entwicklung serienreifer hochratiger Anwendungen wird, bei dem eher zögerlichen Verhalten der Energieversorger, noch ein bis zwei Jahre dauern⁴⁹. Es besteht deshalb die Gefahr, daß andere Breitbandtechnologien sich eher etablieren. Obwohl die Powerline-Technologie wesentlich mehr Möglichkeiten bietet als ADSL, ist mittelfristig kaum anzunehmen, daß sie sich gegenüber der xDSL-Technologie durchsetzt.

3.2.2 Kabelmodems

Ebenso wie beim Powerline-Ansatz existieren keine direkten Wechselwirkungen zwischen den xDSL-Technologien und der Kabelmodemtechnik, da auch sie auf unterschiedlichen Netzen basieren. Die Vorteile dieser Technologie sind:

- Über diese Zugangstechnologie lassen sich die Medien Internet und Fernsehen am leichtesten verbinden.
- Derzeit stellt das Kabelmodem die höchsten Datenraten für den Zugang zum Internet zur Verfügung.

Die Nachteile der Kabelmodemtechnik sind:

- Die mangelnde Infrastruktur und das erforderliche Investitionsvolumen seitens der Kabelbetreiber stellen das Haupthindernis für die flächendeckende Verbreitung und den kommerziellen Einsatz dar.
- Ein weiteres Problem bei Kabelmodems stellt die Abhörsicherheit dar. Die Anwender von Kabelmodems müssen die vom Provider vorgegebenen Verschlüsselungstechniken akzeptieren, was gerade bei kritischen und vertraulichen Daten einen nicht zu unterschätzenden Unsicherheitsfaktor darstellt.

Bis zum Jahr 2000 sollen bundesweit 75 Prozent der Kabelanschlüsse rückkanalfähig sein. Mit Übertragungsraten von 40-50 Mbps im Downstream und 4-6 Mbps im Upstream bietet diese Technik größere Datenraten als die meisten xDSL-Ansätze und Powerline. Lediglich die

⁴⁹ Veröffentlichung des RWE-Konzerns zum Projekt „Powerline Communication“

VDSL-Technik stellt vergleichbare Datenraten zur Verfügung. Hierfür sind jedoch Hybridnetze erforderlich, die die Verlegung von Glasfaserkabeln bis zu den Verteilerstationen des Telefonnetzes erfordern. Für andere xDSL-Technologien sind jedoch keine so umfangreichen Investitionen nötig und die Datenraten von ADSL bzw. HDSL2 sind bis auf weiteres sicherlich ausreichend.

In Deutschland und in den USA wird der relativ kleine Markt für Kabelmodems massiv unter Druck gesetzt durch die xDSL-Technik der Telekommunikationsunternehmen. Anders als bei den Kabelnetzbetreibern müssen diese ihre Netze nicht aufwendig aufrüsten oder gar umbauen. Sie verfügen neben ihrer breiten Kundenbasis auch über einen großen Kostenvorteil und der entsprechenden Akzeptanz.

In den USA kontern die Kabelanbieter mit Mehrwertangeboten. Sie kooperieren mit Inhalteanbietern, um die Vorzüge ihrer schnellen Technik mit neuen interaktiven Angeboten zu verknüpfen. Ein Beispiel ist die Allianz zwischen drei kanadischen und neun amerikanischen Kabelnetzbetreibern, darunter MediaOne, Cox und Marcus Cable. Sie haben gemeinsam bei der Firma Scientific Atlanta für \$350 Mio. 850.000 digitale Settop-Boxen mit integrierten Kabelmodems geordert. Die Boxen sind zusammen mit einem interaktiven Dienst per Fernseher auf den Markt gekommen, da die Betreiber über den Fernsehermarkt ein wesentlich größeres Kundenpotential erwarten als über den PC-Markt.

Nach Aussagen der Unternehmensberatung TeleChoise ist das Ergebnis der Auseinandersetzung zwischen Telefon- und Kabelanbietern noch offen. In Abhängigkeit der lokalen Gegebenheiten wird sich eine der Technologien durchsetzen, je nachdem wie schnell die verschiedenen Betreiber ihre Dienste wirtschaftlich und lukrativ anbieten. Derzeit zeichnet sich jedoch ab, daß die Telekommunikationsunternehmen schneller und mit einer größeren Marktdurchdringung ihre Produkte anbieten. Aus diesem Grund werden sich die Kabelmodems wahrscheinlich nur regional gegenüber den xDSL-Technologien behaupten.

3.2.3 Satellitentechnik

Wie zuvor bestehen keine direkten technischen Wechselwirkungen zwischen der DSL-Technik und der Satellitentechnik, da sie unterschiedliche Übertragungsmedien nutzen. Besonders gut eignet sich die Satellitenübertragung für sog. Internet-Push-Dienste. Hierbei wird ein vorher ausgewählter Datenbestand zu einer vereinbarten Zeit via Satellit übertragen. Die reinen Internet-Push-Dienste sind zwar für eine Massenverbindung sehr gut geeignet, allerdings ist die Nachfrage relativ gering, da die unbeschränkte Interaktivität, wie sie ein traditioneller Zugang

bietet, fehlt. Spezielle Dienste wie Wirtschafts- und Börsendaten sind zwar interessant, sprechen aber nur einen kleinen Anwenderkreis an, so daß hier kein flächendeckender Durchbruch zu erwarten ist.

Satellitenverbindungen mit terrestrischem Rückkanal sind zwar ebenfalls sehr interessant, hier stellt sich jedoch das Problem, daß mit zunehmender Teilnehmerzahl die nutzbaren Datenraten entsprechend abnehmen. Da keine Point-to-Point Verbindung möglich ist, müssen alle Daten aller Teilnehmer gleichzeitig übertragen werden. Entsprechende Filter sorgen dann zwar dafür, daß nur die angeforderten Daten erscheinen, aber bei einer flächendeckenden Anwendung kann sich der individuelle Einsatz von Satelliten als unwirtschaftlich und nicht ausreichend erweisen. Bei einer Übertragungsrate von 50 Mbps und 5.000 Teilnehmern, die über einen Satelliten ihre Daten beziehen, bleiben jedem Teilnehmer gerade mal 10 kbps, was gegenüber anderen Breitbandtechnologien nicht konkurrenzfähig ist. Als weiteres Problem ist die Sicherheit und Integrität der Daten anzusehen. Durch entsprechende Manipulation der Datenfilter können die angeforderten Daten anderer Teilnehmer sehr einfach eingesehen werden.

Ein Vorteil den die Satellitenverbindung bietet ist die Leitungsungebundenheit und die flächendeckende Verfügbarkeit. Dadurch kann die mobile Kommunikationsfähigkeit z. B. im Auto gewährleistet werden. Weiterhin kann ein solcher Dienst auch in weniger dicht besiedelten Gebieten mit entsprechenden Datenraten genutzt werden

Aus diesem Grund eignet sich ein Einsatz von Satelliten beim Internetzugang nur bedingt und für einen kleinen Kreis von Teilnehmern. Ein flächendeckender Einsatz ist abgesehen von den Internet-Push-Diensten, mobilen Kommunikationseinheiten und in Gebieten mit sehr geringer Bevölkerungsdichte nicht zu erwarten.

3.2.4 ADSL und andere xDSL-Technologien

Zu ADSL konkurrenzfähige xDSL-Technologien sind, wie in Kapitel 2.3 erläutert, UDSL, SDSL und HDSL2. VDSL steht nicht im direkten Vergleich zu den anderen xDSL-Technologien, da es den anderen xDSL-Ansätzen eindeutig überlegen ist und lediglich aufgrund der fehlenden Glasfaserleitungen nicht eingesetzt werden kann.

UDSL oder ADSL-G.lite als splitterlose xDSL-Technologie ist sicherlich nur in der Einführungsphase – wenn überhaupt – eine Alternative zu anderen xDSL-Ansätzen. Da ADSL Modems derzeit noch relativ teuer sind, spekulieren einige Anbieter, mit UDSL Einstiegsbarrieren zu verringern. Das Modem ist derzeit ab ca. 300 DM aufwärts erhältlich und

stellt somit einen relativ großen Kostenfaktor dar. Es ist aber abzusehen, daß ein solches Modem bald sehr viel günstiger angeboten wird. Der Aufwand bei der Installation nimmt auch stetig ab, da die Anbieter die Kompatibilität der Geräte zu anderen Anwendungen immer weiter erhöhen. Darüber hinaus ist bei einer Installation von UDSL der erhebliche Qualitätsverlust beim Telefonieren zu bemängeln.

SDSL ist ADSL bezüglich Datenraten und Distanz unterlegen. Die SDSL-Technik wird zwar vereinzelt bereits kommerziell angeboten, ist jedoch bezügl. Verbreitung kaum erwähnenswert. Da sich die Technik nicht wesentlich von der ADSL-Technik unterscheidet und die nutzbaren Anwendungen nahezu gleich sind, wird weiterhin kein Unterschied zwischen diesen beiden Techniken gemacht. Bei einer „Aufrüstung“ von SDSL zu ADSL ist ein neues Modem nötig. Es gibt jedoch schon Ansätze von Chipherstellern wie Alcatel und Siemens, ein Modem herzustellen, das zu mehreren xDSL-Techniken kompatibel ist. Ob und in welcher Höhe die Dienstanbieter „Umrüstungsgebühren“ verlangen, ist noch ungeklärt.

Als symmetrische xDSL-Technologie ist HDSL2 zu ADSL ohne weiteres konkurrenzfähig, da es – abgesehen vom Preis – unter gleichen Bedingungen symmetrische Datenraten bidirektional in gleichem Umfang anbietet. Hier muß die Frage gestellt werden, ob eine symmetrische Übertragung im Mbps-Bereich nötig ist. Der klassische Internet-Surfer, als Privatperson, wird diese Datenraten im Upstream sicherlich nicht benötigen. Geschäftsleute hingegen, die Anwendungen wie Videokonferenzen häufig nutzen, werden HDSL2 sicherlich benötigen und einen entsprechenden Mehraufwand in Kauf nehmen.

Eine mögliche Lösung zeichnet sich bereits ab. In den USA gibt es einige Anbieter, wie z. B. Covad Communication oder Ameritech, die unter xDSL-Dachkampagnen unterschiedliche DSL-Techniken mit unterschiedlichen Datenraten anbieten. Der Kunde hat dann die Wahl, einen asymmetrischen oder symmetrischen Dienst zu wählen. Bezüglich Um- oder Aufrüstung innerhalb der xDSL-Dachkampagnen gibt es noch keine Aussagen.

3.2.5 Fazit

Es zeichnet sich ab, daß zwischen den unterschiedlichen Breitbandtechnologien ein „Preiskrieg“ ausbrechen wird, wie er heute auf dem Telekommunikationsmarkt in Deutschland zu beobachten ist. Der Versuch eines Preisvergleiches ist daran gescheitert, daß sich derzeit die Preise zu schnell ändern und die regionalen Unterschiede zu groß sind. Nach Aussagen von Marc Cetto⁵⁰

⁵⁰ European Director Broadband Access Group bei Texas Instruments

wird ein ADSL-Modem in einem Jahr nicht mehr kosten als ein analoges 56 kbps Modem heute. Dies ergibt sich aus den fallenden Preisen, die aus der bekannten Lernkurve in der Chipfertigung resultieren⁵¹.

Welche Technik sich durchsetzt, hängt aber nicht nur vom Preis ab, sondern auch davon welche früher marktreif ist und – zumindest regional – flächendeckend zum Einsatz kommt. Sobald eine Kaufentscheidung zugunsten einer Technologie getroffen wurde, kann die technische Ausrüstung auch nur in Verbindung mit dieser Technologie verwendet werden.

3.3 Wechselwirkungen zwischen Schmalband- und Breitbandssystemen

Bevor an dieser Stelle die Wechselwirkungen zwischen Schmalband- und Breitbandssystemen untersucht wird, wird der Begriff des IDN (Integrated Digital Network) eingeführt. IDN war der Vorläufer des bekannten Schmalbandsystems ISDN (Integrated Services Digital Network). Unter IDN versteht man die vollkommene Digitalisierung des Fernsprechnetzes. Das primäre Ziel von IDN war die Integration verschiedener Kommunikationsformen wie Sprache, Text, Daten und Bild in digitaler Übertragungs-, Vermittlungs-, und Endgerätetechnik⁵². Der nächste Innovationschritt führte zu ISDN. Unter ISDN wurde eine Dienstintegration folgender Teilbereiche angestrebt⁵³:

- Netzintegration: Ersatz herkömmlicher analoger Netze, Vereinfachungen bei Betrieb, Wartung und der Tarifierung
- Schnittstellenintegration: Einheitliche Kommunikationssteckdosen und flexible Nutzung
- Endsystemintegration: Multimediale Kommunikation und Multifunktionalität

Den Zugang zu den Diensten, Verbindungen und Dienstmerkmalen des ISDN erhält der Teilnehmer über das entsprechende Endgerät und den ISDN-Anschluß. Dieser Basisanschluß bietet aber noch weitere Dienstmerkmale an. Einige Beispiele sind:

⁵¹ Markt und Technik, Wochenzeitung für Informationstechnik, Ausgabe Nr.3, 15.01.99, S.19

⁵² P.Bocker, ISDN-Digitale Netze für Sprach-, Daten-, Video- und Multimediakommunikation, Berlin 1997

⁵³ G. Krüger, Praktikum Telematik I+II, Karlsruhe 1998, S. 282

- Übermittlung der Rufnummer zum gerufenen Anschluß:
Beim Verbindungsaufbau wird die Rufnummer vom Anrufer übermittelt, so daß vor Annahme des Gesprächs dessen Ursprung ermittelt werden kann.
- Mehrfachnummer für einen Anschluß:
Einem Anschluß können mehrere Telefonnummern zugewiesen werden (Multiple Subscriber Number – MSN).
- Weitervermitteln der Verbindung:
Das Weitervermitteln läßt sich realisieren, indem der Anrufer in der Leitung gehalten wird, während eine Verbindung zum gewünschten Teilnehmer aufgebaut wird. Nach Erreichen des Teilnehmers wird der Anrufer weitergeleitet.
- Konferenzschaltung (mit bis zu 10 Teilnehmern)
Mehrere Gesprächspartner können sich gegenseitig hören, sie sind also alle miteinander verbunden

Die ISDN-Norm unterscheidet zwischen dem sog. Basisanschluß S_0 und dem Primärmultiplexanschluß S_{2M} . Während der Basisanschluß nur zwei Nutzkanäle mit 64 kbps und einem Steuerkanal mit 16 kbps hat, verfügt der Primärmultiplexanschluß über 30 Nutzkanäle mit jeweils 64 kbps und einem Steuerkanal mit 64 kbps. Die Nutzkanäle werden als B-Kanäle und der Steuerkanal als D-Kanal bezeichnet. Die durchweg digitale Übertragung der Daten ermöglicht es ohne weiteres, die Frequenzen für die Datenübertragung auf bis zu 40 kHz zu erhöhen und somit höhere Datenraten zu übertragen.

Breitbandssysteme, wie z. B. ADSL oder HDSL2, werden in den nächsten Jahren eine enorme Entwicklung erleben. Es spricht jedoch vieles dafür, daß ISDN weiter von großer Bedeutung sein wird. Während Breitbandssysteme nur für Entfernungen bis zu 6 km geeignet sind, kann ISDN für Distanzen von über 24 km eingesetzt werden. Der Primärmultiplexanschluß S_{2M} kann fast 2 Mbps bidirektional übertragen. Dies wird erreicht, indem die einzelnen Kanäle des Primärmultiplexanschlusses parallel geschaltet werden. Dadurch hat dieser Anschluß gegenüber ADSL im Upstream größere Datenraten. Außerdem eignet er sich für Teilnehmer deren Anschlüsse weiter als 6 km von der nächsten Vermittlungsstelle entfernt sind. Derzeit ist ein solcher Primärmultiplexanschluß noch relativ teuer und das Parallelschalten der Kanäle nicht ohne weiteres möglich. Mit der Einführung der xDSL-Technik in die Fernsprechnetze wird der Preis für einen solchen Anschluß sicherlich erheblich sinken und die Flexibilität bzgl. Parallelschaltungen entsprechend steigen. Deshalb ist davon auszugehen, daß ISDN die xDSL-Technologien sinnvoll ergänzen wird.

In relativ dicht besiedelten Regionen mit einer gut ausgebauten Infrastruktur und in Ballungszentren ist der flächendeckende Einsatz von Breitbandssystemen kaum ein Problem, anders sieht es in Ländern wie Finnland oder Kanada aus. In diesen Regionen kann man nicht davon ausgehen, daß die durchschnittliche Entfernung eines Teilnehmers zur nächsten Vermittlungsstelle den Einsatz von Breitbandtechnologien ohne weiteres ermöglicht. Vor allem in den weniger dicht besiedelten, ländlichen Regionen wird ISDN als Ergänzung zu Breitbandssystemen auch in Zukunft sehr wichtig sein.

ADSL in Verbindung mit dem ISDN Basisanschluß S_0 bietet darüber hinaus zahlreiche Sonderfunktionen, die ADSL alleine nicht bietet. Bei der Kombination von ISDN mit ADSL kann man aus Synergien zwischen PC und Telefon profitieren. Bei einer entsprechenden Telefonanlage kann man z. B. den Namen der anrufenden Person sehen bevor man abhebt. Oder man kann einen Anrufer mit einer bestimmten PC-Anwendung verknüpfen. Ruft z. B. ein Lieferant an wird gleich die Warenwirtschaftsverwaltung gestartet. Freunde können mit einer Erkennungsmelodie begrüßt werden, gegen ungebetene Anrufer läßt sich eine elektronische Blockade installieren. Selbst wenn der PC ausgeschaltet ist, können Rufprotokolle auf einem sog. Flash-Ram-Chip gespeichert werden. Beim nächsten PC-Start werden die entsprechenden Dateien aktualisiert. Diese und weitere Möglichkeiten sprechen für einen kombinierten Einsatz von ISDN mit ADSL, dagegen sprechen die Kosten beider Systeme. Da jedoch die Digitalisierung der Anschlüsse Voraussetzung für einen ADSL-Anschluß ist, kann ein ISDN-Service ohne größeren Aufwand mitrealisiert werden.

Es bleibt abzuwarten ob und inwiefern die Telefongesellschaften den ISDN-Service als frei wählbaren Zusatz anbieten. Bei der Deutschen Telekom jedenfalls kann ein ADSL-Anschluß nur in Verbindung mit einem ISDN-Service beantragt werden. Dies kann sinnvoll sein, ist aber nicht zwingend notwendig.

PC-Steckkarten und Modems von Breitbandssystemen und Schmalbandssystemen sind nicht kompatibel zueinander, d.h. Hardware, die für Schmalbandssysteme angeschafft wurde, kann nicht für Breitbandssysteme eingesetzt werden.

