

**Projektarbeit**

# **Öffentliche Netze und Dienste**

**Kundenauftrag Internetanbindung**

Petra Fronius      Conrad Kostecki      Oluf Lorenzen  
Christoph Ringe      Martin Wilke

15. Dezember 2008

MMBBS Hannover

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Handlungsschritt 1</b>	<b>4</b>
1.1. ISDN . . . . .	4
1.1.1. Definition und Merkmale . . . . .	4
1.1.2. Vergleich von ISDN- und Analog-Anschlüssen . . . . .	4
1.1.3. Kosten von ISDN- und Analog-Anschluss . . . . .	5
1.1.4. Merkmale einer ISDN-TK-Anlage . . . . .	5
1.2. DSL . . . . .	5
1.2.1. Definition und Merkmale . . . . .	5
1.2.2. ADSL . . . . .	6
1.2.3. SDSL . . . . .	6
1.2.4. Vergleich der Transferdauer bei ADSL und SDSL . . . . .	6
1.2.5. Kosten eines DSL-Anschlusses . . . . .	6
1.3. Gegenüberstellung Analog, ISDN und ADSL . . . . .	7
<b>2. Handlungsschritt 2</b>	<b>9</b>
2.1. Netzübersichtsplan ISDN . . . . .	9
2.2. Netzübersichtsplan DSL/ISDN . . . . .	10
2.3. Verdrahtung des S <sub>0</sub> -Busses . . . . .	10
<b>3. Handlungsschritt 3</b>	<b>11</b>
3.1. Aufgaben des NTBA . . . . .	11
3.2. Mehrfachnutzung von Übertragungsmedien (Multiplexing) . . . . .	12
3.3. Synchrones und asynchrones Zeitmultiplexing . . . . .	13
3.3.1. Synchrones Zeitmultiplexing . . . . .	13
3.3.2. Asynchrones Zeitmultiplexing . . . . .	13
3.4. Anwendung von asynchronem Zeitmultiplexing . . . . .	13
3.5. Synchrones Zeitmultiplexing an der S <sub>0</sub> -Schnittstelle . . . . .	13
3.6. S <sub>0</sub> -Bus Frameaufbau . . . . .	14
3.7. Digitalisierung analoger Signale (PCM) . . . . .	15
3.8. Frequenzmultiplexing . . . . .	16
3.9. Frequenzmultiplexing am Beispiel analoges/DSL-Signal . . . . .	16
3.10. Aufgabe des Splitters . . . . .	16
3.11. Amplitudenmodulation und Frequenzmodulation . . . . .	19
3.11.1. Amplitudenmodulation . . . . .	19
3.11.2. Frequenzmodulation . . . . .	20
<b>A. Quellenangabe</b>	<b>22</b>
<b>B. Kolophon</b>	<b>22</b>

## Tabellenverzeichnis

1.	Monatliche Grundentgelte htp DSL . . . . .	7
2.	Monatliche Grundentgelte htp DSL Solo . . . . .	8
3.	S <sub>0</sub> -Bus Frameaufbau . . . . .	14

## Abbildungsverzeichnis

1.	Transferdauer einer 10 MByte großen Datei . . . . .	7
2.	Downloaddauer einer 10 MByte großen Datei . . . . .	8
3.	Kosten bei 1,5 h Internetnutzung . . . . .	8
4.	Netzübersichtsplan ISDN . . . . .	9
5.	Netzübersichtsplan DSL/ISDN . . . . .	10
6.	Die genaue Verdrahtung des S0-Busses . . . . .	11
7.	Gabelschaltung $U_{K0}/S_0$ . . . . .	12
8.	$S_0$ -Bus Frameaufbau . . . . .	14
9.	PCM . . . . .	17
10.	Frequenzmultiplexing . . . . .	18
11.	Aufgaben des Splitters . . . . .	19
12.	Amplitudenmodulation . . . . .	20
13.	Frequenzmodulation . . . . .	21

# 1. Handlungsschritt 1<sup>1</sup>

## 1.1. ISDN

### 1.1.1. Definition und Merkmale

ISDN steht für "Integrated Services Digital Network" und ist ein internationaler Standard für ein digitales Telekommunikationsnetzwerk. In diesem Netz sind verschiedene Dienste, wie Telefax, Telefonie und Datenübertragung integriert, wofür früher jeweils ein eigenes Netz notwendig war.

Bei einem ISDN-Basisanschluss stehen zwei voneinander unabhängige Kanäle zur Verfügung, die für Telefongespräche, Fax und/oder Datenübertragung genutzt werden können.

Mit ISDN sind zwei Anschlussvarianten möglich, zum einen der schon erwähnte Basisanschluss und zum anderen der Anlagenanschluss.

Der Basisanschluss wird größtenteils von Privatkunden oder kleineren Betrieben genutzt. Er stellt zwei Nutzkanäle (B-Kanäle) mit je 64 kbit/s Datenübertragungsrate und einen Steuerkanal (D-Kanal) für die Übertragung von Steuerinformationen mit 16 kbit/s bereit.

Der Anlagenanschluss dient zum Anschluss einer Telefonanlage, wobei hier die Anzahl der nutzbaren Nummern und Telefone nicht begrenzt ist, es wird nur eine Grundrufnummer mit einer Anzahl von Ziffernstellen für Durchwahlen bereitgestellt.

Eine besondere Form des Anlagenanschlusses ist der Primärmultiplexanschluss, welcher 30 B-Kanäle mit je 64 kbit/s, einen D-Kanal mit 64 kbit/s und einen weiteren Kanal für Wartung und Synchronisation mit weiteren 64 kbit/s zur Verfügung stellt.

Diese Form des Anschlusses würde sich empfehlen, wenn der Kunde expandieren und 30 Sprachkanäle zeitgleich nutzen möchte.

### 1.1.2. Vergleich von ISDN- und Analog-Anschlüssen

Der Hauptunterschied zwischen ISDN- und Analog-Anschluss besteht in der digitalen Übertragung bis zum Endgerät. Während beim analogen Anschluss nur ein Kanal und eine Rufnummer zur Verfügung stehen, wodurch nur ein Gespräch gleichzeitig geführt werden kann, stehen beim ISDN-Anschluss zwei Kanäle mit bis zu 10 Rufnummern, die gleichzeitig genutzt werden können, zur Verfügung.

Ein weiterer Unterschied ist die verlustfreie Signalübertragung bei ISDN mit einer Datenübertragungsrate von bis zu 128 kbit/s bei Doppelkanalbenutzung gegenüber nur 56 kbit/s Datenübertragungsrate bei analogem Anschluss mit nicht verlustfreier Signalübertragung, da hier nur eine Signalverstärkung statt einer Signalregenerierung stattfindet.

---

<sup>1</sup> Autor: Petra Fronius

Zur Veranschaulichung des Unterschieds bei der Downloadtransferdauer zwischen ISDN- und Analog-Anschluss wird eine 10 MB große Datei herangezogen.

So benötigt man mit ISDN ca. 21 Minuten um diese Datei bei einer Geschwindigkeit von 8 kB/s herunter zu laden, während man mit einem analogen Anschluss bei einer Geschwindigkeit von 7 kB/s ca. 24 Minuten benötigt.

### **1.1.3. Kosten von ISDN- und Analog-Anschluss**

Das Entgelt für einen ISDN-Anschluss liegt momentan bei 17,90 €/Monat<sup>2</sup> und für einen Analog-Anschluss bei 17,00 €/Monat<sup>2</sup>.

Es fallen noch zusätzliche Verbindungsentgelte bzw. Grundentgelte für Flatrate an, je nachdem für was sich der Kunde entscheidet.

### **1.1.4. Merkmale einer ISDN-TK-Anlage**

Bei einer TK-Anlage handelt es sich um eine Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung. Sie dient zur Verbindung mehrerer Endgeräte untereinander und mit dem öffentlichen Telefonnetz.

Ein Leistungsmerkmal einer ISDN-TK-Anlage ist, dass es nur eine Rufnummer mit einer beliebigen Anzahl von Ziffernstellen für Durchwahlen gibt, was unter anderem Rufumleitung, Weiterverbinden von Telefongesprächen, zentrales internes Telefonbuch und Gebührenerfassung ermöglicht.

Die Vorteile einer solchen Anlage liegen in den kostenlosen internen Gesprächen zwischen den einzelnen angeschlossenen Endgeräten, sowie die Kosteneinsparung beim Anschluss, da nicht jedes Endgerät einen Teilnehmeranschluss benötigt und der Möglichkeit von Konferenzschaltungen.

Das Grundentgelt für einen ISDN-Anlagenanschluss beläuft sich momentan auf 17,90 €/Monat<sup>2</sup>.

## **1.2. DSL**

### **1.2.1. Definition und Merkmale**

DSL steht für "Digital Subscriber Line" und bezeichnet einen Übertragungsstandard, mit dem Daten mit hohen Übertragungsraten von bis zu 210 MBit/s über einfache Kupferleitungen gesendet und empfangen werden können. Hierbei wird ein Frequenzband genutzt, welches oberhalb des für analoge Telefonie genutzten Frequenzbandes liegt, so dass gleichzeitiges Telefonieren und Nutzen des Internets möglich ist.

Ein DSL-Anschluss kann in Verbindung mit einem analogen Telefon- oder einem

---

<sup>2</sup>Die Preisangabe ist der Internetseite der htp GmbH entnommen

ISDN-Anschluss genutzt werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit einen DSL-Anschluss ohne diese Beiden zu nutzen, indem Telefongespräche über IP (VoIP) geführt werden.

### **1.2.2. ADSL**

ADSL steht für "Asymmetric Digital Subscriber Line" und ist zurzeit das am häufigsten verwendete Übertragungsverfahren im Privatkundenbereich. Hierbei handelt es sich, wie der Name schon sagt, um einen asynchronen DSL-Anschluss, d.h. Downstream (Empfangsrate) und Upstream (Senderate) werden ungleich aufgeteilt, wobei der Downstream höher als der Upstream ist.

Für die störungsfreie, gleichzeitige Nutzung der Telefonleitung werden sowohl beim Hauptverteiler als auch beim Teilnehmer Frequenzweichen (Splitter) eingesetzt, welche die Frequenzbereiche auftrennen.