Bis zum flächendeckenden Einsatz von Breitbandssystemen werden noch einige Jahre vergehen. Bis dahin stellt ISDN die Alternative für den schnellen Internetzugang dar. Für Ende 1999 sind deutschlandweit 40 ADSL-Projekte in größeren Städten geplant. Bis 2003 sollen laut Deutsche Telekom 75 Ballungszentren mit ADSL-Anschlüssen versorgt werden. Die ADSL-Pläne der Deutschen Telekom werden in Kapitel 4 detaillierter dargestellt. Langfristig stehen ADSL und ISDN nicht unbedingt in direkter Konkurrenz zueinander. Sie werden sich vielmehr auf unterschiedliche Märkte verteilen und ggf. sinnvoll ergänzen

4 Beschreibung der ADSL-Pläne der Telekommunikationsunternehmen

In diesem Kapitel werden die Pläne der Telekommunikationsunternehmen (fortan auch Telcos oder Carrier), ADSL-Anschlüsse zu realisieren, genauer erörtert. Nach einer kurzen Einführung werden die Länder in alphabetischer Reihenfolge sukzessive dargestellt. Dabei werden Informationen, soweit sie erhältlich sind, zu Regionen, Datenraten und Ausbauplänen gegeben. Im Anschluß daran werden die beiden Länder Deutschland und USA detaillierter dargestellt.

4.1 Einführung

In diesem Kapitel sind vorab einige Bemerkungen angebracht. Wie in Kapitel 2 bereits angedeutet beträgt die ADSL Flächendurchdringung nicht 100 %, da die ADSL Anschlußmöglichkeit von der Distanz des Anschlusses zur nächsten Vermittlungsstelle des Anbieters abhängt. Ist die Distanz größer als 6 km, so ist ein ADSL Anschluß für den Anbieter nicht wirtschaftlich realisierbar. Dies hat zur Folge, daß ADSL kommerziell vor allem in größeren Städten und Ballungszentren angeboten wird. In Deutschland beträgt die durchschnittliche Entfernung eines Teilnehmers zur nächsten Vermittlungsstelle ca. 2 km. Die Deutsche Telekom plant nach einer flächendeckenden Einführung der xDSL-Technologie 90 –95 % der Haushalte einen ADSL-Anschluß anzubieten. Da in den USA die durchschnittliche Entfernung eines Anschlusses zur nächsten Vermittlungsstelle ca. 4 km beträgt, rechnet man hier mit einer Marktdurchdringung von ca. 60-70 %⁵⁴.

Selbst in den Gebieten, in denen ADSL angeboten wird, werden die einzelnen Vermittlungsstellen der Telcos erst nach und nach aufgerüstet, daher ist die ADSL-Anschlußfähigkeit in den Einzugsgebieten im allgemeinen durch Anfang- und Endkombinationen von Rufnummern gegeben. In Cincinnati, OH z. B. können alle Teilnehmer, deren Rufnummern mit den Kombinationen 247, 387, 469, 489, 530, 605, 626, und 736 beginnen, derzeit einen ADSL-Anschluß beantragen. Die Untersuchung dieser Rufnummern wird im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt, da sie meist unvollständig sind und nur sehr ungenaue oder gar keine Rückschlüsse auf Kundenpotentiale geben. Die Nummern kennzeichnen meistens Stadtteile bzw. größere Straßen und Wohngebiete. Oft sind diese Rufnummernkombinationen auch nicht angegeben, sondern nur eine Abfrage, ob unter einer bestimmten Nummer ADSL verfügbar ist.

⁵⁴ A. Karius, „ADSL-Lite“, www.zdnet.de/technik/artikel

Es zeichnet sich ab, daß die Telcos ihre xDSL-Dienste unter Namen wie z. B. T-DSL oder FasTrack anbieten. Innerhalb dieser Dachkampagnen sollen dann verschiedene Dienste wie ADSL oder HDSL2 angeboten werden. Teilnehmer, die häufig Anwendungen wie z. B. Videokonferenzen nutzen, werden dann zu entsprechenden Business-Tarifen den symmetrischen Dienst HDSL2 beantragen können. Andere Teilnehmer, wie Privathaushalte, können den asymmetrischen Dienst ADSL beantragen. Hersteller von xDSL-Modems wie Alcatel und Siemens unterstützen diesen Trend der Telcos, indem sie Modems herstellen, die mehrere xDSL-Techniken unterstützen. Dies führt in letzter Konsequenz dazu, daß einige Telcos nicht explizit darauf hinweisen, daß sie einen ADSL-Anschluß anbieten, sondern daß sie xDSL-Dienste anbieten. Aus diesem Grund wird im folgenden nicht mehr exakt zwischen Diensten wie ADSL und HDSL2 unterschieden. Das Verhältnis dürfte jedoch etwa 80 % ADSL und 20 % weitere xDSL-Dienste betragen. Obwohl sich die Dienste in der Technik, wie auch in den potentiellen Anwendungsmöglichkeiten unterscheiden, wird diese Ungenauigkeit in Kauf genommen.

4.2 Darstellung der ADSL-Ausbaupläne in den einzelnen Ländern

4.2.1 Belgien

Belgacom ist der größte Telekommunikationsanbieter in Belgien und bietet ein hochentwickeltes Telekommunikationsnetz an. Zu 51 % gehört er dem Staat, die übrigen 49 % wurden von der Regierung 1995 an ein Konsortium von drei ausländischen Anbietern – Singapore Telecom (SingTel), Ameritech und Tele Danmark – verkauft. Zusammen mit SingTel arbeitet Belgacom gerade an der technischen Realisierung bei der Einführung der ADSL Technik, dabei kooperiert Belgacom auch mit der Shanghai Telecom.

Belgacom begann sich 1994 mit der ADSL-Technologie zu beschäftigen, um die Datenraten über die Telefonleitungen zu erhöhen. Nach ersten Untersuchungen begann 1996 das erste Pilotprojekt, „Turbo Line[®]“ genannt, das aus zwei Phasen bestand. In der ersten Phase wurden Studenten aus Leuven (20 km östlich von Brüssel) mit einem ADSL-Anschluß ausgestattet, in der zweiten Phase Geschäftsleute in Antwerpen.

Ende 1997 wurden 1.000 weitere Anschlüsse in Brüssel, Lüttich, Gent, Charleroi, Namur und Mechelen eingerichtet. Die Datenraten erreichen bis zu 8 Mbps Downstream und 600 kbps Upstream. Im Januar 1999 soll mit der flächendeckenden Versorgung der ca. 6 Mio. Telefonanschlüsse in Belgien begonnen werden. In der ersten Phase sind Datenraten von 1 Mbps Downstream und 512 kbps Upstream geplant.

4.2.2 Brasilien

Die brasilianischen Telcos TELESP (Operadora de Telecomunicações do Estado de Sao Paulo S.A.) und CTBC (Companhia Telefonica da Borda do Campo) bieten seit September 1998 insgesamt 2.000 ADSL-Anschlüsse im Zentrum von Sao Paulo an. An dem Projekt nehmen Privatpersonen, Ärzte und Universitäten teil. CTBC bietet außerdem in Santo Andre und Sao Bernado ca. 120 weitere ADSL-Anschlüsse an. Teilnehmer sind ebenfalls Privatpersonen, Ärzte und Universitäten, aber auch die Firmen Volkswagen und Mercedes. Ausbaupläne liegen keine vor.

4.2.3 Kanada

Die Ausbaupläne der der Telcos für die insgesamt ca. 16 Mio. Telefonanschlüsse in Canada sehen wie folgt aus:

Im Bundesstaat Alberta bieten die Provider Telus Communication und Telus Planet ADSL-Dienste in Edmonton, Calgary, St.Albert und Sherwood Park an. Die Projekte begannen im Januar 1998. Bis Mitte 1998 sollten 2.500 ADSL-Anschlüsse realisiert sein. Die Datenraten betragen 2,5 Mbps Downstream und 1,0 Mbps Upstream.

Im Staat British Columbia bietet die BC Telecom in Zusammenarbeit mit 12 Providern ADSL-Dienste mit Datenraten zwischen 1,4 – 4 Mbps Downstream und 160 – 640 kbps Upstream an. Der kommerzielle Service sollte Januar 1998 im Großraum Vancouver, Oak Bay und South Kamloops beginnen. 1999 soll der Service auf Victoria, Nanaimo, Kelowna, Vernon, Prince Rupert und Prince George erweitert werden.

In Manitoba bietet die Manitoba Telephone Systems (MTS) in Winnipeg ADSL-Anschlüsse mit 1,5 Mbps Down- und 64 kbps Upstream an. Bis Ende 1998 sollten 90 % aller Anschlüsse in Winnipeg ADSL-fähig gemacht werden.

Die New Brunswick Telephone Co. bietet in St. John, Fredericton und Moncton ADSL-Dienste mit 1,5 Mbps und 64 kbps an. Bis Ende 1998 sollten 70.000 Anschlüsse aufgerüstet sein.

In Nova Scotia bietet die Maritime Tel. & Tel. in Halifax ADSL mit bis zu 7 Mbps Downstream an. Bis April 1998 war ein flächendeckendes Angebot in Halifax geplant. Der Service soll bis Ende 1999 auf ganz Nova Scotia ausgeweitet werden.

In Ontario bietet Bell Canada in Ottawa/Hull ADSL-Dienste mit 2 Mbps Downstream und 1 Mbps Upstream an. 1998 sollte der Service auf Toronto ausgeweitet werden.

Im Bundesstaat Quebec bietet Bell Canada in verschiedenen Gebieten u. a. in Quebec City ADSL mit bis zu 2 Mbps Downstream und 1 Mbps Upstream an. 1999 soll der Service auf Montreal ausgeweitet werden. Auch in Rimouski werden ADSL-Dienste angeboten. Die Datenraten betragen zwischen 640 kbps – 6 Mbps Downstream und 272 kbps – 1 Mbps Upstream. 1999 sollen die ADSL Anschlüsse auf Sept-Iles, St. Georges, Gaspé und Matane erweitert werden.

In Saskatchewan bietet SaskTel in Weyburn, Regina, Saskatoon und Prince Albert ADSL mit Datenraten von 7,1 Mbps Downstream und 64 kbps Upstream an. Die monatlichen Gebühren betragen \$50 für einen zeitlich unbeschränkten Zugang. Die einmaligen Installationsgebühren betragen \$ 72, während über die Kosten des Modems keine Informationen vorliegen⁵⁵.

4.2.4 China

Die „Guangdong Post and Telecommunication (GPTA)“ bietet in der Provinz Guangdong als erster den End-to-End ADSL-Zugang für Teilnehmer an. Es handelt sich dabei um das größte kommerzielle Netzwerk für interaktive Multimediaanwendungen in China. Die GPTA plante zum Start des Projektes 50.000 ADSL Anschlüsse und neue Internet-Service Dienste für Unternehmen und Privatnutzer in der Region Guangdong. Ein weiteres ADSL-Projekt läuft in Shan-tou. Die Hong Kong Telecom geht sogar noch weiter und hat als einer der ersten Anbieter weltweit in Hong Kong ein VDSL-Projekt mit 51 Mbps Down und 1,5 Mbps Up eingerichtet. Weitere kleinere ADSL-Netzwerke werden von chinesischen Telekommunikationsanbietern in den Provinzen Fujian, Shanghai, Jiangsu und Heilongjinag betreiben.⁵⁶ Bis zum Jahr 2000 sind 250.000 realisierte Anschlüsse geplant.

4.2.5 Dänemark

⁵⁵ T. G. Arnold, A look at New Cable Modem and ADSL Technologies, www.seas.upenn.edu

⁵⁶ Alcatel's International Magazine, www.alcatel.com

Auf den seit Juli 1996 liberalisierten dänischen Telekommunikationsmarkt ist Tele Danmark der führende und am besten positionierte Anbieter. Das gesamte Netz mit ca. 3,2 Mio. Anschlüssen ist digitalisiert und nach eigenen Angaben eines der komplexesten Netze weltweit.

In den nächsten vier Jahren will Tele Danmark als erster Anbieter in Dänemark ADSL-Dienste anbieten. Die Datenraten betragen bidirektional 512 kbps. Ab 01. Juli 1999 können Kunden in Kopenhagen, Aarhus, Aalborg und auf der Halbinsel Odense die ersten Breitbanddienste nutzen.

Die Installation kostet 1650 DKR (212 Euro), die monatlichen Gebühren liegen bei 395 DKR (51 Euro). Das ADSL-Modem kostet 1995 DKR (257 Euro). Weitere Kosten werden pro Megabyte verrechnet. Die ersten 800 Megabit Datenvolumen sind gratis, egal ob empfangen oder gesendet. Danach kostet jedes Megabyte 25 öre (3 Cent). Die Telefongebühren betragen tagsüber pro Minute 29 öre (4 Cent) und abends, an den Wochenenden und an den Feiertagen 14,5 öre (2 Cent) pro Minute. Ein besonderes Internetangebot ermöglicht es, bei einer Grundgebühr von 149 DKR (20 Euro) pro Quartal, für 8 öre (1 Cent) pro Minute ins Internet zu gehen⁵⁷.

4.2.6 Finnland

Die Helsinki Telephone Co. bietet in Helsinki ADSL-Anschlüsse mit 2 Mbps Downstream und 9,6 kbps Upstream an. Bis zum Jahr 2000 sind im Großraum Helsinki 20.000 xDSL Kunden geplant. Außerdem bietet Clinet OY in Finnland ADSL-Anschlüsse an, hier gibt es aber über die Region und die Anzahl der Teilnehmer keine Aussagen. Die Datenraten betragen 2 – 6 Mbps Downstream und 750 kbps Upstream.

4.2.7 Frankreich

In der Bretagne, z. B. im Großraum Lannion, werden vereinzelt ADSL-Anschlüsse angeboten. Die Datenraten betragen bis zu 8 Mbps Downstream und 640 kbps Upstream. Außerdem laufen im Osten von Paris (in Noisy-le-Grand, Villiers-sur-Marne und in Gournay-sur-Marne) bis November 1999 Pilotversuche, bei denen ca. 500 Teilnehmer einen Internetzugang mit Datenraten von 2 – 8 Mbps Downstream und 150 – 640 kbps Upstream haben. Bei diesem Pilotprojekt kostet ein ADSL-Anschluß 279 FF (43 Euro⁵⁸) pro Monat zuzüglich der Telefonkosten.

⁵⁷ Wechselkurse bezogen auf den 27.04.1999, 1 Euro = 7,773 DKR

⁵⁸ Wechselkurse bezogen auf den 27.04.1999, 1 Euro = 6,559 FF

4.2.8 Holland

Die PTT Holland bietet zusammen mit dem Provider Surfnet einen ADSL-Anschluß im Raum Amsterdam an. Weitere Informationen liegen keine vor.

4.2.9 Italien

In Turin und in Mailand bietet die Telecom Italia seit 1997 ADSL mit Datenraten zwischen 640 kbps – 2,24 Mbps Downstream und 272 kbps – 1 Mbps Upstream in 15 Zentralen Vermittlungsstellen an. Diesem Pilotprojekt folgten im November 1998 weitere technische und kommerzielle Pilotprojekte in Rom, Mailand, Bologna, Brescia und Padua. Nach einer sechsmonatigen Testphase sollen die Projekte in diesen Regionen im Mai 1999 kontinuierlich ausgeweitet werden. Bis zum Jahr 2000 rechnet man damit, daß von den ca. 25,6 Mio. Telefonanschlüssen 1,5 Mio. ADSL-fähig sind.

4.2.10 Irland

Die Telecom Eirann betreibt derzeit Pilotprojekte mit HDSL die bidirektional 2 Mbps anbieten. Weitere Informationen liegen keine vor.

4.2.11 Japan

In Japan werden ADSL-Anschlüsse in Ina City und in Nagano testweise angeboten. Seit September 1997 sind Datenraten von 2,2 Mbps Downstream und 1 Mbps Upstream realisiert. Die Nippon Telegraph & Telephone (NTT) startet im Herbst 1999 damit, ADSL-Anschlüsse kommerziell anzubieten. Landesweit sollen die Dienste ab Herbst 2000 zur Verfügung stehen.

4.2.12 Korea

Die koreanische Telecom bietet in sechs Städten ADSL-Anschlüsse mit 4 Mbps Down- und 128 kbps Upstream an. Bis zum Jahr 2000 rechnet die Korea Telecom mit 3,5 Mio. kommerziellen ADSL-Anschlußmöglichkeiten innerhalb Koreas.

4.2.13 Norwegen

Die Telenor A/S hat im Januar 1996 ein ADSL-Pilotprojekt in Oslo gestartet. Weitere Informationen liegen keine vor.

4.2.14 Österreich

Die Telekom Österreich betreibt in Wien ein ADSL-Projekt mit Kabellängen bis zu 4 km bei einem Kabeldurchmesser von 4 mm und Datenraten bis zu 2 Mbps bidirektional. Da die ersten Ergebnisse sehr positiv waren, sollen weitere Projekte folgen.

4.2.15 Portugal

Die Telekom Portugal hat in Lissabon ein ADSL-Pilotprojekt gestartet, über das allerdings keine weiteren Informationen vorliegen. Weitere Ausbaupläne liegen ebenfalls keine vor.

4.2.16 Schweden

Das Telekommunikationsunternehmen Telia A/B begann im Rahmen von Pilotprojekten im Frühling 1997 mit dem Aufbau des ADSL-Netzwerks im Großraum Stockholm mit etwa 2.000 ADSL-Anschlüssen. In Zusammenarbeit mit Telia Flexicom, dem kommerziellen Provider von Telia, starteten weitere Projekte in Stockholm, Göteborg und Sundsvall.

Seit Mai 1998 bietet Telia kommerzielle ADSL-Dienste für Haushalte und Unternehmen im Großraum Stockholm an. Darüber hinaus wird ADSL bereits kommerziell in Firmen und verschiedenen Einrichtungen in Malmö, Örebro und Växjö eingesetzt. In Malmö z. B. sind städtische Einrichtungen und Schulen über ein auf ADSL basierendes LAN miteinander verbunden. Viele Städte folgen diesem Beispiel. Mittlerweile gibt es mehrere Tausend ADSL Zugänge in mehr als 50 Regionen in ganz Schweden. Bis 2004 soll ADSL flächendeckend bei

98 % der 13 Mio. Telefonanschlüsse in ganz Schweden einsetzbar sein.

Der ADSL-Anschluß beinhaltet fünf E-mail Adressen, fünf persönliche Webseiten mit max. 10 Mb pro Seite und die entsprechende Software. Die Kunden bezahlen einen monatlichen Festbetrag und eine Gebühr pro Megabyte. Zeitabhängige Gebühren werden keine berechnet. Detaillierte Informationen über die Kosten liegen keine vor.

4.2.17 Schweiz

Die Swisscom bietet in Grenchen – zwischen Basel und Bern – seit 1995 technische Pilotprojekte an. Die Datenraten betragen bis zu 2 Mbps Downstream und 9,6 kbps Upstream. Seit Februar 1998 läuft in Basel ein weiteres Pilotprojekt mit Namen „AMUSE (Advanced Multimedia Services for Residential Users)“, in dem Haushalten ein ADSL-Anschluß mit zahlreichen Multimediadiensten zur Verfügung gestellt wird. Bis Ende 1998 sollten in Zürich, Genf und in drei weiteren Städten ADSL-Anschlüsse zur Verfügung gestellt werden.