In Deutschland sind bei ADSL über ISDN maximale Datenraten von bis zu 10 MBit/s in Empfangs- und bis zu 1 MBit/s in Senderichtung möglich, über einen analogen Anschluss sind Datenraten von bis zu 8 MBit/s in Empfangsrichtung möglich.

### **1.2.3. SDSL**

SDSL steht für „Symmetric Digital Subscriber Line“. Hierbei handelt es sich, wie der Name schon sagt, um einen synchronen DSL-Anschluss, wobei Down- und Upstream gleich groß sind.

SDSL wird hauptsächlich für Datenverbindungen von Geschäftskunden verwendet, aber auch für die Anbindung von Netzkomponenten der Netzbetreiber.

SDSL unterstützt nicht die Splitter-Technologie, die ADSL nutzt. Bei SDSL wird der gesamte Frequenzbereich, auch die von der Telefonie (bei ADSL) genutzten unteren Frequenzen.

Dadurch kann auf derselben Doppelader kein herkömmlicher Telefondienst übertragen werden, weswegen man SDSL auch als Datenanschluss bezeichnet.

Die maximale Datenrate beträgt 8 MBit/s sowohl für Downstream als auch Upstream.

### **1.2.4. Vergleich der Transferdauer bei ADSL und SDSL**

Wie man gut in Abbildung 1 sehen kann ist die Gesamttransferdauer bei SDSL wesentlich niedriger, da bei ADSL die Uploadzeit auf Grund des Upstreams von nur 1 MBit/s um ein vielfaches höher ist.

### **1.2.5. Kosten eines DSL-Anschlusses**

Wählt man einen ISDN- oder Analoganschluss mit DSL so sind die Grundgebühren des DSL-Anschlusses schon in den Grundgebühren des jeweiligen Telefonanschlusses

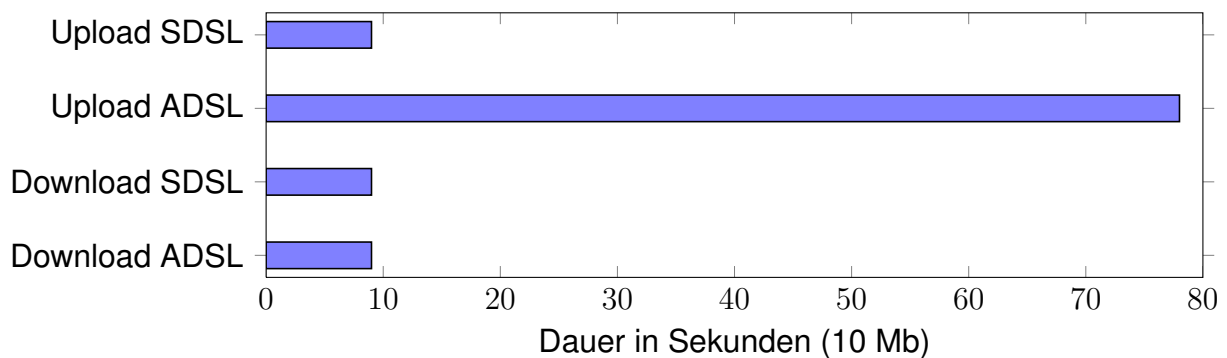


Abbildung 1: Transferdauer einer 10 MByte großen Datei

ses mit eingerechnet.

Es fallen noch Gebühren für den jeweiligen DSL-Tarif an, je nachdem ob man einen Zeit- oder Volumentarif oder eine Flatrate nutzen möchte.

Als Beispiel ziehen wir eine Tarifübersicht (Tabelle 1) der „htp GmbH“ heran, welche zwei verschiedene DSL-Tarifmodelle für ISDN- und Analoganschlüsse gestaffelt nach Geschwindigkeit und DSL-Tarif anbietet.

Bei einem reinen VoIP-DSL-Anschluss fallen die Kosten um einiges geringer aus (Tabelle 2), da hier schon DSL- und die Sprach-Flatrate mit in den Grundpreis enthalten sind.

### 1.3. Gegenüberstellung Analog, ISDN und ADSL

Wie aus Abbildung 2 und Abbildung 3 zu ersehen ist, kann durch einen ADSL-Anschluss die Downloadzeit einer 10 MByte großen Datei um das 64- oder 128-fache verkürzt werden im Vergleich zu einem ISDN-Anschluss bzw. kanalgebündeltem ISDN-Anschluss, und das bei nur unwesentlich höheren Kosten.

Wenn man nun bedenkt, dass man wohl weit mehr als 1,5 Stunden pro Monat im Internet ist, so wird die Entscheidung wohl auf Grund des Geschwindigkeits- und Preisvorteils auf eine ADSL-Flatrate (sofern diese verfügbar ist) in Verbindung mit einem ISDN-Basisanschluss oder -Anlagenanschluss fallen (der Grundpreis unterscheidet sich hier momentan nicht).

DSL-Produkt	Downstream [KBit/s]	Upstream [KBit/s]	Monatliches Grundentgelt DSL-Anschluss [€]	htp DSL Volumen [€/Mo- nat] (Preisobergrenze 10 €/Monat)	Alternativ zu htp DSL Vo- lumen: Monatliches Grund- entgelt htp DSL Flat [€]
htp DSL 4000 Analog	4.096	384	24,95	0,039	5
htp DSL 4000 ISDN	4.096	384	29,95	0,039	5
htp DSL 8000 Analog	8.192	640	29,95	0,039	5
htp DSL 8000 ISDN	8.192	640	34,95	0,039	5
htp DSL 16000 Analog	16.384	1.024	34,95	0,039	5
htp DSL 16000 ISDN	16.384	1.024	39,95	0,039	5

Tabelle 1: Monatliche Grundentgelte htp DSL



DSL Solo-Produkt	Downstream [KBit s]	Upstream [KBit s]	Monatliches Grundentgelt DSL-Anschluss [€]	Inklusivleistungen
htp DSL Solo 8000	8.192	640	29,95	DSL-Flatrate, Sprach-Flatrate in das nationale Festnetz
htp DSL Solo 4000	4.096	512	29,95	DSL-Flatrate, Sprach-Flatrate in das nationale Festnetz
htp DSL Solo 16000	16.384	1.024	39,95	DSL-Flatrate, Sprach-Flatrate in das nationale Festnetz