4.2.18 Singapur

In Singapur haben die Singapore Telecom (SingTel) als Telco und die Singapore Cable Vision (SCV) als Kabelnetzanbieter mit Pacific Internet und Cyberway als Provider eine einzigartige Firma Namens „1-Net“ ins Leben gerufen. Ziel war es, flächendeckend einen Breitbandzugang zum Internet zur Verfügung zu stellen. Ob dieser Zugang mit Hilfe des Kabel- oder Telefonnetzes realisiert wird, war in diesem Zusammenhang zweitrangig. Nach Aussagen von 1-Net soll der Breitbandzugang zum Internet Bestandteil des täglichen Lebens werden.

In diesem Zusammenhang kam die Kabelmodemtechnik nicht über die Pilotphase hinaus, während die Singapore Telecom unter dem Namen „SingNet“ in Zusammenarbeit mit 1-Net bereits flächendeckend ADSL-Anschlüsse anbietet. 90 % der ca. 1,4 Mio. Telefonanschlüsse sind bereits ADSL-fähig, damit übernimmt Singapur weltweit die Vorreiterrolle bezüglich ADSL. SingTel bietet ihren Kunden bereits zahlreiche Dienste, wie z. B. Video on Demand oder Telelearning, an. Ein ADSL-Modem kostet zusammen mit einer MPEG-Karte US \$400.

4.2.19 Spanien

Die Telefonica de Espagna bietet einigen hundert Teilnehmern in mehreren Regionen in und um Madrid und Barcelona seit Dezember 1997 ADSL-Anschlüsse mit Datenraten von 6 Mbps Downstream und 640 kbps Upstream an. Weitere ADSL-Pläne sind noch keine angekündigt.

4.2.20 Taiwan

Die „Chunghwa Telecom bietet in Taipei ADSL-Anschlüsse im Rahmen eines Pilotprojektes an. Mit Datenraten von 1,5 Mbps Downstream und 9,6 kbps Upstream werden Dienste wie z. B. Video on Demand angeboten.

4.2.21 Türkei

Die Turk Telekom, Türkei's nationales Telekommunikationsunternehmen, hat die Firma Alcatel im Oktober 1998 beauftragt, für US \$35 Mio. türkeiweit eine verlässliche Netzwerk-Infrastruktur für den Breitbandzugang zum Internet aufzubauen. Dieser Breitbandzugang soll mit über 140 Einwahlknoten per ADSL realisiert werden. Das sog. TNet Netzwerk wird auf einem ATM Backbone basieren.

4.2.22 United Kingdom

Britisch Telekom bietet ADSL-Anschlüsse Geschäftskunden in Colchester und Ipswich (im Westen von London) mit Datenraten von 2 Mbps Downstream und 256 kbps Upstream an. Weitere Projekte sollten bis Ende 1998 in East Anglia und Westminster mit interaktiven VOD-Diensten eingerichtet werden. Bis Juli 1999 sollen sich 2000 Haushalte und Unternehmen an den Projekten beteiligen. Im nächsten Schritt möchte die BT weiteren Providern die Möglichkeit eröffnen, sich an den ADSL-Aktivitäten zu beteiligen. Derzeit werden Gespräche über die Anforderungen geführt.

Weiterhin bietet die Kingston Communication-Hull, ein regionaler Anbieter, seit Oktober 1998 in Kingston-upon-Hull (an der Westküste der Insel östlich von Bradford) 1.500 Teilnehmern einen ADSL-Anschluß an.

4.3 ADSL-Pläne in Deutschland

4.3.1 Das Quasi-Monopol der Telekom

Trotz der Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes ist die Deutsche Telekom in Deutschland derzeit das einzige Unternehmen, das über eine flächendeckend ausgebaute Infrastruktur von Telefonanschlüssen verfügt. Private Telekommunikationsunternehmen können derzeit nicht viel unternehmen um ADSL-Anschlüsse anzubieten, die Deutsche Telekom ist also konkurrenzlos. Es gibt zwar derzeit Verhandlungen darüber, zu welchem Preis die Telekom ihre Anschlüsse zur Verfügung stellen muß, solange diese jedoch nicht abgeschlossen sind, und die Regulierungsbehörden klare und verbindliche Aussagen über Mietpreise machen, ist sie das einzige Unternehmen, das ADSL-Anschlüsse zur Verfügung stellen kann. Und selbst wenn die Regulierungsbehörden konkrete Preise zur Festlegung der Mieten vorgeben, kann die Telekom den ADSL-Einsatz über die vermietete Leitung mit einem Zusatzbetrag belasten. Durch den Einbau von Filtern und Managementsystemen, die z. B. aus sog. ONU's (optical network units) und aus sog. Konzentratoren bestehen, entstehen Kosten, deren Bestimmung durch die Regulierungsbehörde noch einige Zeit in Anspruch wird. Solange hat die Telekom ein Quasi-Monopol auf die ADSL-Technik.

Derzeit ist in Deutschland die einzige konkurrenzfähige Technologie zu ADSL die Kabelmodemtechnik. Da die Telekom aber auch Besitzer der Kabelnetze ist, verfügt sie über die nötigen Mittel, um ADSL einen großen Entwicklungsvorsprung in der Breitbandtechnologie zu gewähren. Der Verkauf der Kabelnetze steht zwar bevor, aber auch hier ist die Preisfrage noch ungeklärt. Bis dahin hat die Deutsche Telekom auch ein Quasi-Monopol auf Breitbandzugänge zum Internet.

4.3.2 Die ADSL-Ausbaupläne

Am 15. Juni 1998 startete das erste kommerzielle Pilotprojekt der Telekom in Haushalten und Unternehmen. In einigen ausgewählten Städten in Nordrhein Westfalen startete die Telekom zusammen mit dem Land Nordrhein-Westfalen ein kommerzielles Einführungsprojekt für breitbandige Dienste. 450 Privat- und Geschäftskunden in Düsseldorf, Köln, Bonn und Dortmund wurden im Rahmen des Pilotprojektes mit ADSL-Zugängen ausgestattet. Zusätzlich sind in Kooperation mit der Siemens AG sowie NEC ca. 100 Studenten der Universität Münster bzw. 50 Studenten und Mitarbeiter der RWTH Aachen in das Projekt eingebunden.

Bis Juli 1999 wird die Deutsche Telekom ADSL-Anschlüsse in den wichtigsten deutschen Ballungsräumen anbieten: Berlin, Bonn, Düsseldorf, Frankfurt a. M., Hamburg, Köln, München und Stuttgart. Zug um Zug werden in der zweiten Jahreshälfte 40 weitere Ortsnetze bedarfsgerecht ausgebaut. Es folgen Augsburg, Aachen, Bielefeld, Bochum, Bremen, Braunschweig, Chemnitz, Cottbus, Darmstadt, Dortmund, Dresden, Duisburg, Erfurt, Essen, Freiburg,

Hannover, Heilbronn, Karlsruhe, Kassel, Kiel, Krefeld, Magdeburg, Mainz, Mannheim, Münster, Nürnberg, Osnabrück, Potsdam, Saarbrücken, Schwerin, Ulm, Wiesbaden, Wuppertal und Zweibrücken. Bis Ende 1999 sollen insgesamt 100.000 Anschlüsse bereitgestellt werden.

Im ersten Schritt wird ADSL nur Geschäftskunden angeboten, die Datenraten betragen zwischen 1,5 – 6 Mbps Downstream und 160 – 576 kbps Upstream. Privatkunden können ADSL mit deutlich niedrigeren Datenraten ab dem dritten Quartal 1999 nutzen. Diese sind mit 768 kbps Downstream sehr gering im Vergleich zur Leistungsfähigkeit von ADSL. In der Anfangsphase ist die Nutzung von T-DSL an den Provider der Telekom „T-Online“, oder anderen Providern die mit der Telekom zusammenarbeiten gebunden.

Darüber hinaus ist ein T-DSL Anschluß nur in Verbindung mit einem entsprechenden ISDN Anschluß erhältlich. Das T-DSL / T-ISDN Anschlußpaket kostet monatlich 98 DM (50 Euro⁵⁹). Damit können alle ISDN-Features genutzt werden. Gleichzeitig steht eine breitbandige Zugangsmöglichkeit zum Internet zur Verfügung. Darauf aufsetzend kann man zwischen zwei Tarifvarianten entscheiden: T-Online Speed 50 und T-Online Speed 100.

- T-Online Speed 50 für monatlich 99 DM (51 Euro) mit 50 Freistunden. Jede weitere Minute kostet 6 Pfennig (3 Cent). Je Verbindung fällt ein Einwahlgeld von 6 Pfennig (3 Cent) an, weitere Telefonkosten fallen keine an.
- T-Online Speed 100 für monatlich 149 Mark (76 Euro) mit 100 Freistunden. Weitere Minuten und Einwahlgeld wie bei T-Online Speed 50.

Die Kosten für Modem und Splitter betragen ca. 250 Mark (128 Euro), wobei diese Kosten als unbefristete Mietgebühr zu verstehen sind. Inhaber der Geräte bleibt die Telekom. Eine splitterlose Variante wird nicht angeboten, obwohl die Telekom Mitglied im UAWG ist. Dieses Konsortium unterstützt die Einführung der splitterlosen ADSL-Lösung ADSL-G.lite, um eine schnellere Marktpenetration zu erreichen. Zwei Gründe sprechen allerdings in Deutschland gegen die Einführung von ADSL-G.lite. Der erste Grund ist der in den Kapiteln 2 und 3 angesprochene Qualitätsverlust. „Wenn man sich mit ADSL-Lite ein Video ansieht, und gleichzeitig einen Anruf entgegennimmt, dann bricht die Verbindung zunächst ab und läuft dann mit erheblich reduzierter Bandbreite langsam weiter. Erst nach dem Auflegen des Hörers schaukelt sich die Bandbreite allmählich wieder hoch“⁶⁰. Ein weiterer Grund der gegen die splitterlosen Lösung spricht, ist, daß das seit Jahren vermarktete ISDN sich nicht ohne weiteres mit ADSL verträgt, da sich die Frequenzbereiche der beiden Systeme bei manchen

⁵⁹ Wechselkurse bezogen auf den 01.05.1999, 1 Euro = 1,955 DM

⁶⁰ W. Seidel, Pressesprecher der Deutschen Telekom, www.zdnet.de/technik/artikel

Anwendungen überschneiden. Diese Überschneidung kann mit einem geeigneten Modem vermieden werden, da eine klare Trennung der Frequenzbereiche erfolgt.

Weitere Tarife mit höheren Datenraten unidirektional und bidirektional für Privatkunden und Geschäftskunden können unter www.telekom.de eingesehen werden. Die wichtigsten können folgender Tabelle entnommen werden.

Monatlicher Grundpreis	Einmalige Bereitstellungsgebühr	Datenraten	
		Downstream	Upstream
390 DM	500 DM	2 Mbps	192 kbps
680 DM	500 DM	4 Mbps	384 kbps
960 DM	500 DM	6 Mbps	640 kbps

Tabelle 6: Weitere ADSL Tarife der Deutschen Telekom

Bis zum Jahr 2002 will die Telekom in mehr als 70 Städten T-DSL zur Verfügung stellen. Bis 2003 soll T-DSL deutschlandweit flächendeckend in allen Ballungszentren angeboten werden. Insgesamt plant die Telekom eine 90-95 % ADSL-Abdeckung der derzeit 46,5 Mio. Telefonanschlüsse deutschlandweit.

4.4 ADSL-Pläne in den Vereinigten Staaten von Amerika

Nach einer kurzen Einführung und einigen einschränkenden Bemerkungen werden Ausbaupläne der sog. „Baby Bells“ in den USA dargestellt. Die Baby Bells entstanden 1984 durch die Auflösung des damals größten Telekommunikationsunternehmens AT&T in kleinere Telcos. Neben den Baby Bells gibt es zahlreiche kleinere, lokale Telcos, die hier aber nicht alle im Detail aufgelistet werden. Teilweise ergänzen sich ihre ADSL-Pläne, teilweise stehen sie in Konkurrenz zueinander.

4.4.1 Einschränkungen und Einführung

Die ADSL-Pläne in den USA in ihrer Gesamtheit zu erfassen, ist wesentlich schwerer als in allen anderen Ländern und vor allem als in Deutschland. Der Telekommunikationsmarkt ist wesentlich diversifizierter, es gibt sehr viele Telcos, einige davon sind nur regional aktiv. Um die ADSL-Pläne und vor allem auch die Kosten richtig zu erfassen, müssen einerseits Pläne und Kosten der Telcos ebenso wie die Pläne und Kosten der Provider erfaßt werden.

Hin und wieder ist nicht ganz klar, ob es sich bei dem betrachteten Unternehmen um einen Provider oder um eine Telco handelt. Selbst hier gibt es regional Unterschiede, ein Unternehmen, das in einer Region Provider und Telco repräsentiert, bietet in einer anderen Region nur einen Telco-Dienst an. Da der Teilnehmer in der Regel durch die Wahl eines Telefonanbieters auch nicht an einen bestimmten Provider gebunden ist, stellt sich die Telekommunikations- bzw. ADSL-Landschaft sehr komplex dar. Auf eine allzu detaillierte Untersuchung wurde hier verzichtet, da der Trend eindeutig ist: Der Ausbau der ADSL-Dienste bei fallenden Preisen ist auf allen regionalen Märkten klar zu erkennen. In den nächsten ein bis zwei Jahren wird die allgemeine Verfügbarkeit der xDSL-Breitbandtechnik erwartet⁶¹. Aufgrund der existierenden Kupferkabelstrukturen und der Beschränkungen durch zu große Distanzen rechnet man mit einer 60-70 %igen Erreichbarkeit der ca. 182 Mio. Telefonanschlüsse⁶².

⁶¹ Trends Magazine, Sprint Communications Company, www.sprint.com

⁶² Alcatel Customer Info, www.alcatel.com

4.4.2 Ameritech

Ameritech hat im Dezember 1997 mit kommerziellen ADSL-Projekten begonnen. Diesen Projekten sind erfolgreiche Pilotprojekte u.a. in Wheaton, Illinois vorangegangen. Unter dem Namen „Ameritech.net“ möchte das Unternehmen in den nächsten drei Jahren 70 % seiner Kunden die Möglichkeit eines Breitbandzugangs eröffnen. Dabei soll allen Kunden im Umkreis von drei Meilen um die Vermittlungsstellen ein entsprechender Breitbanddienst zur Verfügung gestellt werden. Als Dienste werden neben ADSL vereinzelt auch SDSL und RADSLS angeboten. Gestartet hat Ameritech in Ann Arbor, Michigan, Mitte 1998 folgten Royal Oak und Chicago. Daraufhin folgten Milwaukee, Columbus, Indianapolis, Grand Rapids, Troy und Kalamazoo, Michigan außerdem Detroit und Cleveland.

Als nächstes sollen folgende Städte folgen:

Im Staat Wisconsin			
Appleton	Fort Atkinson	Muskego	Stevens Point
Beloit	Fond du Lac	Manitowoc	Stoughton
Beaver Dam	Green Bay	Pleasant Prairie	Sheboygan
Brookfield	Hartford	Madison	Sussex
Burlington	Hubertus	Neenah	West Bend
Cedarburg	Janesville	Oshkosh	Watertown
Chippewa Falls	Kenosha	Oconomowoc	Washington
DePere	La Crosse	Port	Waukesha
Delevan	Lake Geneva	Parkside	
Eau Claire	Menomonee Falls	Racine	

Tabelle 7: ADSL-Ausbaupläne im Staat Wisconsin

Im Staat Illinois		
Arlington Heights	Hinsdale	Northbrook
Des Plaines	Hoffman Estates	Oak Brook
Downers	Loves Park	Park Ridge Roselle
Elk Grove Village	La Grange	Rockford
Elmhurst	Libertyville	Skokie
Grove	Lombard	Schaumburg
Glen Ellyn	Naperville	Waukegan
Gurnee		

Tabelle 8: ADSL-Ausbaupläne im Staat Illinois

Der Ameritech.net High Speed Internet Service kostet einmalig \$150 Installationsgebühr und monatlich \$59.95. Dieser Betrag ermöglicht einen dauerhaften Internetzugang ohne weitere variable Kosten. Das Modem bietet Ameritech für \$199 an. Ein weiteres Preismodell hat die gleichen Fixkosten, bietet den Anschluß aber für eine Grundgebühr von \$19.95 monatlich und \$8.95 für jeden angefangenen 10 Stundentakt. Die Datenraten betragen bis zu 1,5 Mbps Downstream und 128 kbps Upstream.

4.4.3 Bell Atlantic

Nach einem „Merger of Equals“ mit der GTE Corp. ist Bell Atlantic der national größte lokale Telefonanbieter. Zusammen haben die Unternehmen insgesamt 63 Mio. Anschlüsse in 38 Staaten. International sind sie in über 30 Staaten weltweit vertreten und sind damit der weltweit größte Anbieter von Telefonanschlüssen.

Bell Atlantic plant, bis Ende 1999 7 Mio Teilnehmern einen ADSL-Anschluß zur Verfügung zu stellen. Derzeit ist ein ADSL-Service in Philadelphia, Pittsburgh, Morris, Passaic, Bergen, Monmouth, Middlesex, Somerset, Washington D.C. und im Norden New Jerseys erhältlich. In den Stadtzentren in New York City und Boston sollen im Frühjahr 1999 ADSL-Anschlüsse eingerichtet werden. Im Sommer 1999 sollen Fairfield County, Fairfax County, Connecticut und Morris hinzukommen.

In Massachusetts bietet der Provider HarvardNet in Zusammenarbeit mit Bell Atlantic xDSL-Dienste in Maine, New Hampshire, Portland, Augusta, Bangor, Lewiston, Manchester, Portsmouth, Nashua und Concord an.

Die Preise bei Bell Atlantic hängen von den Datenraten ab, die zur Verfügung stehen, und können folgender Tabelle entnommen werden.

Datenraten	Monatliche Grundgebühr an Telco	Providerkosten, je nach Anbieter und Region
640 Kbps	\$39.95	\$10-30
1.6 Mbps	\$59.95	\$40-55
7.1 Mbps	\$109.95	\$75-80

Tabelle 9: Preise für einen ADSL-Dienst bei Bell Atlantic

Weiterhin fallen folgende, einmalige Installationskosten an:

- Verbindungsgebühr \$99.00
- DSL Modem \$325.00
- Installation \$99.00

4.4.4 Bell South

BellSouth hat im Oktober 1997 damit begonnen, ihren Kunden einen ADSL-Anschluß zur Verfügung zu stellen und bietet mittlerweile kommerzielle ADSL-Anschlüsse in Alachua, Atlanta, Birmingham, Charlotte, Ft. Lauderdale, Gainesville, Jacksonville, New Orleans und Raleigh an.

4.4.5 Cincinnati Bell

Cincinnati Bell möchte den ADSL-Service, der unter dem Namen „ZoomTown“ bekannt ist, bis zum Jahr 2000 etwa 85 % ihrer Kunden anbieten. Derzeit können etwa 50 % der Kunden einen ADSL-Anschluß beantragen.

Es sind drei unterschiedliche Varianten erhältlich:

Name	monatliche Grundgebühr	Datenraten	
		Upstream	Downstream
Base Speed	\$29.95	90 kbps	384 kbps
Turbo Speed	\$59.95	384 kbps	768 Kbps
Hyper Speed	\$159.95	768 kbps	1.5 Mbps

Tabelle 10: Varianten eines ADSL-Anschlusses bei Cincinnati Bell

Außerdem fallen variantenunabhängige Installationskosten von \$150 und Modemkosten von \$350 an.