Tabelle 2: Monatliche Grundentgelte htp DSL Solo

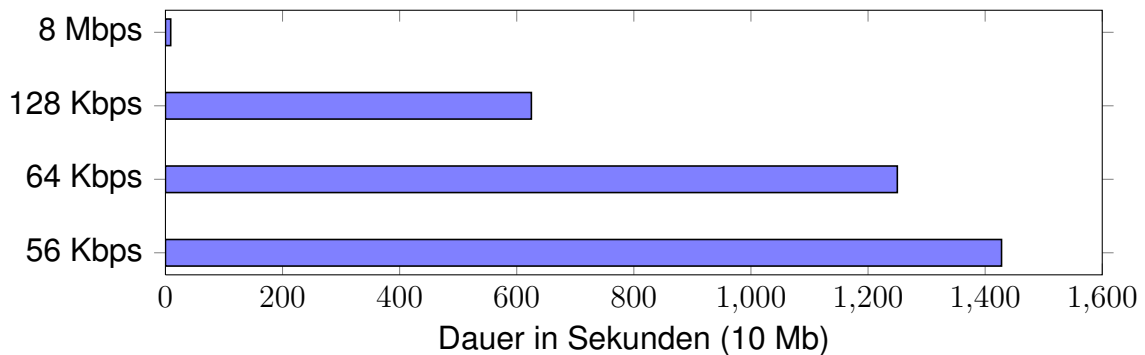


Abbildung 2: Downloaddauer einer 10 MByte großen Datei

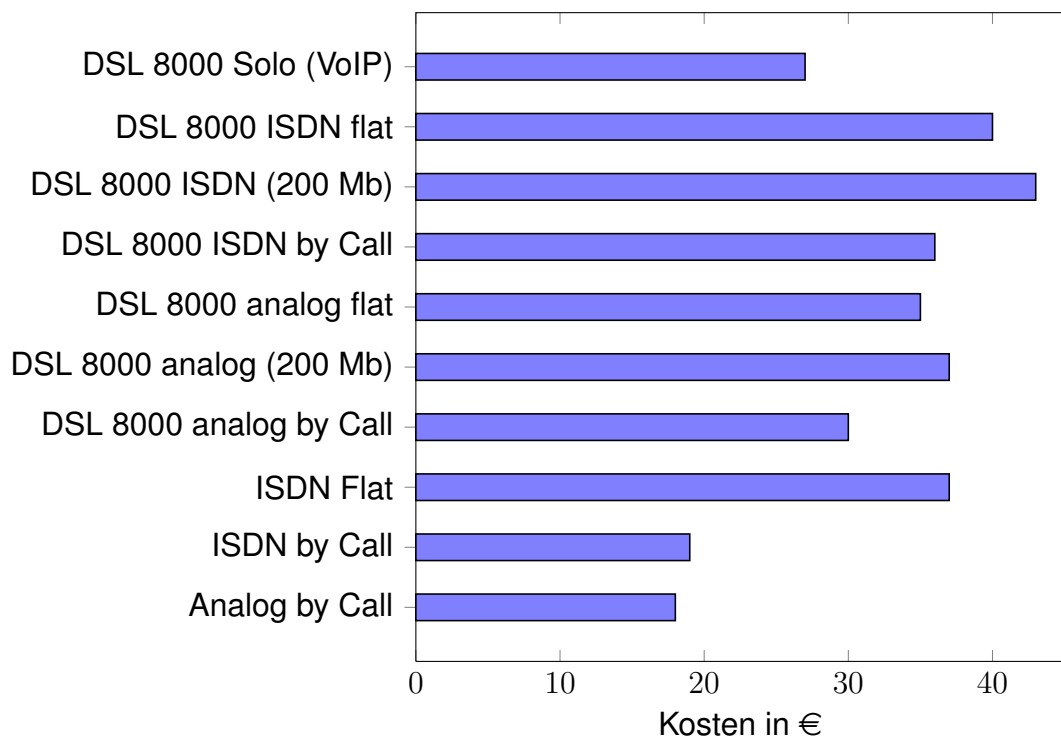


Abbildung 3: Kosten bei 1,5 h Internetnutzung

## 2. Handlungsschritt 2<sup>3</sup>

### 2.1. Netzübersichtsplan ISDN

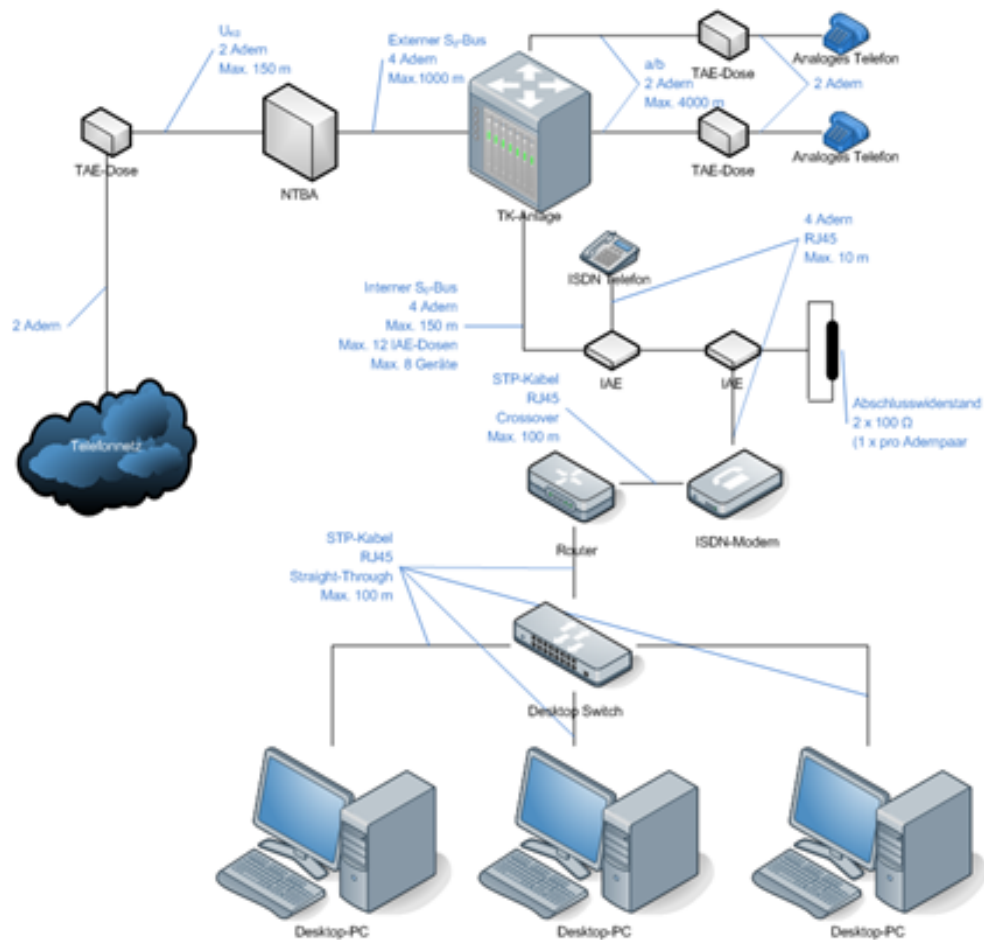


Abbildung 4: Netzübersichtsplan ISDN

<sup>3</sup>Autor: Martin Wilke

## 2.2. Netzübersichtsplan DSL/ISDN

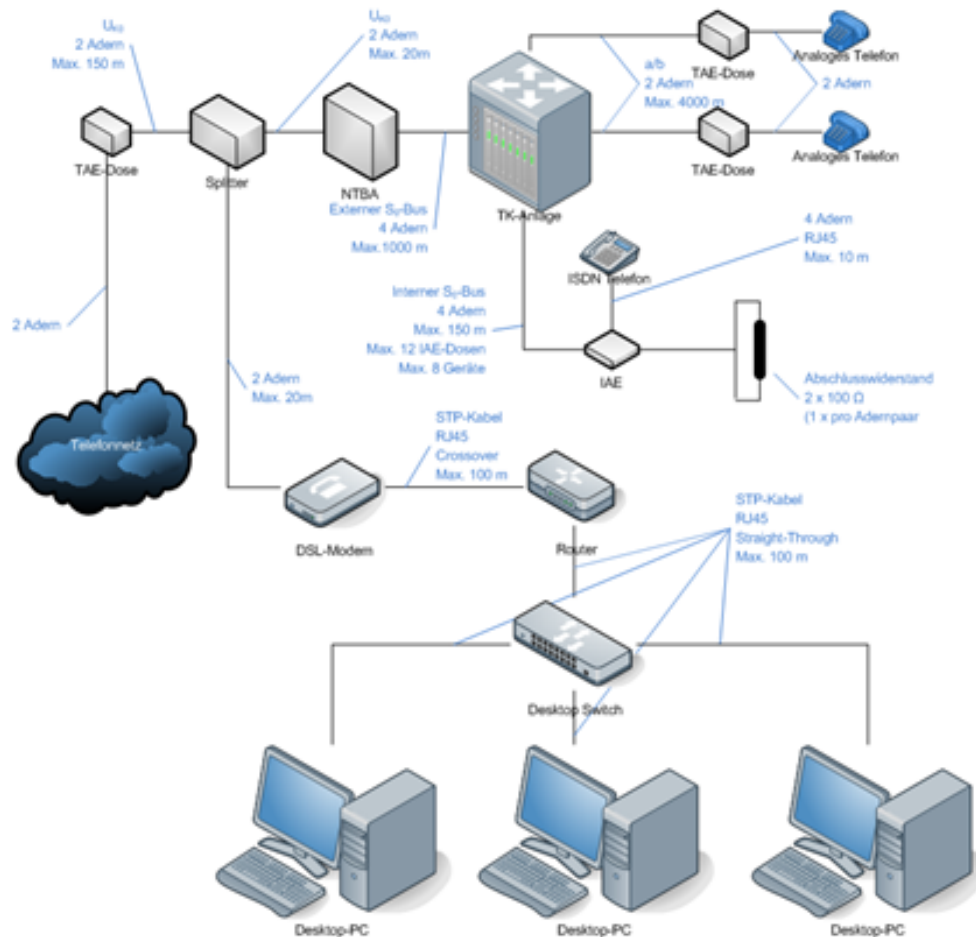


Abbildung 5: Netzübersichtsplan DSL/ISDN

## 2.3. Verdrahtung des S<sub>0</sub>-Busses

In Abbildung 6 kann man sehr gut die genaue Verdrahtung des S<sub>0</sub>-Busses sehen. Der Netzabschluss entspricht in diesem Fall dem NTBA (externer S<sub>0</sub>-Bus) oder der TK-Anlage (interner S<sub>0</sub>-Bus). Sollte der Kunde expandieren wollen stehen ihm zwei Möglichkeiten offen um zeitgleich vier Sprachkanäle nutzen zu können:

- Beauftragen eines zweiten ISDN-Anschlusses inkl. anschließen eines zweiten NTBA (vier Sprachkanäle)
- Beauftragen eines Primärmultiplexanschlusses (30 Sprachkanäle)

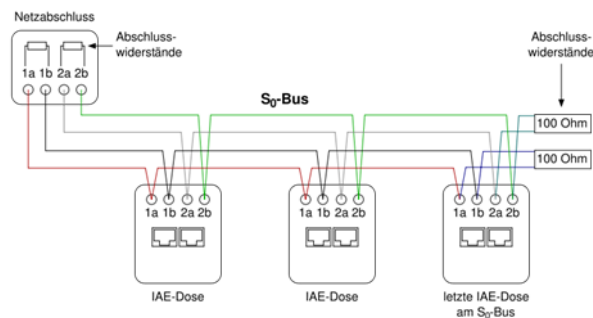


Abbildung 6: Die genaue Verdrahtung des S0-Busses

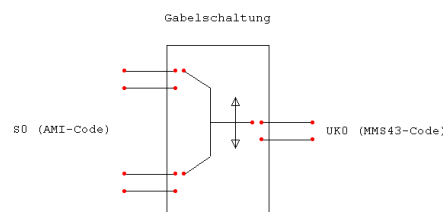


Abbildung 7: Gabelschaltung  $U_{K0}/S_0$

## 3. Handlungsschritt 3

### 3.1. Aufgaben des NTBA<sup>4</sup>

Die Aufgaben des NTBA lassen sich im Wesentlichen in vier Bereiche aufteilen:

**Umsetzung  $U_{K0}/S_0$ :** An der Telefonanschlussbuchse befindet sich die  $U_{K0}$ -Schnittstelle mit zwei Adern. Um den Anschluss mehrerer ISDN-fähiger Endgeräte zu ermöglichen kommt in der ISDN-Technik der sogenannte  $S_0$ -Bus zum Einsatz. Der  $S_0$ -Bus benutzt vier Adern. Im NTBA befindet sich die Gabelschaltung (Abbildung 7), die die zweiadrige  $U_{K0}$ -Schnittstelle in den vieradrigen  $S_0$ -Bus umsetzt.

**Codeumsetzung MMS43/AMI-Code:** Direkt mit der Umsetzung von  $U_{K0}/S_0$  einhergehend ist die Umcodierung der MMS43-Codierung von der  $U_{K0}$ -Schnittstelle in den AMI-Code auf dem  $S_0$ -Bus.

**Echokompensation:** Um Fehler bei der Übertragung zu minimieren kommt die Echokompensation zum Einsatz, die Echo- und Halleffekte weitgehend beseitigt.

**Notstromversorgung:** Bei Analogtelefonen war der Betrieb, auch bei einem Stromausfall des örtlichen Stromnetzes, gewährleistet. Der NTBA stellt sicher das

<sup>4</sup>Autor: Christoph Ringe

auch ISDN-Geräten in einem solchen Fall mit Energie versorgt werden. Fällt der Strom des örtlichen Stromnetzes aus, wechselt der NTBA in den Notbetrieb, was die ISDN-Endgeräte an der gewechselten Polarität der vom NTBA zur Verfügung gestellten Gleichspannung erkennen können. ISDN-Endgeräte können dann ebenfalls in einen Notbetrieb, wenn unterstützt, wechseln.