4.4.6 Pacific Bell

Pacific Bell verfügt über 13,8 Mio. Geschäfts- und Privatkunden, mit einem Umfang von insgesamt 17,6 Mio. Telefonanschlüssen in ganz Kalifornien und ist ein Tochterunternehmen der SBC Communication. SBC verfügt in den Vereinigten Staaten über insgesamt 34 Mio. Anschlüsse

Pacific Bell hat im vierten Quartal 1997 die Einführung von ADSL in Kalifornien unter dem Namen „FasTrack“ angekündigt. Bis September 1998 soll im Einzugsbereich der unten angegebenen zentralen Vermittlungsstellen etwa 65 % aller Kunden eine ADSL-Anschlußmöglichkeit zur Verfügung gestellt werden. Die maximale Entfernung zur nächsten Vermittlungsstelle darf jedoch ca. 3 Meilen nicht überschreiten.

Alameda	Fremont	Milpitas	Santa Cruz
Anaheim	Fullerton	Mountain View	Santa Rosa
Albany	Garden Grove	National City	San Francisco
Alhambra	Glendale	Newport Beach	San Gabriel
Arcadia	Hayward	Northridge	San Jose
Berkeley	Hollywood	North Hollywood	San Mateo
Beverly Hills	Irvine	North Sacramento	San Ramon
Brentwood	Lafayette	Oakland	Santa Ana
Burbank	Laguna Hills	Palo Alto	Santa Clara
Burlingame	Larkspur	Pasadena	Sherman Oaks
Cangoga Park	La Crescenta	Pleasanton	Simi Valley
Colma	La Jolla	Petaluna	Sunnyvale
Comptom	La Mesa	Redwood City	San Francisco
Concord	Laguna Nigel	Reseda	Scotts Valley
Corona Del Mar	Livermore	Sacramento	Silicon Valley
Costa Mesa	Los Altos	San Bruno	Tustin
Culver City	Los Angeles	San Carlos	Van Nuys
Danville	Los Gatos	San Diego	Ventura
El Toro	Mill Valley	San Leandro	Walnut Creek
Escondido	Moraga	San Mateo	West Los Angeles
Fair Oaks	Morgan Hill	San Raphael	

Tabelle 11: Vermittlungsstellen von Pacific Bell, die einen xDSL-Service anbieten

Pacific Bell bietet ebenso wie andere Telcos mehrere Varianten an:

- Home Pack DSL
Das zeitunabhängige ADSL Angebot für Privathaushalte bietet Datenraten von 384 kbps Downstream und 128 kbps Upstream. Die Gesamtkosten betragen \$89 Dollar pro Monat. Davon sind \$59 für den ADSL-Anschluß seitens des Telcos und \$30 Dollar für den Pazific Bell Internet Service.
- Internet Access Pack DSL, Variante 1
Für \$199 bekommt das „Small Office Paket“ mit bidirektional 384 kbps, davon entfallen \$99 für den ADSL-Anschluß und \$100 für den Internet Service von Pacific Bell.
- Internet Access Pack DSL, Variante 2
Das „Small Business Paket“ ist für \$339 erhältlich. Es liefert 1,5 Mbps im Downstream und 384 kbps im Upstream, davon sind \$189 für den ADSL-Anschluß und \$150 Dollar für den Internet Service.
- Office Pack DSL
Dieses Paket genügt besonderen Remote Access Sicherheitskriterien. Für insgesamt \$189 erhält man Datenraten von 1,5 Mbps im Downstream und 384 kbps im Upstream. Eine weitere Variante bietet für \$99 bidirektional 384 kbps.

Bei allen Varianten kommt eine einmalige Installationsgebühr von \$125 und die Kosten für ein ADSL Modem hinzu.

Pacific Bell arbeitet auch mit externen Providern, wie z. B. ORCONET, die ebenfalls ADSL-Dienste anbieten, zusammen. Die Kosten von ORCONET beginnen bei \$98 für einen ein Jahresvertrag mit Datenraten von 384 kbps Downstream und 128 kbps Upstream. Dieses Paket beinhaltet neben den Internetzugangskosten auch alle Telefongebühren. Für Unternehmen die leistungsfähigere Zugänge benötigen, bietet ORCOBET auch Datenraten bis zu 1,5 Mbps Downstream und 384 Upstream. Darüber hinaus wurden Verträge mit insgesamt 22 Providern abgeschlossen, die es ihnen erlauben, als Repräsentant für Pacific Bell aufzutreten. Mit diesen Aktivitäten hat Pacific Bell bereits 4,4 Mio. Haushalten und 650 Unternehmen und Geschäftskunden einen ADSL-Anschluß zur Verfügung gestellt.

4.4.7 Southwestern Bell

Erste Pilotprojekte begannen bei Southwestern Bell Ende 1997. Derzeit ist ADSL in Houston und Austin, Texas erhältlich. In Zusammenarbeit mit verschiedenen Providern werden vier Varianten angeboten.

- Verio One, mit Datenraten zwischen 144 kbps und 200 kbps
- Verio SOHO mit 784 kbps Downstream und 200 kbps Upstream
- Verio Office mit 1,5 Mbps Downstream und 416 Kbps Upstream
- Verio Enterprise mit 1,5 Mbps Downstream und 1 Mbps Upstream

Weiterhin möchte Southwestern Bell in Zusammenarbeit mit ihrer Muttergesellschaft SBC Communications ADSL-Anschlüsse in den Staaten Missouri, Oklahoma, Arkansas und Kansas flächendeckend zur Verfügung stellen.

4.4.8 Sprint

Der erste kommerzielle Start von xDSL-Diensten der Sprint Corporation ist im Mai 1999 in Charlottesville, VA, geplant. Weitere ADSL-Anschlüsse sind im zweiten Halbjahr 1999 in Las Vegas, Kansas City, MO und Orlando, FL geplant. In den nächsten drei Jahren plant die Sprint Corporation, mehr als einem Drittel ihrer 7,6 Mio. Kunden einen ADSL-Anschluß zu ermöglichen. Zuerst soll der ADSL-Dienst Mitte 1999 flächendeckend für Geschäftskunden eingerichtet werden. Ende 1999 sollen diese Aktivitäten dann auf Privatkunden erweitert werden. Die Sprint Corporation rechnet mit einer 70 %igen ADSL-Anschlußfähigkeit in den Gebieten, in denen ein ADSL-Ausbau stattfinden wird.

4.4.9 US West

US West bietet in Kooperation Avalon Networks einen ADSL-Service in Iowa an. In einem Radius von ca. 3 Meilen um die Zentralstellen können Kunden einen Anschluß mit bis zu 7 Mbps Downstream und bis zu 768 kbps Upstream beantragen. Weiterhin bietet US West ADSL in den Staaten Colorado, Idaho, Arizona, Minnesota, Utah, Nebraska und North Dakota an. Bis Mitte 1998 soll ADSL in vierzig Städten für 5 Millionen Kunden zur Verfügung gestellt werden. Außerdem laufen bereits erste VDSL-Projekte in Phoenix.

Die monatlichen Gebühren betragen, je nach Variante, zwischen \$70 für den klassischen Haushaltsanschluß und \$400 für Unternehmen. Die Installationskosten sind variantenabhängig und liegen zwischen \$750 und \$1350 pro Anschluß. Bei den Installationskosten, als auch bei den Gebühren, sind die Kosten für Telco und Provider enthalten.

4.4.10 Weitere ADSL Pläne kleinerer, lokaler Anbieter

Neben den bereits genannten großen Telcos gibt es zahlreiche kleinere Telcos, die ebenfalls xDSL-Dienste anbieten. Folgende Tabelle soll einen kurzen Überblick über weitere ADSL-Dienste geben. Dabei ergänzen sich die Dienste teilweise, teilweise stehen sie in Konkurrenz zueinander.

Unternehmen	Gebiete	Datenraten	
		Upstream	Downstream
Alltel Corp.	Dalton, Georgia und Hudson in Ohio und Harrison, Arkansas	64 kbps	1,5 Mbps
All West Comm.	Kamas, Utah	64 kbps	1.5 Mbps
CommTel	Winthrop, Maine	1 Mbps	7 Mbps
Covad Communication Inc.	San Francisco, Silicon Valley, Los Angeles, Seattle, Boston, Washington DC und Philadelphia	192 kbps-1,1 Mbps	1,1-1,5 Mbps
Dakota Services Ltd.	Milwaukee und Chicago	Bis 1 Mbps	Bis 2 Mbps
Elkhart Telephone Comp.	Elkhart, Kansas	Bis 1 Mbps	Bis 2 Mbps
GTE Communications Corp.	Südkalifornien; Irving und Dallas, Texas; Redmond und Kirkland, Wash. Durham, North Carolina; W.Layfayette, Indiana	256 kbps-6 Mbps	0,6-1 Mbps
Harrisonville Telephone Co.	Waterloo, Illinois	72 kbps	1.5 Mbps
Hart Telephone Comp.	Hartwell, Georgia	Keine Angaben	

ICG Communications, Inc.	Colorado, Kalifornien, Ohio Valley	Keine Angaben	
Interstate Telephone Co.	West Point, Georgia	Bis 1 Mbps	Bis 7 Mbps
LEACO Rural Telephone Cooperative	New Mexico	Keine Angaben	
Loretto Telephone Comp.	Tennessee	1 Mbps	2,5 Mbps
New Hope Telephone Cooperative	New Hope, Owens Cross Roads und Grant, Alabama	270 kbps	680 kbps
Supra Telecom. & Information Systems	Florida	Keine Angaben	
Valley Telephone Cooperative	San Antonio und Rio Grande, Texas	700 kbps	700 kbps
Vitts	New Hampshire		Bis 6 Mbps

Tabelle 12: ADSL-Pläne weiterer Anbieter

5 Entwicklung der Penetrationsraten

Im folgenden Kapitel werden Prognosen über die xDSL-Penetrationsraten hergeleitet. Dazu werden nach einer allgemeinen Einführung (vgl. Kapitel 5.1) die Prognosen verschiedener Marktforschungsunternehmen (vgl. Kapitel 5.2) dargestellt. Auf einen Vergleich und eine weitere Analyse dieser Pläne wird jedoch verzichtet, da die internen Prognosemethoden unbekannt sind. Im Anschluß daran wird die Entwicklung eines sog. Diffusionsmodells für technische Innovationen angedeutet (vgl. Kapitel 5.3). Mit Hilfe dieses Modells wird die klassische Entwicklung der Marktpenetration und Marktdurchdringung dargestellt. Anschließend wird für Deutschland und die USA eine subjektive Schätzung der Marktpenetration erstellt (vgl. Kapitel 5.4). Diese orientiert sich weitestgehend an der Entwicklung von ISDN und an dem schematischen Verlauf des Diffusionsmodells.

5.1 Einführung

„The only constant in today’s global industry is change.“⁶³ Getreu diesem Motto ist auch die Telekommunikationsindustrie ständig im Umbruch. Aufgrund des technischen Fortschritts werden die Datenübertragungsnetze fortwährend umgebaut, erweitert und durch Innovationen effektiver und effizienter gemacht. Durch diesen ständigen Umbruch sind die Unternehmen gezwungen, fortwährend neue Produkte auf den Markt zu bringen. ADSL ist eine solche Innovation, d. h. daß ADSL ebenso wie andere Technologien durch ein Penetrationsmodell bzw. Diffusionsmodell darstellbar ist. Da ein solches Diffusionsmodell ex ante sehr schwierig zu ermitteln ist, wird aus der ISDN-Entwicklung und dem üblichen Verlauf eines sog. logistischen Modells auf die ADSL-Penetrationsraten geschlossen. Das logistische Modell beschreibt den Verlauf eines Diffusionsprozesses bei technischen Innovationen.

Unabhängig von quantitativen Aussagen steht qualitativ fest, daß der aufstrebende xDSL-Markt immer mehr an Bedeutung gewinnt. Bei weltweit 700 Mio. Telefonleitungen zum Endkunden, die aus Kupfer bestehen, entwickelt sich mit der xDSL Technologie ein sehr interessantes Marktsegment⁶⁴. Bei der Betrachtung der quantitativen Ausbreitung spielt der Preis für einen entsprechenden Anschluß eine sehr wichtige Rolle. Eine Studie in den USA hat ergeben, daß der Kunde im Massenmarkt bereit ist, ca. \$ 40 für einen xDSL-Anschluß zu bezahlen⁶⁵. Aus diesem Grund wird auch eine subjektive Einschätzung über die preisliche Entwicklung von ADSL dargestellt.

5.2 Prognosen verschiedener Marktforschungsunternehmen

Die ersten kommerziellen ADSL-Dienste waren 1998 erhältlich. Die Penetrationsprognosen verschiedener Marktforschungsunternehmen (im folgenden auch Mafo genannt) gehen seither stark auseinander. Im folgenden Abschnitt werden diese teilweise sehr unterschiedlichen Penetrationsprognosen dargestellt. Da die kommerziellen Studien sehr teuer sind, beruhen die folgenden Aussagen im wesentlichen aus Zusammenfassungen von Vorabveröffentlichungen im Internet oder aus Zeitschriftenartikeln. Ungeachtet quantitativer Ungenauigkeiten geht der Trend eindeutig in Richtung flächendeckender Breitbandzugang zum Internet, sofern dies wirtschaftlich tragbar ist. Dies wird auch durch die in Kapitel 4 beschriebenen Aubaupläne belegt.

⁶³ ADSL: Prospects and Possibilities, www.adsl.com

⁶⁴ Alcatel Customer Info, www.alcatel.com

⁶⁵ The DSL Source Book, Paradyne Corporation, erhältlich unter www.paradyne.com

5.2.1 Prognosen für den europäischen Raum

Datamonitor geht in einer Schätzung vom 11. April 1998 davon aus, daß bis zum Jahr 2002 etwa 5,5 Mio. Haushalte über einen ADSL-Anschluß verfügen. Das Mafo Ovum rechnet bis zum Jahr 2005 in Europa mit einer Marktpenetration von 19,1 Mio. Kabelmodems und sieht im Gegensatz zu anderen Mafos eine Überlegenheit der Kabelmodemtechnik gegenüber ADSL.

5.2.2 Prognosen für die Vereinigten Staaten

Nach Aussagen von der Unternehmensberatung TeleChoise, eine der führenden Beratungen bzgl. ADSL, wird der ADSL-Markt in Nordamerika bis Ende 1999 465.000 installierte Zugänge umfassen. Bis zum Jahr 2001 rechnet man mit über einer Millionen installierten Zugänge⁶⁶. Ein Konsortium aus Ameritech, BellSouth, Pacific Bell und SBC Communications erwartet ebenfalls bis zum Jahr 2001 mehr als eine Millionen ADSL-Kunden⁶⁷.

Das Mafo Forrester teilt nicht die allgemeine xDSL-Euphorie und rechnet nicht damit, daß der ADSL-Markt bis 2001 auf mehr als \$350 Mio. Volumen ansteigt. Bei einem kumulierten Investitionsvolumen von ca. \$1800⁶⁸ pro Anschluß entspricht das knapp 200.000 installierten Anschlüssen. Etwas optimistischer sieht die „Communication Industry Researchers“ die ADSL Entwicklung und erwartet bis 2001 im Business-Bereich die Installation von 311.000 Anschlüssen. Bis 2006 werden 878.000 Anschlüsse erwartet. Die International Data Corp. hingegen sieht die Entwicklung sehr positiv und rechnet bis 2001 mit 2,5 Mio. ADSL-Anschlüssen.

Die Gartner Group rechnet damit, daß bis zum Jahr 2002 10 % der Remote Access Zugänge mit xDSL realisiert werden. Da jedoch keine Aussage über die Anzahl der Remote Access Zugänge vorliegt, ist diese Prognose nicht genauer zu determinieren. Das Mafo „Jupiter Communication“ erwartet, daß bis 2002 nur 20 % aller Haushalte den Internetzugang mit einer Breitbandtechnik realisieren. Das entspricht ca. 11,2 Mio. Breitbandanschlüssen gegenüber 45,5 Mio. herkömmlichen Modembenutzern. Da hier aber keine detaillierte Unterscheidung zwischen den alternativen Breitbandtechnologien gemacht wird, ist diese Aussage für die ADSL-Entwicklung nicht

⁶⁶ Alcatel Customer Info, www.alcatel.com

⁶⁷ Alcatel news vom 07.10.1996, www.alcatel.com

⁶⁸ Arthur D. Little, Management von Innovation und Wachstum, S.123

aussagekräftig. Bei einem vorsichtig prognostizierten ADSL-Marktanteil von ca. 30 % entspricht dies immerhin ca. 3,36 Mio. ADSL-Anschlüssen.

5.2.3 Weltweite Prognosen

Analysten des Marktforschungsunternehmens In-Stat rechnen für 1999 mit über 5 Mio. ADSL-Modems, im Jahr 2000 sollen es bereits 12 Mio. und 2001 fast 20 Mio. sein. Für die Siemens AG, einem der führenden xDSL-Chiphersteller, sieht das Wachstum des ADSL-Marktes ebenfalls sehr vielversprechend aus. Man schätzt den Weltmarkt für die xDSL-Technologie bis 2001 mit ca. \$5 Bil. ein⁶⁹. Nach Meinung von Marc Cetto, European Director Broadband Access Group, werden 1999 3.6 Mio., 2000 5.6 Mio. und 2001 12 Mio. Anschlüsse realisiert sein.

Das Mafo „Ovum“ rechnet damit, daß sich die Gesamtzahl der ADSL-Anschlüsse von weltweit 69.000 in 1997 auf 19 Mio. in 2003 erhöht. Weiterhin hat das Mafo Dataquest in einer 1997 herausgegebenen Studie für 1998 510.000 xDSL-Anschlüsse prognostiziert und 5,8 Mio. für 1999. Sanford C. Bernstein & Co veröffentlichte kürzlich eine Prognose im Wallstreet Journal in der sie bis zum Jahr 2003 damit rechnen, daß 22 Mio. Haushalte einen Breitbandinternetzugang haben werden.

Die „Communication Industry Researchers“ erwartet weltweit bis 2001 im Business-Bereich die Installation von 711.700 Anschlüssen. Bis 2006 werden 5.152.200 Anschlüsse erwartet. Von diesen ca. 5 Mio. Anschlüssen werden 73 % im asiatisch-pazifischen Raum erwartet, 17 % in den USA und 7 % in Europa. Die übrigen 3 % verteilen sich auf den Rest der Welt. Forward Concepts sieht ebenfalls mit ca. 50 % Marktanteil den größten xDSL-Markt in Asien.

5.3 Entwicklung eines Diffusionsmodells für technische Innovationen

Im folgenden Abschnitt wird der Begriff der technischen Innovation auf Innovationen im Telekommunikationsbereich eingegrenzt, die für potentielle Kunden neu sind, und neue Möglichkeiten bieten. ADSL bzw. xDSL ist eine solche Innovation, kann also derart kategorisiert werden. Aber nicht nur xDSL, sondern auch andere Breitbandtechnologien sind solche Innovationen. Die Konkurrenz zwischen diesen Technologien wurde bereits in Kapitel 3 erörtert und wird im Rahmen dieser Betrachtung außer acht gelassen.