### 3.2. Mehrfachnutzung von Übertragungsmedien (Multiplexing)<sup>4</sup>

Unter Multiplexing versteht man ein Verfahren, welches es ermöglicht, mehrere voneinander unabhängige Signale zur "gleichen Zeit" über ein Medium zu übertragen. Dabei gibt es unterschiedliche Multiplexverfahren:

**Zeitmultiplexing** Beim Zeitmultiplexverfahren werden mehrere Signale zeitversetzt über ein Medium übertragen.

**Frequenzmultiplexing** Es werden mehrere Signale auf unterschiedlichen Trägerfrequenzen zeitgleich übertragen. Um am Empfänger wieder die ursprünglichen Signale zu erhalten, ist eine Trennung und anschließende Demodulation am Empfänger notwendig.

**Raummultiplexing** Es werden mehrere Signale zeitgleich über einen Kabelstrang, aber jedes Signal auf seiner "eigenen" Leitung übertragen.

**Codemultiplexing** Mehrere Signale werden über ein Medium übertragen und anhand ihrer Codierung vom Empfänger getrennt (z.B. PCI-Bus im PC).

### 3.3. Synchrones und asynchrones Zeitmultiplexing<sup>4</sup>

#### 3.3.1. Synchrones Zeitmultiplexing

Beim synchronen Zeitmultiplexverfahren steht jedem Sender ein genau definierter Zeitabschnitt zur Übertragung seiner Daten zur Verfügung. Vorteil bei diesem Verfahren ist, dass jeder Sender genau weiß wie viele Daten er in welcher Zeit übertragen kann. Bleibt jedoch ein Zeitabschnitt über einen längeren Zeitraum ungenutzt, wird viel ungenutzte Übertragungszeit verschwendet.

#### 3.3.2. Asynchrones Zeitmultiplexing

Beim asynchronen Zeitmultiplexverfahren wird der Nachteil von ungenutzten Übertragungszeiten beim synchronen Zeitmultiplexing vermieden, indem andere Sender die freiwerdende Übertragungszeit nutzen können. Dadurch wird eine höhere Übertragungsrate einzelner Sender möglich. Um die Datenpakete am Empfänger trennen zu

können ist es aber bei diesem Verfahren nötig, zusätzliche Informationen zur Identifizierung (Header, Channel Identifier) der Datenpakete mitzusenden. Die Menge der Nutzdaten wird somit, zumindest theoretisch, geringer. In der Praxis wird meist eine höhere Datenübertragung möglich, da beim synchronen Zeitmultiplexing zu oft gar keine Daten gesendet werden.

### 3.4. Anwendung von asynchronem Zeitmultiplexing<sup>4</sup>

Das asynchrone Zeitmultiplexing, auch ATM<sup>5</sup> kommt vor allem bei der Nutzung von Rechnernetzen zum Einsatz, z.B. Token Ring, FDDI, Token Bus. Das aber wohl bekannteste Beispiel, welches ATM benutzt, ist das Internet.

### 3.5. Synchrones Zeitmultiplexing an der S<sub>0</sub>-Schnittstelle<sup>6</sup>

Um über einen normalen zweiadrigen Telefonanschluss (U<sub>K0</sub>-Seite) zwei Telefonleitungen inklusive D-Kanal (S<sub>0</sub>-Seite) anbieten zu können, verwendet man synchrones Zeitmultiplexing. Dieser Vorgang beschreibt folgende Schritte:

- Von der Vermittlungsstelle werden drei Signale (2·B-Kanal, 1·D-Kanal) gemultipliziert und an die U<sub>K0</sub>-Schnittstelle des NTBA übertragen.
- Im NTBA werden diese Signale demultipliziert und können an der S<sub>0</sub>-Schnittstelle entgegengenommen werden.
- An der S<sub>0</sub>-Schnittstelle erhält dann der B<sub>1</sub>- und B<sub>2</sub>-Kanal jeweils ein eigenes, voll duplex nutzbares Aderpaar.

### 3.6. S<sub>0</sub>-Bus Frameaufbau<sup>6</sup>

Die Frames im Bus sind folgendermaßen aufgebaut (Abbildung 8, Tabelle 3):  
Ein S<sub>0</sub>-Frame ist also insgesamt 48 Bit lang und wird alle 250 µs versandt:

$$\frac{1000000 \frac{\mu s}{s}}{250 \frac{\mu s}{Frame}} = 4000 \frac{Frame}{s}$$

Da pro B-Kanal 16 Bit übertragen werden, ergibt sich damit eine Durchsatzmenge von 64 kBit/s pro B-Kanal:

$$16 \frac{Bit}{Frame} \cdot 4000 \frac{Frame}{s} = 64 \frac{kBit}{s}$$

<sup>5</sup>ATM : Asynchronous Time Devision

<sup>6</sup>Autor: Oluf Lorenzen

2 Bit	Anfangs-/Paritätsbit
8 Bit	vom B <sub>1</sub> -Kanal
2 Bit	D-Kanal-Echo-/D-Kanal-Bit
3 Bit	Synchronisierung und Steuerung
8 Bit	vom B <sub>2</sub> -Kanal
2 Bit	D-Kanal-Echo-/D-Kanal-Bit
1 Bit	Synchronisierung/Steuerung
8 Bit	vom B <sub>1</sub> -Kanal
2 Bit	D-Kanal-Echo-/D-Kanal-Bit
1 Bit	Synchronisierung/Steuerung
8 Bit	vom B <sub>2</sub> -Kanal
2 Bit	D-Kanal-Echo-/D-Kanal-Bit
1 Bit	Frame-Abschluss