⁶⁹ Siemens AG, www.siemens.com

Die Entwicklung und Anwendung technischer Innovationen sind die Hauptbestandteile eines Innovationsprozesses. Dieser läßt sich in die Phasen Invention, Innovation und Diffusion gliedern⁷⁰. Die Inventionsphase wird definiert als „process of bringing new technology into being“⁷¹. Das Ergebnis des Inventionsprozesses ist ein funktionsfähiger Prototyp, die Invention. Die Innovationsphase dient der Weiterentwicklung und Modifizierung der Invention zu einem wirtschaftlich nutzbaren Prototyp. Dementsprechend wird sie definiert als „process of bringing invention into use“. Die Diffusionsphase beinhaltet den Prozeß der Ausbreitung der Innovation unter den potentiellen Kunden.

Übertragen auf ADSL fand der Inventionsprozeß bereits Anfang der neunziger Jahre statt. Die eigentliche Innovation entwickelte sich allerdings erst in den letzten ein bis zwei Jahren. Ergebnisse dieses Innovationsprozesses sind wirtschaftlich nutzbare Technologien, wie z. B. ADSL und HDSL2. Zum Vergleich: Die in Kapitel 2.3 angesprochene VDSL-Technologie befindet sich derzeit im Inventionsprozeß.

Im folgenden wird ein Diffusionsmodell angedeutet, das bereits in der Anfangsphase des Diffusionsprozesses Aussagen über den mittel- und langfristigen Verlauf der Marktpenetration darstellen soll. Dieses Modell wird jedoch nur kurz angedeutet und nicht weiter verwendet, da keine verlässlichen Zahlen existieren, mit denen dieses Modell evaluiert werden kann. Des weiteren müßten für eine aussagekräftige Prognose weitere Parameter und Modellvarianten erörtert werden. Auf eine Erörterung wird hier jedoch verzichtet, da sie über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen würde.

Die sog. Adoptionsrate entspricht der Änderung des Bestandes bezogen auf ein Zeitintervall und damit der Geschwindigkeit, mit der sich die Innovation ausbreitet. Als Sättigungsmenge S von xDSL-Anschlüssen kann die Anzahl aller Telefonanschlüsse in den jeweiligen Ländern angesehen werden, ggf. ist ein entsprechender Abschlag für nicht xDSL-fähige Anschlüsse einzukalkulieren. $N(t)$ entspricht der Anzahl der bereits realisierten xDSL-Anschlüsse zum Zeitpunkt t . Mit der Zunahme der xDSL-Anschlüsse nimmt das nicht ausgeschöpfte Einsatzpotential $(S - N(t))$ und damit der „Grad der Neuheit“ dieser Innovation ab⁷². Je kleiner die Differenz zwischen Anzahl der eingesetzten xDSL-Anschlüsse und der Sättigungsmenge ist, um so mehr verliert xDSL den Innovationscharakter.

Auf den Diffusionsprozeß wirken sowohl exogene als auch endogene Einflußfaktoren ein. Exogene Einflußfaktoren wirken von außen auf den Diffusionsprozeß ein, und bilden somit die

⁷⁰ L. Uhlmann, Innovation in der Industrie, IFO-Institut für Wirtschaftsforschung, München 1974, S.135

⁷¹ D.A. Schon, Technologie and change, Oxford 1967, S.1

⁷² H. Bonus, Die Ausbreitung des Fernsehens, Meisenheim am Glan 1968, S.5

Rahmenbedingungen. Diese Rahmenbedingungen wie z. B. der Preis ändern sich als Folge des Diffusionsprozesses im Zeitverlauf. Daraus folgt, daß zum Beginn der Diffusionsphase der Entwicklungsprozeß nicht abgeschlossen ist. Erfahrungen bei der Anwendung bilden die Grundlage für Weiterentwicklungen und Degressionseffekte, wie z. B. Kostensenkungen. Diese wiederum fördern die Diffusion⁷³. Endogene Einflußfaktoren gehen aus dem Diffusionsprozeß hervor und treiben ihn unabhängig von äußeren Einflüssen voran. Dieser Effekt wird als „innere Dynamik“ bezeichnet⁷⁴. Ein klassisches Beispiel ist das unterschiedliche Maß an Innovationsbereitschaft bei potentiellen Kunden. Mit zunehmender Diffusion geraten diejenigen, die keinen xDSL-Anschluß haben immer weiter in eine Außenseiterposition. Getrieben von diesem endogenen Faktor und den bereits vorliegenden Erfahrungen werden auch weniger innovationsbereite Kunden einen xDSL-Anschluß beantragen. Im kommerziellen Anwenderkreis kann mangelnde Innovationsbereitschaft sogar zu einer Gefährdung der Konkurrenzfähigkeit führen. Aus diesem Grund bilden überwiegend die kommerziellen Anwender in der Anfangsphase den potentiellen Kundenstamm.

In der Literatur gibt es zahlreiche theoretische Modelle und verschiedene Varianten zur Abbildung von Diffusionsprozessen. Bei technischen Innovationen hat sich das sog. logistische Modell vielfach bewährt⁷⁵ und wird im folgenden kurz dargestellt. Beim logistischen Modell ist der Verlauf der Diffusion S-förmig. Zu Beginn der Diffusion wächst die Kurve exponentiell an und nähert sich dann nach einem Wendepunkt asymptotisch der Sättigungsmenge.

Der Diffusionsprozeß läßt sich formal durch die Funktion $N(t)$ darstellen, die den Zusammenhang zwischen der Zeit t und dem Bestand $N(t)$ darstellt. Die erste Ableitung dieser Funktion ergibt die sog. Adoptionsrate $A(t)$. Weiterhin steht die Adoptionsrate zum Zeitpunkt t in proportionaler Beziehung zum existierenden Bestand $N(t)$ und zum verbleibenden Übernahmepotential $(S - N(t))$. Das Produkt aus Bestand und Übernahmepotential wird mit dem Proportionalitätsfaktor q multipliziert. Damit ist die Adoptionsrate des logistischen Modells wie folgt definiert:

$$A(t) = \frac{dN(t)}{dt} = q N(t) (S - N(t)) \quad (1)$$

Die Auflösung der Differentialgleichung ergibt folgende logistische Funktion⁷⁶

⁷³ D. Sahal, A theory of evolution of technology, International Journal of Science, Vol. 10, No. 3, 1979, S. 259

⁷⁴ H. Bonus, Die Ausbreitung des Fernsehens, Meisenheim am Glan 1968, S.10

⁷⁵ H. Bonus, Die Ausbreitung des Fernsehens, Meisenheim am Glan 1968, S.62

⁷⁶ R. Lewandowski, Prognose- und Informationssysteme und ihre Anwendungen, New York 1974, S.265

$$N(t) = \frac{S}{1 + e^{-a-bt}} \quad \text{wobei} \quad a = \ln\left(\frac{S}{N_0} - 1\right), \quad b = qS \quad \text{und} \quad N_0 > 0 \quad (N_0 = \text{Anfangsbestand}) \quad (2)$$

Beim Ersatz von q durch b/S kann die Adoptionsrate wie folgt umformuliert werden:

$$A(t) = b N(t) \left(1 - \frac{N(t)}{S}\right) \quad (3)$$

In der folgenden Abbildung wird der S-förmige Verlauf der logistischen Funktion dargestellt. Am Zeitpunkt $t_w = a/b$ befindet sich der Wendepunkt. An diesem Punkt ist die Hälfte der Sättigungsmenge ausgeschöpft und die Adoptionsrate erreicht das Maximum. Die Adoptionsrate verläuft glockenförmig.

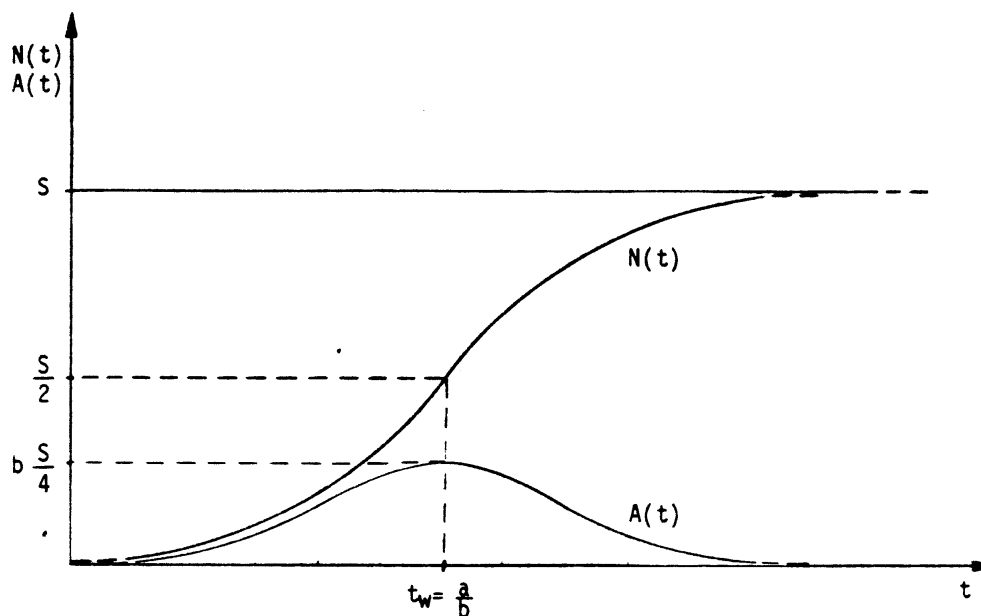


Abbildung 18: Logistisches Diffusionsmodell

5.4 Prognose der Marktpenetration in Deutschland und USA

5.4.1 Deutschland

In Deutschland hat die Telekom bis auf weiteres ein Quasi-Monopol auf die ADSL-Ausbaupläne, deshalb basieren die folgenden Prognosen auf den Ausbauplänen der Telekom. Es gibt zwar Ansätze von anderen Unternehmen, wie NetCologne, o.tel.o und Mannesmann Arcor, ADSL-Anschlüsse anzubieten, diese werden jedoch auf gemieteten Netzen der Telekom

realisiert. Da die Verhandlungen über die Mieten für die Anschlüsse aber noch nicht abgeschlossen sind, und das regulatorische Umfeld noch unklar ist (vgl. Kapitel 4.3.1), sind die Ansätze nicht sehr konkret und auch nur auf wenige Ballungszentren beschränkt. Obwohl Deutschland europaweit führend in der ADSL-Technologie ist⁷⁷, beschränken sich alle Ausbaupläne derzeit nur auf Ballungszentren. Wie in Kapitel 3.3 bereits erläutert, könnte die ISDN-Technik als Ergänzung in ländlichen Gebieten eingesetzt werden.

Da es sich bei ADSL um eine technische Innovation handelt und keine verlässlichen Absatzzahlen vorliegen, wird das Marktvolumen subjektiv abgeschätzt. Eine mathematische Anwendung des Diffusionsmodells aus Kapitel 5.2 wird nicht durchgeführt, der schematische Verlauf des logistischen Modell aber berücksichtigt.

Der potentielle Kundenkreis für ADSL umfaßt grundsätzlich zwei Segmente. Zum einen kleine und mittlere Unternehmen, die kein eigenes Netzwerk haben, und zum anderen die klassischen Privathaushalte. Da mangelnde Innovationsbereitschaft im kommerziellen Anwenderkreis sogar zu einer Gefährdung der Konkurrenzfähigkeit führen kann, ist anzunehmen, daß dieser Anwenderkreis in der Einführungsphase den größten Kundenstamm darstellen wird. Nach einer erfolgreichen Etablierung und einer damit verbundenen Preissenkung kommen in der nächsten Phase auch Privatpersonen als potentielle Kunden in Frage.

In Deutschland gibt es derzeit insgesamt ca. 46,5 Mio. Telefonanschlüsse; bei der Einwohnerzahl von 82 Mio. bedeutet das eine Penetrationsrate von 56,7 %. In der folgenden Tabelle werden nochmals die Städte aufgelistet, in denen die Telekom bis Ende 1999 einen ADSL-Anschluß anbieten möchten (vgl. Kapitel 4.3.2). Zusätzlich ist die Anzahl der Teilnehmeranschlüsse in diesen Städten angegeben⁷⁸.

Stadt	Teilnehmer-Anschlüsse	Stadt	Teilnehmer-Anschlüsse
Aachen	129.457	Karlsruhe	148.508
Augsburg	141.485	Kassel	104.609
Berlin	1.623.616	Kiel	140.472
Bielefeld	165.594	Köln,	498.886
Bochum	193.854	Krefeld	114.414
Bonn	166.867	Magdeburg	90.755
Braunschweig	136.645	Mainz	100.464
Bremen	287.263	Mannheim	150.415

⁷⁷ Markt und Technik, Ausgabe 03/99, S.18

⁷⁸ D-Info 1997, CD-Rom über Telefon- und Faxeauskunft Deutschland

Chemnitz	136.645	München	773.044
Cottbus	50.748	Münster	152.793
Darmstadt	78.912	Nürnberg	261.143
Dortmund	292.617	Osnabrück	83.431
Dresden	193.603	Potsdam	57.344
Duisburg	227.824	Saarbrücken	99.510
Düsseldorf	335.480	Schwerin	44.226
Erfurt	78.200	Stuttgart	282.167
Essen	309.497	Ulm	58.167
Frankfurt a. M.	350.838	Wiesbaden	133.309
Freiburg	107.733	Wuppertal	189.628
Hannover	275.542	Zweibrücken	17.040
Hamburg	905.337		
Heilbronn	57.875		
Insgesamt	6.245.632	Insgesamt	3.500.325

Tabelle 13: Anzahl der Teilnehmeranschlüsse in den Städten, in denen ADSL angeboten werden soll

Daraus ergibt sich eine Gesamtzahl von ca. 9,7 Mio. Anschlüssen, die bis Ende 1999 ADSL-fähig sein sollen. Bis zum Jahr 2003 sollen weitere 30 Städte hinzukommen, über die jedoch noch keine Informationen vorliegen. Es ist davon auszugehen, daß langfristig weniger als 10 % der Anschlüsse nicht im ADSL Einzugsgebiet von ca. 6 km um die jeweiligen Vermittlungsstellen liegen werden. Nach Aussagen der Deutschen Telekom soll ADSL in ca. 5 Jahren flächendeckend zur Verfügung stehen.

Wie bereits erwähnt, ist ADSL in den ersten drei Jahren aufgrund des hohen Preises überwiegend für kleine und mittlere Unternehmen. Bis auf fünf Jahre ist abzusehen, daß sich der Preis von ADSL, durch aufkommende Konkurrenz und zunehmendem Preiskampf, soweit gesenkt hat, daß ADSL auch für Privatkunden interessant sein wird. Aus diesem Grund stellt sich das Kundenpotential in den ersten drei Jahren überwiegend durch kommerzielle Nutzer dar, in fünf Jahren grundsätzlich durch jeden ADSL-fähigen Teilnehmeranschluß. Im statistischen Jahrbuch von 1998 findet sich die aktuellste Zählung von Unternehmen und Beschäftigten nach Größenklassen. Diese ist auf den 25. Mai 1987 datiert und zählt 2.094.000 Unternehmen mit weniger als 500 Beschäftigten. Diese Zahl dürfte heute weitaus höher liegen, da im Zuge zunehmender EDV in den letzten Jahren sehr viele kleine Unternehmen im EDV-Bereich entstanden sind. Genaue Zahlen liegen aber keine vor.

Nach allgemein herrschender Meinung ist bei ADSL eine ähnliche Entwicklung zu erwarten wie bei den ISDN-Basisanschlüssen. Forcierend auf ADSL wirkt sich sicherlich die allgemeine

Entwicklung des Internets aus, die bei der Einführung von ISDN nicht erkennbar war. Bremsend auf ADSL wirkt sich der Einführungspreis der Telekom aus. Mit ca. 200 DM ist ADSL weitaus teurer als ein ISDN-Basisanschluß (74 DM) bei der Einführung 1989. Unter der Annahme, daß sich der bremsende und forcierende Effekt nahezu ausgleichen, ist die Entwicklung nach der Einführung von ISDN zeitlich verschoben prinzipiell auf ADSL übertragbar. Bevor hier jedoch auf die Absatzzahlen eingegangen wird, wird zuerst die Preisentwicklung untersucht.

Quantitative Aussagen über Preissenkungen bei ADSL sind nur spekulativer Natur. Derzeit kostet ein ADSL-Anschluß zwischen 197 – 247 DM. Des weiteren fallen 250 DM für das Modem an. Aufgrund der üblichen Preiskurve in der Chipfertigung ist jedoch anzunehmen, daß die Kosten für ein DSL-Modem in den nächsten Jahren stark sinken werden. Vergleicht man sie mit den heutigen Preisen für 56k-Modems, dürfte ein Preis zwischen 100 – 150 DM realistisch sein. Durch den zunehmenden Konkurrenzdruck ist weiterhin anzunehmen, daß die monatliche Grundgebühr ebenfalls sinken wird. Da dies aber noch einige Zeit in Anspruch nehmen wird (vgl. Kapitel 4.3.1), wird sich der Preis für ADSL nur langsam senken. Die Investitionskosten für einen ADSL-Anschluß liegen etwa 80 % über denen für einen ISDN-Anschluß⁷⁹, deshalb ist nicht anzunehmen, daß ein ADSL-Anschluß für den Preis eines ISDN-Anschlusses realisierbar sein wird. Unter der Annahme, daß man von den Investitionskosten auf den Angebotspreis schließen kann, ergibt sich somit ein Preis von ca. 90 DM. In einer Umfrage der Yankee Group haben die meisten von 1900 amerikanischen Haushalten erklärt, daß sie für einen Preis von ca. \$ 40 einen ADSL-Anschluß beantragen würden, dies entspricht etwa 70 DM. Der aggressive Preiskampf auf dem Telekommunikationsmarkt läßt jedoch vermuten, daß bei einer entsprechenden Liberalisierung des ADSL-Marktes auch hier weitere Kostensenkungen zu erwarten sind. Aus diesem Grund ist ein Preisniveau von 60 – 80 DM für die monatliche Grundgebühr eines ADSL-Anschlusses in den nächsten 3-5 Jahren realistisch.

⁷⁹ Arthur D. Little, Management von Innovation und Wachstum, S.123

In der folgenden Tabelle ist die Entwicklung der Anzahl der Telefonanschlüsse und der ISDN-Kanäle seit der Einführung 1989 dargestellt. Die ISDN-Kanäle sind dabei nochmals unterteilt in Basis- und Primärmultiplexanschlüsse⁸⁰.

Jahr	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Telefonanschlüsse (in Mio.)	28,8	32,0	33,7	35,6	37,5	39,9	42,0	44,2	45,2	46,5
ISDN-Kanäle (in Tsd.) davon,	15	84	161	402	843	1669	2743	5203	7341	10094
- ISDN Basisanschlüsse (in Tsd.)	5	15	41	98	217	461	846	1918	2831	3997
- ISDN-Primärmultiplexanschlüsse (in Tsd.)	k.A.	2	3	7	14	25	35	46	56	70

Tabelle 14: Entwicklung der Telefon- und ISDN-Anschlüsse in Deutschland seit 1989

Da erwartet wird, daß die ADSL-Marktdurchdringung ähnlich verläuft wie die ISDN-Marktdurchdringung, ist die diese in folgender Abbildung nochmals graphisch dargestellt. Es ist erkennbar, daß eine aus heutiger Sicht signifikante Marktdurchdringung erst 3-5 Jahre nach der eigentlichen Markteinführung von ISDN erfolgte. Diese Zeit wird bei ADSL aufgrund der rasanten Entwicklung des Internets und den elektronischen Handel erheblich kürzer sein.

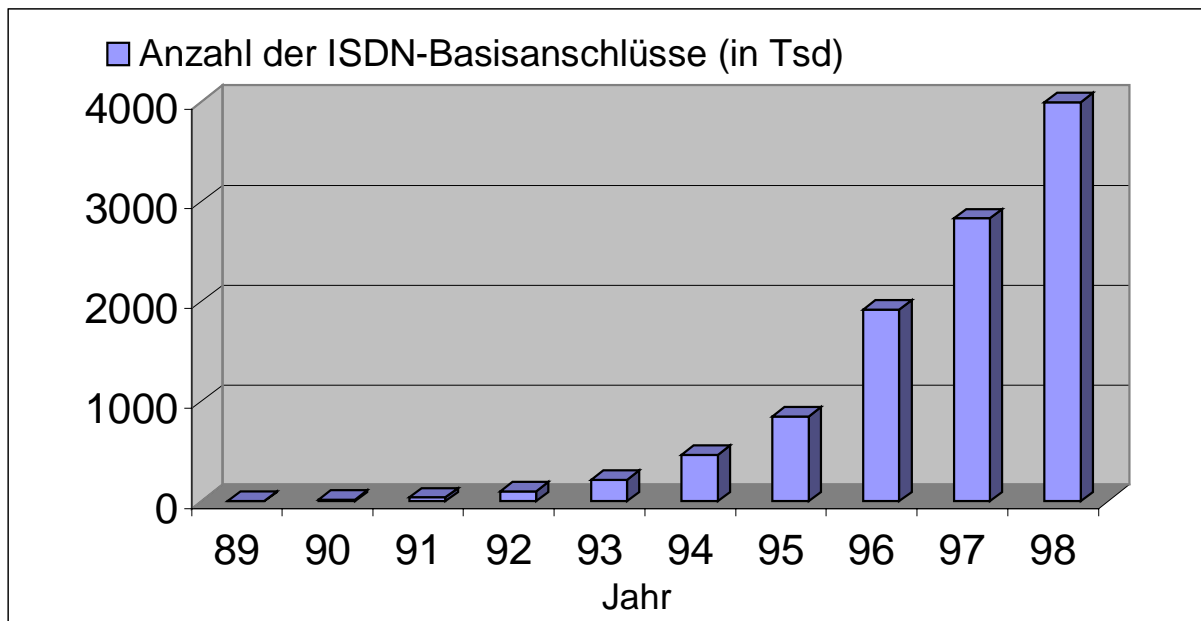


Abbildung 19: Graphische Darstellung der ISDN-Entwicklung in Deutschland

⁸⁰ Geschäftsbericht der Telekom AG 1998

Die Preise für einen ISDN-Basisanschluß entwickelten sich seit der Einführung 1989 wie folgt⁸¹:

Jahr	1989-1993	1994-1996	Seit 1997
Preis (in DM)	74,-	69,-	52,-

Tabelle 15: Preisentwicklung für einen ISDN-Basisanschluß in Deutschland seit 1989

Aufgrund der Anzahl der Anschlüsse und den Preisen lassen sich mit Hilfe folgender Formel die Preiselastizitäten ermitteln: $\eta = - (\Delta m/m : \Delta p/p)$ ⁸²

$$\begin{array}{lll}
 \eta_{89,90} = \infty & \eta_{90,91} = \infty & \eta_{91,92} = \infty \\
 \eta_{92,93} = \infty & \eta_{93,94} = 7,30 & \eta_{94,95} = \infty \\
 \eta_{95,96} = \infty & \eta_{96,97} = 0,99 & \eta_{97,98} = \infty
 \end{array}$$

Diese oberflächliche Betrachtung zeigt bereits, daß eine ISDN bzw. ADSL-Prognose mit klassischen Preiselastizitäten nicht sinnvoll ist, zumal die Telekom derzeit noch ein Quasi-Monopol für den Teilnehmeranschluß besitzt.

Prognosen über die quantitative ADSL Marktpenetration sind ebenfalls spekulativer Natur. Unter der oben angeführten Annahme, daß die Marktdurchdringung von ADSL und ISDN-Basisanschlüssen ähnlich verlaufen wird, kann für die ADSL-Marktpenetration in Deutschland folgende Prognose erstellt werden.

Es ist anzunehmen, daß im kommerziellen Bereich die bremsende Wirkung des hohen Einführungspreises keine allzu große Wirkung haben wird. Deshalb wird die ADSL-Entwicklung in den ersten Jahren stärker sein als die ISDN-Entwicklung in ihrer Anfangsphase. Diese Wirkung wird jedoch abnehmen, und die ADSL Marktdurchdringung wird sich mehr und mehr der ISDN-Marktdurchdringung angleichen. Für eine schnellere Marktdurchdringung als bei ISDN spricht weiterhin die Tatsache, daß bei technischen Innovationen die Produktlebenszyklen im allgemeinen immer kürzer werden. Aus diesem Grund wird die oben angedeutete ISDN-Entwicklungskurve in gestauchter Form auf die geschätzte ADSL-Entwicklung übertragen. Dabei ist auch der schematische Verlauf des logistischen Modells, der auch bei der ISDN-Entwicklung erkennbar ist, berücksichtigt.

⁸¹ P. Pfeiffer, Deutsche Telekom AG

⁸² G. Wöhe, Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, S. 666

Jahr	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Geschätzte ADSL-Anschlüsse (in Tsd.)	20	60	180	500	1500	2500

Tabelle 16: Geschätzte ADSL-Anschlüsse in Deutschland bis zum Jahr 2004

Unter der Annahme einer ähnlichen Entwicklung bei der Marktdurchdringung von ADSL und ISDN kann auch europaweit eine Prognose angedeutet werden. Um diese aufzubauen, wird in der folgenden Tabelle die europaweite Entwicklung der ISDN-Basisanschlüsse seit 1989 dargestellt⁸³.

Jahr⁸⁴	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98⁸⁵
Deutschland	5	15	41	98	217	461	846	1918	2831	3997
Österreich	–	–	1	4	8	12	22	42	85	167
Belgien	0	0,2	0,4	0,8	1,2	9,0	26,3	54,6	98,5	213
Dänemark	–	–	–	1	2,5	6	14	29	58	132
Finnland	–	–	–	–	1	3	7	29	58	155
Frankreich	2	7	26	63	103	171	250	427	620	760
Italien	–	–	–	–	4	15	49	105	334	688
Holland	–	–	–	0,4	1,2	6,0	23,7	100	310	600
Spanien	–	–	–	–	–	2	11	35	86	182
Schweden	–	–	–	–	–	10	20	34,7	66,2	114
Schweiz	–	–	1	2	9	29	69	126	208	491
Gesamt	7	22,2	68,4	167,2	337,9	695	1269	2774,3	4546,7	7008

Tabelle 17: Europaweite Entwicklung der ISDN-Basisanschlüsse zwischen 1989 und 1998

Die obige Tabelle wird durch folgende Abbildung nochmals verdeutlicht. Anhand dieser Abbildung ist auch dargestellt, daß Deutschland europaweit führend ist, was die ISDN Marktpenetration betrifft.

⁸³ Yearbook of statistics 1997, International Telekommunikation Union (ITU)

⁸⁴ Informationen ab 1995 wurden telefonisch bei der ITU (Herr Minges) nachgefragt

⁸⁵ Die Werte für Österreich, Belgien, Dänemark, Finnland, Schweden und Schweiz wurden mit Hilfe des Mittelwertes der prozentualen Zuwächse gegenüber der Vorperiode prognostiziert, wobei jeweils der höchste und der niedrigste prozentuale Zuwachs nicht berücksichtigt wurden. Da keine Marktsättigung in diesen Ländern erkennbar ist, erschien mir dieses Vorgehen sinnvoll.

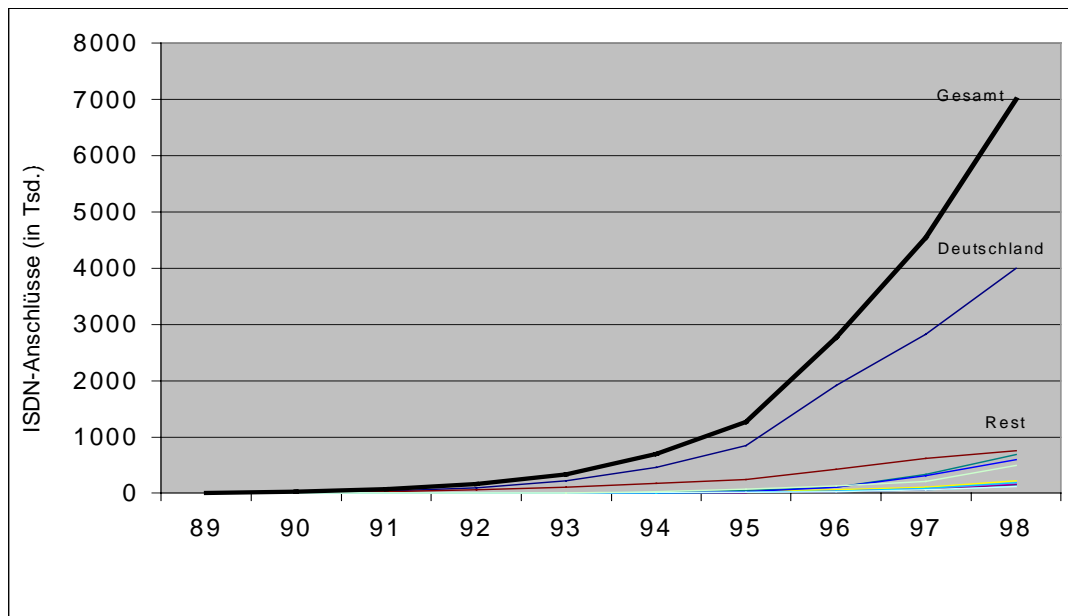


Abbildung 20: Graphische Entwicklung der ISDN-Basisanschlüsse in Europa

Wie bereits erwähnt, ist anzunehmen, daß eine signifikante ADSL Marktpenetration auch europaweit schneller erkennbar sein wird, als dies bei ISDN der Fall war. Die Gründe hierfür sind, wie bereits erwähnt, in der gestiegenen Internetsensibilität und in kürzer werdenden Produktlebenszyklen zu sehen.

Es ist anzunehmen, daß Deutschland europaweit bei der ADSL-Marktpenetration die führende Position einnehmen wird, wie dies auch schon bei ISDN der Fall ist. Trotz der ambitionierten ADSL-Pläne in Belgien, Dänemark, Schweden und Italien ist anzunehmen, daß Deutschland europaweit einen Marktanteil von ca. 50 % haben wird. Die Gründe hierfür sind zum einen das gut ausgebaute ISDN-Netz der Deutschen Telekom und zum anderen die Anzahl der Teilnehmeranschlüsse. Deutschland hat mit ca. 46,5 Mio. Teilnehmeranschlüsse ungefähr soviel Anschlüsse wie die vier Länder zusammen.

Europaweite Prognosen über die quantitative Marktpenetration sind, wie auch für Deutschland, nur spekulativer Natur. Die Prognose orientiert sich im wesentlichen an der zeitlich gestauchten ISDN Marktpenetration. Der Trend hingegen ist klar erkennbar: Flächendeckende ADSL-Versorgung, sofern es die Netzinfrastruktur des jeweiligen Landes zuläßt.

Jahr	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Geschätzte ADSL-Anschlüsse (in Tsd.)	40	120	360	1000	2000	5000

Tabelle 18: Abschätzung der ADSL-Marktpenetration in Europa zwischen 1999 – 2004

5.4.2 USA

Ein Abschätzung der xDSL-Penetrationsraten für die USA ist wesentlich komplexer und mit einem größeren Maß an Unsicherheit behaftet. Grundsätzlich ist der Markt für Breitbandtechnologien in den USA härter umkämpft als in Europa. Besonders Kabelnetzbetreiber und Telekommunikationsunternehmen haben dabei die besten Chancen, in diesem Marktsegment die führende Rolle einzunehmen.

Die Telcos verfügen über große finanzielle Ressourcen, um den Aufbau der ADSL Verfügbarkeit schnell voranzutreiben und haben bereits langjährige Erfahrung im Servicebereich. Außerdem erreichen sie, bedingt durch die Netzinfrastruktur, weitaus mehr Haushalte als das Koaxialkabelnetz. Die Kabelnetzbetreiber hingegen haben aufgrund mangelnder Liquidität Schwierigkeiten, ihre Marktdurchdringung voranzutreiben und ein rückkanalfähiges Kabelnetz zumindest in den Ballungszentren flächendeckend zur Verfügung zu stellen⁸⁶. Weitere Eigenschaften, Vor- und Nachteile beider Netzinfrastrukturen wurden bereits in Kapitel 3 erläutert.

Welche Breitbandtechnologie sich durchsetzen bzw. die Marktführerschaft erlangen wird, darüber kann nur spekuliert werden. Analysten des Marktforschungsinstitutes „Forward Concepts“ vermuten, daß im privaten Bereich die Kabelmodemtechnik die Marktführerschaft erlangen wird und im kommerziellen Bereich die xDSL-Technologie, genauer gesagt die HDSL2-Technik. Begründet wird diese Annahme dadurch, daß die Kabelmodemtechnik früher marktreif war und dadurch gegenüber der xDSL-Technologie sowohl einen Bekanntheits- als auch Preisvorteil hat. Im Business-Bereich begründen sie ihre Annahme einerseits durch die Bidirektionalität, die HDSL2 bietet, und andererseits durch eine geringere Preissensibilität bei kommerziellen Nutzern.

⁸⁶ „Broadband in the Local Loop ’98“ Eine Studie des Mafos Forward Concepts

Meiner Meinung nach wird sich sowohl im privaten als auch im kommerziellen Bereich die xDSL-Technologie durchsetzen. Trotz der früheren Marktreife sehe ich das Problem der mangelnden Flächendeckung und Akzeptanz als größtes Hindernis. Etwa 62 % der US-amerikanischen Haushalte verfügen über einen Koaxialkabelanschluß⁸⁷, wohingegen die Flächendeckung bei Kupferkabeln 100 % beträgt. Die ADSL-Fähigkeit der Telefonanschlüsse beträgt derzeit zwar auch nur 60 – 70 Prozent, es ist jedoch nicht klar, wieviel Prozent der Kabelanschlüsse nicht rückkanal- bzw. breitbandfähig sind. Ein weiterer Grund ist die Preissensibilität, entgegen früherer Prognosen haben sich die Preise der beiden Breitbandtechnologien bereits nahezu angeglichen. Ein weiterer sehr wichtiger Punkt ist der Bekanntheitsgrad des Telco-Serviceleisters. Steht ein potentieller Kunde vor der Wahl welchen Breitbanddienst er wählen sollte, hat das Telekommunikationsunternehmen durch den bereits jahrelang angebotenen „Plain old telephone service (POTS)“ einen nicht zu unterschätzenden Vorteil. Im kommerziellen Bereich teile ich die Ansicht, daß sich die xDSL-Technologie durchsetzen wird. Obige Argumente für Privathaushalte gelten im Business-Bereich gleichermaßen. Hinzu kommt allerdings die Bidirektionalität der HDSL2 Technik, die auch Dienste wie Videokonferenzen sehr gut unterstützt.

Wie bereits in Kapitel 4.4.1 erläutert, wird in den nächsten ein bis zwei Jahren in den USA die flächendeckende Verfügbarkeit von ADSL erwartet. Aus diesem Grund ist eine Abschätzung nach oben nicht sinnvoll, soll aber kurz angedeutet werden. Bei einer flächendeckenden Verfügbarkeit und einer Erreichbarkeit der Haushalte von 60 – 70 % ist damit zu rechnen, daß von den derzeit 182,5 Mio. Telefonanschlüssen ca. 120 Mio. Anschlüsse ADSL-fähig sein werden. Auf eine detailliertere Abschätzung nach oben wird hier verzichtet, da sich der aktuelle Stand ADSL-fähiger Anschlüsse derzeit sehr schnell ändert.

Die Preise für einen xDSL-Anschluß sind je nach Region und Konkurrenzsituation sehr unterschiedlich. Es ist aber davon auszugehen, daß es hier in nächster Zeit noch zu einer Kostendegression kommen wird. Zunehmende Markttransparenz und der entsprechende Kostendruck durch alternative Breitbandtechnologien, wie z. B. Kabelmodems, forcieren die Degressions-effekte. Folgende Tabelle soll die Preise der wichtigsten Anbieter kurz gegenüberstellen. Die Installation berücksichtigt dabei die Kosten aller Einrichtungsleistungen incl. Modem. Die monatliche Grundgebühr beinhaltet die Gebühren für den Telco-Dienst und für den Provider.

⁸⁷ Stand 1995, Yearbook of statistics 1997, International Telekommunikation Union (ITU)

Anbieter	Installation	Monatl. Grundgebühr
Ameritech	\$ 349	\$ 28 – 50
Bell Atlantik	\$ 523	\$ 50 – 190
Cincinnati Bell	\$ 500	\$ 30 – 150
Pacific Bell	\$ 125 + Modem	\$ 89 – 339
US West	\$ 750 – 1350	\$ 70 – 400

Tabelle 19: Preise der wichtigsten Anbieter für einen xDSL-Anschluß in den USA

In einer Studie der Yankee Group (Mafo) wurden 1900 amerikanische Haushalte befragt, was ihnen ein ADSL-Anschluß wert wäre. Die meisten dieser Haushalte haben erklärt, daß sie bei einem Preis von \$40 einen Anschluß beantragen würden. Nur ca. 7 % hingegen waren bereit mehr zu bezahlen⁸⁸. Eine andere Studie besagt, daß lediglich 20 % aller Haushalte bereit wären einen Breitbandanschluß für mehr als \$50 zu beantragen. Bei entsprechenden Service könnte diese Zahl auch auf 40 % ansteigen⁸⁹. Über die Kosten für das Modem und die Installation, die nicht unerheblich sind, liegen keine Informationen vor. Verglichen mit einem normalen Modemanschluß, der bei unbegrenzter Stundenzahl ca. \$20 kostet⁹⁰, ist dies eine Verdoppelung der Kosten.

Die Entwicklung von ISDN seit der Einführung 1988 kann sicherlich nur sehr bedingt für eine Prognose über die ADSL-Penetration herangezogen werden, da ISDN in den USA keine vergleichbaren Erfolge wie in Europa aufweisen kann. Sie wird hier jedoch angedeutet, da die relative Entwicklung richtungsweisend sein kann⁹¹.

Jahr ⁹²	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
Basis-Anschlüsse (in Tsd.)	1	6	11	68	100	264	352	507	879	1.175

Tabelle 20: ISDN Entwicklung in den USA seit 1988

Die Vergleichsweise geringe ISDN-Penetration im Verhältnis zur Anzahl der Teilnehmeranschlüsse in den USA zeigt, daß ISDN in den USA nicht annähernd soweit verbreitet ist wie in Europa. Etwa 1,2 Mio. ISDN-Anschlüsse bei 182 Mio. Teilnehmeranschlüssen entspricht einer

⁸⁸ Artikel: „Speed at any Price“, Vince Vittore, Telephony, erschienen 08.12.97

⁸⁹ „Broadband in the Local Loop '98“ Eine Studie des Mafos Forward Concepts

⁹⁰ „Broadband in the Local Loop '98“ Eine Studie des Mafos Forward Concepts

⁹¹ Yearbook of statistics 1997, International Telekommunikation Union (ITU)

⁹² Informationen ab 1995 wurden telefonisch bei der ITU (Herr Minges) nachgefragt

absoluten ISDN-Penetration von weniger als ein Prozent. Es ist jedoch anzunehmen, daß der relative Zuwachs von ISDN-Anschlüssen auf einem höheren Niveau in gestauchter Form übertragbar ist. Der Kurvenverlauf aus Kapitel 5.2 ist klar erkennbar.

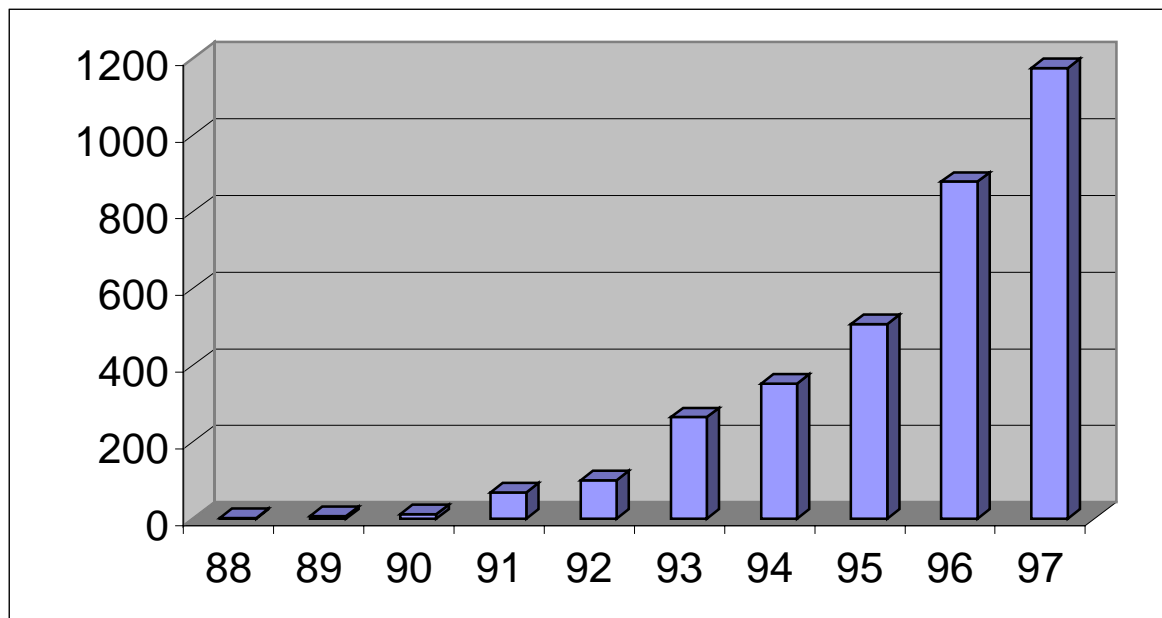


Abbildung 21: Entwicklung der ISDN-Basisanschlüsse in den USA (in Tsd.)

Grundsätzlich gilt die für Deutschland angeführten Vorgehensweise auch für die USA. Die Angebotsseite sieht aber etwas anders aus. Die Konkurrenz die in Deutschland erst in einigen Jahren zu erwarten ist, ist in den USA bereits vorhanden. Es existieren nicht nur zahlreiche konkurrierende Anbieter, sondern auch konkurrierende Technologien. Während sich in Deutschland wohl eindeutig die xDSL-Technologie als führende Breitbandtechnologie durchsetzen wird, sieht dies in den USA etwas anders aus. Die Kabelmodemtechnik wird einen entscheidenden Marktanteil erringen und halten können. Es ist anzunehmen, daß dieser geringer als der ADSL-Marktanteil sein wird, aber mit ca. 30 – 40 % dennoch sehr groß. Es spricht vieles dafür, daß die Preisentwicklung, die Käuferstruktur und der exponentiell ansteigende Verlauf in den ersten Jahren auch für die USA zutreffen wird.

Gestützt auf die Prognosen verschiedener Marktforschungsunternehmen und den in Kapitel 5.2 dargestellten Penetrationsverlauf bei technischen Innovationen denke ich, daß in den USA die ADSL-Marktpenetration in den nächsten fünf Jahren wie folgt aussehen wird:

Jahr	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Geschätzte ADSL-Anschlüsse (in Tsd.)	400	800	1.600	3.300	7.000	15.000

Abbildung 22: Abschätzung der ADSL-Marktpenetration in den USA zwischen 1999 – 2004

In den USA wäre es aus Sicht der Internet-Serviceanbieter aber sicher sinnvoller, den gesamten Markt für Breitbandtechnologien zu betrachten. Es ist anzunehmen, daß die Kabelnetzbetreiber und die Telcos den Breitbandmarkt größtenteils unter sich aufteilen. Die Satelittentechnologie aber sicherlich in weniger dicht besiedelten Regionen auch entsprechend zum Einsatz kommen. Der Gesamtmarktanteil wird allerdings relativ gering sein. Demzufolge wird der gesamte Breitbandmarkt etwa 30 – 40 % über der ADSL-Prognose liegen.

6 Zusammenfassung

Abschließend werden im folgenden nochmals die wichtigsten Aussagen und Ergebnisse der Arbeit zusammengefaßt. Ich möchte darauf hinweisen, daß aufgrund der Schnellebigkeit im DSL-Umfeld die Aktualität sämtlicher Preise und Ausbaupläne, die im Rahmen dieser Arbeit angesprochen wurden, nur für kurze Zeit gewährleistet werden kann.

Ein Hauptproblem bei der Suche nach Informationen im WWW sind die langen Wartezeiten, da die Informationsübertragung zu langsam ist. Dies hat zur Folge, daß Angebote mit hohem Datenvolumen derzeit noch nicht wirtschaftlich genutzt werden können. Die Lösung die sich hier abzeichnet, sind Breitbandzugangssysteme. Sie bieten Internetnutzern – zumindest theoretisch – Datenraten im Bereich mehrerer Megabit und eröffnen somit neue Dienstleistungsmöglichkeiten im weltumspannenden Netz. Music On Demand, Video On Demand, Telelearning, Telemedizin, Teleworking oder Videokonferenzen sind nur einige Anwendungen auf dem Weg zur Erschließung neuer Geschäftsbereiche oder zur Rationalisierung bestehender Bereiche in Wirtschaft und Technik.

Der Trend ist eindeutig: Alle Unternehmen der Telekommunikationsindustrie arbeiten an Konzepten für Breitbandkommunikation. Folgende Breitbandsysteme haben sich dabei als konkurrenzfähig erwiesen:

- Satellitenübertragung
- Powerline (Datenübertragung über das Niederspannungsnetz)
- Kabelmodemtechnik
- DSL-Technologie (Digital Subscriber Line)

Da bei der Satellitenübertragung lediglich eine Point-to-Multipoint-Verbindung realisiert werden kann und ein entsprechender Rückkanal sehr aufwendig und kostspielig ist, ist nicht anzunehmen, daß diese Technologie flächendeckend zum Einsatz kommen wird. Bei einer Point-to-Multipoint-Verbindung werden die Informationen aller Teilnehmer gleichzeitig übertragen. Diese Form der Datenübermittlung erweist sich bei einer größeren Anzahl von Teilnehmern als unwirtschaftlich. Der fehlende bzw. nur sehr aufwendig zu realisierende Rückkanal schränkt die Interaktivität des WWW ein und bringt einen weiteren Nachteil der Satellitentechnik mit sich.

Lediglich im Bezug auf die flächendeckende Verfügbarkeit und mobile Kommunikationsfähigkeit ist die Satellitentechnik allen anderen Breitbandtechnologien überlegen. Durch die Leitungsungebundenheit kann z. B. der Internetzugang im Auto realisiert werden. Die flächendeckende Verfügbarkeit ermöglicht einen Breitbandzugang zum Internet in Gebieten, in denen sich andere Breitbandtechnologien als unwirtschaftlich erweisen. Die Satellitenübertragung eignet sich besonders gut für sog. Internet-Push-Dienste. Hierbei wird ein vorher ausgewählter Datenbestand zu einer vereinbarten Zeit über Satellit übertragen. Spezielle Dienste wie Wirtschafts- und Börsendaten können dadurch in kürzester Zeit mit enormen Datenraten übertragen werden. Aufgrund des kleinen Anwenderkreises ist bei der Satellitentechnik jedoch kein flächendeckender Durchbruch zu erwarten.

Die Datenübertragung über das Niederspannungsnetz – auch Powerline-Technologie genannt – stellt ein weiteres sehr vielversprechendes Breitbandsystem dar. Ein enormer Vorteil der Powerline-Technik liegt darin, daß Netzschnittstellen in jeder Wohnung mehrfach vorhanden sind. Weiterhin stellen alle mit Strom versorgten Endgeräte potentielle Datenquellen und Datenempfänger dar. Eine derart gut ausgebaute Infrastruktur könnte der weltweiten Vernetzung eine neue Dimension verleihen.

Allerdings ist die Powerline-Technik für einen flächendeckenden Einsatz noch nicht hinreichend gut entwickelt. Während andere Breitbandtechnologien bereits im kommerziellen Einsatz sind, befindet sich Powerline noch in der Testphase. Weiterhin sind sehr hohe (schwierig quantifizierbar) Investitionskosten in den Verteilerstationen der Energieversorger nötig, um eine direkte Adressierbarkeit und flächendeckende Vernetzung zu gewährleisten. Bei dem offensichtlich zögerlichen Verhalten der Energieversorger und mangelnder Innovationsbereitschaft können gerade in der Anfangsphase Marktanteile verloren gehen. Aus diesem Grund ist anzunehmen,

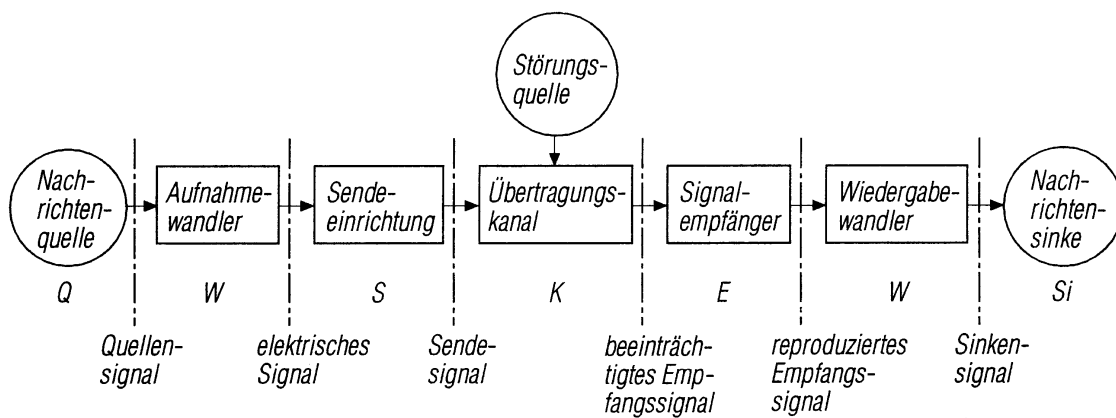
daß sich bis auf weiteres andere Breitbandtechnologien etablieren werden. Weitere Probleme der Powerline-Technik sind das ungeklärte regulatorische Umfeld, die langfristige elektromagnetische Verträglichkeit und die Frequenzuteilung.

Die Kabelmodemtechnik basiert auf dem baumförmig aufgebauten Koaxialkabelnetz und befindet sich bereits teilweise im kommerziellen Einsatz. Da beim Koaxialkabelnetz ursprünglich keine Bidirektionalität vorgesehen war, müssen die Kabelnetze teilweise sehr aufwendig nachgerüstet werden. Ein weiterer Nachteil der Kabelmodemtechnik ist, daß die Penetration des Kabelnetzes in Deutschland lediglich 65 – 70 % und in den USA ca. 62 % beträgt. Trotzdem ist anzunehmen, daß die Kabelmodemtechnik in den USA neben der DSL-Technologie einen Marktanteil von ca. 30 – 40 % halten wird. Ob die Kabelmodemtechnik sich regional gegenüber der DSL-Technologie behaupten kann, hängt vor allem davon ab, ob sie sich hinreichend kostengünstig realisieren läßt. Dabei hängen die Investitionskosten pro Haushalt sehr stark davon ab, wieviel Teilnehmer an einer Kopfstation angeschlossen sind.

Die DSL-Technologie basiert auf dem herkömmlichen Doppelader-Kupferkabel des Telefonnetzes und ist unter den gegebenen Umständen für einen flächendeckenden Einsatz die am besten geeignete Breitbandtechnologie. Sie bietet das beste Verhältnis zwischen Wirtschaftlichkeit und Erreichbarkeit. Grundsätzlich läßt sich die DSL-Technologie in symmetrische und asymmetrische Varianten klassifizieren. Asymmetrisch bedeutet, daß die Datenraten vom Provider zum Teilnehmer (Downstream) größer sind als umgekehrt (Upstream). Bei der symmetrischen Variante sind Downstream- und Upstreamraten gleich groß. Seitens des Marktes für Dienstleistungen im Breitbandbereich bestehen sowohl Anforderungen für die asymmetrische Variante als auch für die symmetrische Variante. Die asymmetrische Variante entspricht den Gewohnheiten eines klassischen Endanwenders, der große Datenmengen aus dem Internet bezieht und nur selten große Datenmengen verschickt. Die symmetrische Variante wird z. B. durch Videokonferenzdienste, die besonders im täglichen Geschäftsleben immer mehr an Bedeutung gewinnen, forciert. Während sich unter den asymmetrischen Diensten wahrscheinlich die ADSL-Variante durchsetzen wird, wird sich HDSL2 bei den symmetrischen Varianten durchsetzen.

Da für die Anwendung von ADSL bzw. HDSL2 die nachrichtentechnischen Grundlagen von entscheidender Bedeutung sind, werden diese im folgenden kurz angedeutet.

Jede Form der Nachrichtenübertragung läßt sich durch die folgende Abbildung prinzipiell erklären.



Die Nachrichtenquelle erzeugt das Quellensignal. Bei der Sprachkommunikation ist das Quellensignal eine Schalldruckschwankung; bei Daten- oder Textverarbeitung mittels Computer wird das Quellensignal durch eine Bitfolge dargestellt. Das Quellensignal wird dann ggf. vom Aufnahmewandler in ein elektrisches Signal umgewandelt. Durch diese elektrische Darstellung kann das Signal in der Sendeeinrichtung weiterverarbeitet werden, damit es möglichst günstige Eigenschaften für die Übertragung über den gewünschten Kanal erhält, ohne daß sich der Inhalt verändert. Beim Signalempfänger wird das Empfangssignal reproduziert. Der Wiedergabewandler wandelt das Signal in eine der Nachrichtensenke verständlichen Form um.

Der technische Ansatz den alle Breitbandtechnologien verfolgen, ist Frequenzbereiche zu nutzen, die bis dahin noch ungenutzt waren. Am Beispiel von xDSL bedeutet dies, daß die Frequenzen im Kupferkabel gegenüber der analogen Datenübertragung im Bereich weniger kHz auf mehrere hundert kHz erhöht werden. In derart hohen Frequenzbereichen ist die kabelinterne Dämpfung allerdings so groß, daß die verfügbaren Datenraten distanzabhängig sind. Für ADSL bzw. HDSL2 bedeutet dies, daß sie nur auf einer Entfernung von bis zu 6 km von der letzten Vermittlungsstelle wirtschaftlich eingesetzt werden können. Dies bedeutet für das Bundesgebiet, daß über 90 % aller Telefonanschlüsse prinzipiell DSL-fähig sind. In den USA wird mit einer 60 – 70 %igen DSL-Fähigkeit aller Telefonanschlüsse gerechnet. Verglichen mit anderen verfügbaren und konkurrenzfähigen Breitbandtechnologien ist dies die größte Flächenabdeckung.

Durch zahlreiche Ausbaupläne bieten die Telekommunikationsunternehmen der DSL-Technologie die Möglichkeit einer entsprechenden Marktpenetration. Weltweit ist ein eindeutiger Trend in Richtung Breitbandkommunikation in den Fernsprechnetzen zu erkennen. Die USA, Deutschland, Dänemark, Belgien und Singapur sind dabei nur einige Beispiele. Es zeichnet sich auch ab, daß die Grenzen zwischen den symmetrischen und asymmetrischen Diensten fließend werden. Dies bestätigt einerseits der Trend zahlreicher DSL-Modemhersteller,

die ihre Chipsätze zunehmend kompatibel zu mehreren Verfahren herstellen, und andererseits die Vermarktungsstrategie der DSL-Anbieter. Unter Namen wie „Turbo Line“, „FasTrek“ oder „T-DSL“ werden DSL-Dienste mit variablen, wahlweise symmetrischen oder asymmetrischen Datenraten angeboten.

Einer Prognose der Penetrationsraten muß grundsätzlich länderspezifisch aufgestellt werden, da sich die Konkurrenzsituation von Land zu Land unterscheidet. Dabei ist nicht allein die Konkurrenz unterschiedlicher DSL-Anbieter, sondern auch die Konkurrenz alternativer Breitbandtechnologien zu berücksichtigen.

In Deutschland wird der Markt für Breitbandtechnologien überwiegend von der Deutschen Telekom beherrscht, da sowohl die Koaxialkabelnetze als auch alle Teilnehmeranschlüsse des Telefonnetzes in ihrem Besitz sind. Die Verhandlungen über den Verkauf des Kabelnetzes ebenso wie die Verhandlungen über Mietgebühren für Teilnehmeranschlüsse sind noch nicht abgeschlossen. Selbst nach einem Abschluß der Verkaufsverhandlungen liegt i.d.R. Wettbewerbsgleichheit vor, da das Koaxialkabelnetz aufwendiger als das Telefonnetz nachgerüstet werden muß. Ob das Aufrüsten einer Kopfstation wirtschaftlich realisierbar ist, hängt von der qualitativen Beschaffenheit und der Teilnehmeranzahl ab. Konkurrenz anderer Telekommunikationsunternehmen im DSL-Bereich ist bis auf weiteres nicht zu erwarten. Da die Teilnehmeranschlüsse nur vermietet werden, kann die Telekom eine zusätzliche „Breitbandgebühr“ auf ihren Anschluß erheben. Diese und weitere regulatorische Maßnahmen ermöglichen der Telekom auf dem Markt für Breitbandtechnologien ein Quasi-Monopol aufzubauen. Da die Telekom derzeit die DSL-Verfügbarkeit massiv vorantreibt, ist anzunehmen, daß die Kabelmodemtechnik lediglich einen geringen Marktanteil erringen wird.

Seit der Einführung der ersten ADSL-Dienste gehen Prognosen über die Marktpenetration stark auseinander. Nach allgemein herrschender Meinung ist bei ADSL eine ähnliche Entwicklung wie bereits bei ISDN zu erwarten. Es ist jedoch anzunehmen, daß aufgrund immer kürzer werdender Produktlebenszyklen die Marktpenetration von ADSL schneller erfolgt. Die zunehmende Bedeutung des Internets als zentrale Informationsplattform wirkt sich ebenfalls forcierend auf die Entwicklung von Breitbandsystemen aus.

Die Telekom bietet ihren Breitbandzugang T-DSL/T-ISDN mit Datenraten von 768 kbps bidirektional für eine Basisgebühr von DM 98 an. Darauf aufbauend hat man die Möglichkeit zwischen zwei Diensten zu wählen:

- T-Online Speed 50
Für einen monatlichen Pauschalbetrag von DM 99 erhält man 50 Freistunden bei T-Online, jede weitere Minute kostet 6 Pfennig. Für jeden Verbindungsaufbau wird eine Gebühr von 6 Pfennig berechnet.
- T-Online Speed 100
Für einen Pauschalbetrag von DM 149 erhält man 100 Freistunden bei T-Online. Weitere Minuten und Einwahlgeld fallen wie bei T-Online Speed 50 an.

Derzeit wird dieser Dienst teilweise in Berlin, Bonn, Düsseldorf, Frankfurt a. M., Hamburg, Köln, München und Stuttgart angeboten. Bis Ende 1999 sollen weitere 40 Ballungszentren hinzu kommen, und damit ca. 10 Mio. Teilnehmeranschlüsse ADSL-fähig sein. Eine flächendeckende ADSL-Fähigkeit (ca. 90 % aller Teilnehmeranschlüsse) ist bis Ende 2004 geplant.

Die Entwicklung des Preises eines xDSL-Anschlusses ist bei einer Prognose der Penetrationsraten von entscheidender Bedeutung. Zu dem Gesamtpreis von DM 197 bzw. DM 247 fallen zusätzlich DM 250 für Splitter und Modem an. Aufgrund der üblichen Preiskurve in der Chipfertigung ist jedoch anzunehmen, daß die Kosten für ein DSL-Modem in den nächsten Jahren stark sinken werden. Vergleicht man sie mit den heutigen Preisen für 56k-Modems, dürfte ein Preis zwischen DM 100 – 150 realistisch sein. Durch zunehmenden Konkurrenzdruck weiterer DSL-Anbieter die sich mittelfristig etablieren werden, ist weiterhin anzunehmen, daß die monatliche Grundgebühr ebenfalls sinken wird. Da die Investitionskosten für einen ADSL-Anschluß etwa 80 % über denen für einen ISDN-Anschluß liegen, ist nicht anzunehmen, daß ein ADSL-Anschluß für den Preis eines ISDN-Anschlusses realisierbar sein wird. Unter der Annahme, daß man von den Investitionskosten auf den Angebotspreis schließen kann, ergibt sich somit ein Preis von ca. DM 90. Der aggressive Preiskampf auf dem Telekommunikationsmarkt läßt jedoch vermuten, daß bei einer entsprechenden Liberalisierung des ADSL-Marktes auch hier weitere Kostensenkungen zu erwarten sind. Aus diesem Grund ist zu erwarten, daß in den nächsten drei bis fünf Jahren ein Preisniveau von DM 60 – 80 für die monatliche Grundgebühr eines ADSL-Anschlusses erreicht wird.

Aufgrund des hohen Preises ist T-DSL in der Einführungsphase vor allem für kleine und mittlere Unternehmen interessant. Mit zunehmender Dauer und sinkendem Preis wird ADSL auch immer interessanter für Privatkunden. Unter Berücksichtigung der allgemeinen Entwicklung technischer Innovationen, der ISDN-Entwicklung seit der Einführung 1989 und den sich verkürzenden Produktlebenszyklen kann folgende Prognose über die Entwicklung von ADSL erstellt werden:

Jahr	1999	2000	2001	2002	2003	2004
------	------	------	------	------	------	------

Geschätzte ADSL-Anschlüsse (in Tsd.)	20	60	180	500	1.500	2.500
--	----	----	-----	-----	-------	-------

Abschätzung der ADSL-Marktpenetration in Deutschland bis 2004

Da der Telekommunikationsmarkt in den USA nicht wie in Deutschland von einem Anbieter dominiert wird, sieht die Konkurrenzsituation dort anders aus. Aus diesem Grund ist eine Abschätzung der xDSL-Penetrationsraten für die USA wesentlich schwieriger und mit einem größeren Maß an Unsicherheit behaftet. Darüber hinaus hatte sich die Kabelmodemtechnik in den USA bereits vor der DSL-Technologie etabliert. Telefonanbieter investieren seit der Einführung der DSL-Technologie enorme Summen für den Aufbau der DSL-Fähigkeit ihrer Netze. Da die Telefonanbieter gegenüber den Kabelanbietern einen größeren Bekanntheitsgrad und mehr Serviceerfahrung haben, spricht vieles dafür, daß der DSL-Marktanteil in nächster Zeit sehr stark ansteigen wird.

Die Preise für einen DSL-Anschluß sind in den USA je nach Region und Konkurrenzsituation sehr unterschiedlich. Die Kosten für die Installation eines DSL-Anschlusses schwanken derzeit zwischen \$ 350 – 1.350, während die Preise für die monatliche Grundgebühr zwischen \$ 30 – 400 schwanken. Zunehmende Markttransparenz und der Kostendruck durch alternative Breitbandtechnologien werden ebenso wie in Deutschland zu sinkenden Preisen führen.

Die ISDN-Entwicklung kann in den USA sicherlich nur sehr bedingt für eine Prognose über die ADSL-Penetration herangezogen werden, da ISDN in den USA keinen vergleichbaren Status wie in Europa besitzt. Wie auch in Deutschland kann unter Berücksichtigung der allgemeinen Entwicklung technischer Innovationen und der relativen ISDN-Entwicklung seit der Einführung 1988 folgende Prognose über die Entwicklung von ADSL angestellt werden:

Jahr	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Geschätzte ADSL-Anschlüsse (in Tsd.)	400	800	1.600	3.300	7.000	15.000

Abschätzung der ADSL-Marktpenetration in den USA bis 2004

Da in den USA – anders als in Deutschland – die Kabelmodemtechnik auch in Zukunft einen entscheidenden Marktanteil für sich beanspruchen wird, ist es sinnvoller, den gesamten Breitbandmarkt zu berücksichtigen. Auch der Internetzugang über Satellit wird in den USA aufgrund der geographischen Gegebenheiten eine größere Rolle spielen als in Deutschland. Durch weiter sinkende Preise der DSL-Technologie, größeren Bekanntheitsgrad und besserer

Serviceleistung der Telefonanbieter ist anzunehmen, daß die DSL-Technologie trotzdem die führende Position auf dem Breitbandmarkt einnehmen wird. Unter der Annahme, daß alternative Breitbandtechnologien einen Marktanteil von 30 – 40 % erringen, muß die obige Prognose für die allgemeine Breitbandentwicklung entsprechend nach oben korrigiert werden.

7 Anhang

7.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nachrichtenkette.....	6
Abbildung 2: Modulationsarten.....	7
Abbildung 3: Analoges und digitales Signal im Zeitbereich	10
Abbildung 4: Störverhalten der analogen und digitalen Übertragung	10
Abbildung 5: Signalabtastung bei PCM.....	11
Abbildung 6: Quantisierung und Codierung bei PCM.....	12
Abbildung 7: Technische Ausführung verschiedener Übertragungsmedien.....	14
Abbildung 8: Darstellungsformen binärer Sendesignale	17
Abbildung 9: Unterschiedliche Formen der Codierung	18
Abbildung 10: Digitalübertragungssystem für eine Basisbandübertragung	19
Abbildung 11: Nachrichtennetz mit zwei Hierarchieebenen.....	20
Abbildung 12: Hierarchischer Aufbau des Deutschen Fernsprechnetzes	20
Abbildung 13: Funktionsschaubild einer Fernsprechübertragung im rein analogen Netz.....	21
Abbildung 14: Einsatz der PCM-Technik in einem analogen Netz	22
Abbildung 15: Einsatz der PCM-Technik in einem digitalen Netz.....	22
Abbildung 16: ADSL Frequenzbänder bei reinem FDM.....	25
Abbildung 17: ADSL Frequenzbänder bei einer Mischform von FDM und EC	26
Abbildung 18: Logistisches Diffusionsmodell.....	76
Abbildung 19: Graphische Darstellung der ISDN-Entwicklung in Deutschland.....	80
Abbildung 20: Graphische Entwicklung der ISDN-Basisanschlüsse in Europa.....	83
Abbildung 21: Entwicklung der ISDN-Basisanschlüsse in den USA	87
Abbildung 22: Abschätzung der ADSL-Marktpenetration in den USA zwischen 1999 – 2004 ..	88

7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anwendung der Übertragungsmedien.....	13
--	----

Tabelle 2: ADSL Bitraten incl. Entfernungen und prozentualer Anteil der Anschlüsse in Deutschland.....	24
Tabelle 3: xDSL-Technologien im Vergleich.....	30
Tabelle 4: Überblick der Internet Service Provider über Kabelmodem.....	37
Tabelle 5: Preise für den Satellitendienst DirecPC (excl. Telefongebühren).....	39
Tabelle 6: Weitere ADSL Tarife der Deutschen Telekom.....	61
Tabelle 7: ADSL-Ausbaupläne im Staat Wisconsin.....	63
Tabelle 8: ADSL-Ausbaupläne im Staat Illinois.....	63
Tabelle 9: Preise für einen ADSL-Dienst bei Bell Atlantic.....	64
Tabelle 10: Varianten eines ADSL-Anschlusses bei Cincinnati Bell.....	65
Tabelle 11: Vermittlungsstellen von Pacific Bell, die einen xDSL-Service anbieten.....	66
Tabelle 12: ADSL-Pläne weiterer Anbieter.....	70
Tabelle 13: Anzahl der Teilnehmeranschlüsse in den Städten, in denen ADSL angeboten werden soll.....	78
Tabelle 14: Entwicklung der Telefon- und ISDN-Anschlüsse in Deutschland seit 1989.....	80
Tabelle 15: Preisentwicklung für einen ISDN-Basisanschluß in Deutschland seit 1989.....	81
Tabelle 16: Geschätzte ADSL-Anschlüsse in Deutschland bis zum Jahr 2004.....	82
Tabelle 17: Europaweite Entwicklung der ISDN-Basisanschlüsse zwischen 1989 und 1998.....	82
Tabelle 18: Abschätzung der ADSL-Marktpenetration in Europa zwischen 1999 – 2004.....	84
Tabelle 19: Preise der wichtigsten Anbieter für einen xDSL-Anschluß in den USA.....	86
Tabelle 20: ISDN Entwicklung in den USA seit 1988.....	86

7.3 Literaturverzeichnis

7.3.1 Bücher

- W.Goralski, ADSL and DSL Technologies, S.177
McGraw-Hill Companies, New York 1998
- Walter Y. Chen, DSL Simulations Techniques and Standards
Macmillan Technical Publishing, Indianapolis 1998
- Yearbook of Common Carrier Telecommunication Statistics
And Radiocommunication Statistics 1977
- Karl Dirk Kammeyer, Nachrichtenübertragung

B.G. Teubner Verlag, Stuttgart 1996

- Gerhard Zeidler, Taschenbuch der Nachrichtentechnik
Fachverlag Schiele und Schön GmbH, Stuttgart 1988
- Hans Wilhelm Barz, Kommunikation und Computernetze
Carl Hanser Verlag, München 1995
- Bernhard Stanski, Kommunikationstechnik
Vogel Buchverlag, Würzburg 1989
- Dieter Lüke, Signalübertragung
Springer Verlag, Heidelberg 1992
- Alexander Schill, ATM-Netze in der Praxis
Addison Wesley Longman Verlag, Bonn 1997
- Dietmar Lochman, Digitale Nachrichtentechnik
Verlag Technik, Berlin 1997
- Gerd Sigmund, Die ATM-Technik
Hüthig Verlag, Heidelberg 1997
- Franz-Joachim Kauffels, Einführung in die Datenkommunikation
Datacom Buchverlag, Bergheim 1996
- Martin Werner, Nachrichtentechnik
Vieweg Verlag, Braunschweig 1998
- Beuth/Hanebuth/Kurz, Nachrichtentechnik
Vogel Buchverlag, Würzburg 1996
- P. Bocker, ISDN-Digitale Netze für Sprach-, Daten-, Video- und Multimediakommunikation
Springer Verlag, Berlin 4.Auflage, 1997
- G. Krüger, Praktikum Telematik I+II,
Institut für Telematik, Karlsruhe
- H.W. Barz, Kommunikation und Computernetze,

Carl Hanser Verlag, München 1995

- Geschäftsbericht der Telekom 1998
- G. Wöhe, Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre
Verlag Vahlen, München 1996
- H. Bonus, Die Ausbreitung des Fernsehens, Ökonomische Studien Bd. 1
Hain Verlag, Meisenheim am Glan 1968
- R. Lewandowski, Prognose- und Informationssysteme und ihre Anwendungen
De Gruyter Verlag, Berlin 1974
- G.F. Ray, Der technische Fortschritt in: Neue Technologien in der Industrie
Schriftreihe des IFO-Instituts für Wirtschaftsforschung Nr.97, Berlin 1978
- D. Sahal, A theory of evolution of technology
International Journal of Science, Vol. 10, Nr. 3, 1979
- D.A. Schon, Technology and change
Verlag Pergamon Pr., Oxford 1967
- L. Uhlmann, Innovation in der Industrie
IFO-Institut für Wirtschaftsforschung, München 1974

7.3.2 Internetadressen

- Die offizielle Homepage im Internet zu ADSL,
<http://www.adsl.com>
- Peter Kniszewski, Alles über ISDN,
<http://www.zdnet.de/technik/artikel/comm/comm-wc.html>
- PC Professionell, November 1998,
http://www.zdnet.de/technik/artikel/comm/199811/adsl01_00-wc.htm
- C. Riske, „Internet aus der Steckdose“,

<http://www.zdnet.de/technik/artikel/comm/comm-wc.html>

- Kabel und Medien Service, München,
http://www.zdnet.de/technik/artikel/comm/199903/kabel_00-wc.html
- A. Karius, „ADSL-Lite“,
<http://www.zdnet.de/technik/artikel>
- Das ADSL-Projekt, Westfälische Universität Münster
<http://www.uni-muenster.de/URZ/ADSLProjekt/ADSLProjekt.htm>
- Siemens AG
<http://www.siemens.com>
- Alcatel Customer Info,
<http://www.alcatel.com>
- The DSL Source Book, Paradyne Corporation,
<http://www.paradyne.com>
- T. G. Arnold, A look at New Cable Modem and ADSL Technologies,
<http://www.seas.upenn.edu>
- Trends Magazine, Sprint Communications Company
<http://www.sprint.com>
- Kimo K. Saarela, Tampere University of Technology, Finland
http://www.cs.tut.fi/tlt/stuff/adsl/pt_adsl.html
- Telecommunication Union (ITU) Home Page
<http://www.itu.int/>
- Broadband in the Local Loop 98
<http://www.ForwardConcepts/brdbnd98.htm>
- The World Factbook 1997
<http://www.cia.gov/cia/publications/factbook/>
- Cable and ADSL Market

http://instat/cq9901m7_pr.htm

- <http://www.telekom.de>
- <http://www.direcpc.com>
- <http://www.lorenz.de>
- <http://www.eutelsat.de>

7.3.3 Zeitschriftenartikel und Veröffentlichungen

- J. Harrison, ADSL: Prospects and Possibilities, Executive Summary
www.adsl.com
- H.P. Widmer, On the global EMC Aspect of Broadband Powerline Communications Using the HF Frequency Band, Ascom Systemc AG
- H.P. Widmer, On the global EMC Aspect of Broadband Power Line Communication
Veröffentlichung der Ascom Systemc AG zu Powerline
- M. Cetto, Die Entscheidung fällt zwischen ADSL und SDSL, Markt und Technik Ausgabe 03/99 S18-29
- P. Blake, The high price of Performance
Telephony 1997, Band 233, Heft 10, erschienen 08.09.97, Chicago
- Dusan Zivadinovic und Axel Kossel, Megabitweise Internet
c't 1998 Heft 16 ab S.68
- H. Schilling, Powerline Communication: Stand der Aktivitäten im RWE-Konzern
Veröffentlichung des RWE- Konzerns zu Powerline
- Markt und Technik, Wochenzeitung für Informationstechnik,
Ausgabe Nr.3, 15.01.99, S.19
- V. Vittore, Speed at any Price,

Telephony 1997, erschienen 08.12.97, Chicago

- J. Hermstedt, ADSL und ISDN blicken einer gemeinsamen Zukunft entgegen
Computerwoche 4/99, S.54
- P.C. Hyzer, A look at new Cable Modem and ADSL Technologies
<http://www.seas.upenn.edu>
- S. Levine, At what price, universal service?
Telephony 1997, Band 232, Heft 22, erschienen 02.06.97, Chicago
- A. Tillmann, XDSL versus ISDN
Datacom 10/98, S.56
- H.A. Aukes, Macht ADSL ISDN überflüssig?
Funkschau 13/98, S.28

7.3.4 Kontaktstellen

- Dipl.-Ing. Michael Winkler, Institut für Allgemeine Nachrichtentechnik
Universität Karlsruhe
- Dr.-Ing. Werner Stehle, Institut für Nachrichtentechnik,
Universität Karlsruhe
- Dr. W.Held, Universitätsrechenzentrum
Westfälische Universität Münster
- Guido Schwarzfeld, Verband Privater Kabelnetzbetreiber e.V.
Ermekeilstr. 46
53113 Bonn
- Markus A. Kreuzsch, Unternehmensberatung Simon Kucher and Partners
Haydnstraße 36
53115 Bonn

- Eutelis Consult
Am Angerpark 7
40878 Ratingen
Tel.: 02102 / 999062

- Herr Motcko, Deutsche Telekom
Servicetelefon Mannheim, Tel.: (06 21) 294-0

- Herr Maier, Deutsche Telekom
Dienststelle Karlsruhe, Tel.: (07 21) 9 90 – 39 06

- Herr P. Pfeiffer, Deutsche Telekom
Servicetelefon Heidelberg, Tel.: (0 62 21) 55 11 00

- Forward Concepts Europe
Cornelius Kellerhof
Golzheimerstraße 110
D – 40476 Düsseldorf
Tel.: (02 11) 4 67 – 9 98
Fax: (02 11) 4 67 – 9 99
Email: niels@fwdconcepts.com

- International Telecommunication Union (ITU)
Place des Nations
Herr Minges
CH – 1211 Genf 20