Tabelle 3: S<sub>0</sub>-Bus Frameaufbau

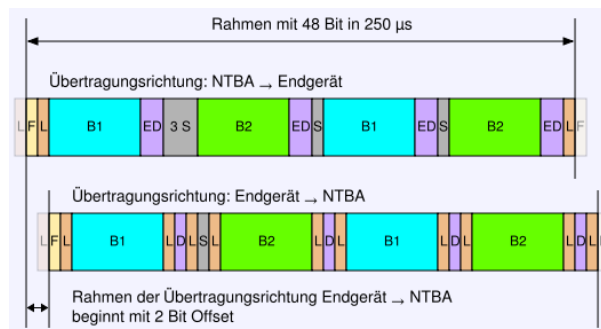


Abbildung 8: S<sub>0</sub>-Bus Frameaufbau

Der D-Kanal erreicht eine Durchsatzmenge von 16 kBit/s:

$$4 \frac{\text{Bit}}{\text{Frame}} \cdot 4000 \frac{\text{Frame}}{\text{s}} = 16 \frac{\text{kBit}}{\text{s}}$$

Da in jedem Frame die Größe der jew. Bereiche (B<sub>1</sub>/B<sub>2</sub>/D) festgelegt ist, benötigt man, egal für welchen Kanal, in voller Größe 4000 Frames bzw. 1 Sekunde.

### 3.7. Digitalisierung analoger Signale (PCM)<sup>6</sup>

Unter Anwendung der PCM werden analoge Signale in den folgenden Schritten digital codiert:

- Bandbegrenzung/Abtastung
- Quantisierung
- Codierung

Bei der Bandbegrenzung/Abtastung wird das analoge Signal in einer bestimmten Frequenz bis zu einem bestimmten Schwellenwert (Frequenzmaximum/-minimum) abgetastet und man erhält ein pulsamplitudenmoduliertes Signal (Abbildung 9 A und B). Zu beachten ist hierbei, dass die Frequenz der Abtastung doppelt so hoch sein muss,

wie die höchste vorkommende Frequenz des analogen Signals. Dieses Signal wird nun in einem Analog-Digital-Wandler quantisiert (Abbildung 9 C). Daraus ergibt sich, dass die Schwingungsweiten (Amplitudenwerte) in eine bestimmte Anzahl von Quantisierungsstufen eingeteilt werden. Aus jedem Wert wird ein Codewort berechnet (Abbildung 9 C und D), was die Schwingungsweite beinhaltet. Die Anzahl der möglichen Quantisierungsstufen  $q$  (in Abbildung 9 sind es  $q = 16$ ) ergibt sich hierbei aus der vorher festgelegten Anzahl der Bits  $b$ :

$$q = 2^b$$

Bei ISDN werden 8 Bit verwendet, was 256 Quantisierungsstufen entspricht. Da das menschliche Gehör den Frequenzbereich zwischen max./min. 20 kHz/16 Hz wahrnehmen kann und man nach dem Nyquist-Shannon-Theorem 56000 Abtastungen/Sekunde vornehmen muss, ergibt das z.B. bei einer CD-ROM (16Bit/Abtastung):

$$56000 \cdot 16\text{Bit} = 986000\text{Bit}$$

Bei Kompressionsverfahren für Sprachsignale werden üblicher Weise mit einer Frequenz von 8 kHz abgetastet, da bis zu diesem Level eine gute Sprachverständlichkeit gegeben ist. Da es bei HiFi keinerlei allgemeingültige Definition gibt, kann hierzu nichts genaues gesagt werden. Abhängig ist die Ausgabefrequenz letztendlich von der vorhandenen Hardware (Lautsprecher usw.), des Mediums (analog: LP, Magnetband usw.) bzw. bei digitaler Speicherung vom Codec (FLAC, MPEG, Audio Layer 3, usw.). Da wie oben erwähnt, ohne Beschränkungen in der Abtastfrequenz eine große Datenmenge generiert wird (z.B. CD-ROM, bereits mit Beschränkung!) und man unter Anwendung der besagten 8 kHz und einer guten Dynamik von 256 Quantisierungsintervallen (8 Bit/Codewort) alle 128  $\mu\text{s}$  8 Bit verarbeitet werden, ergibt das einen Sprachkanal von 64 kbit/s.

### 3.8. Frequenzmultiplexing<sup>6</sup>

Frequenzmultiplexing ist ein Verfahren, mit dem sich überschneidende Frequenzbänder mehrere Kanäle über einen Kanal übertragen lassen. Jedes Frequenzband eines Kanals wird auf einem breiteren, in einer festgelegten Position zu den anderen Bändern, „abgelegt“ bzw. verschoben. Es ist eine Reduzierung der drei Kanäle auf ein breiteres Frequenzband auf einem Kanal erfolgt.

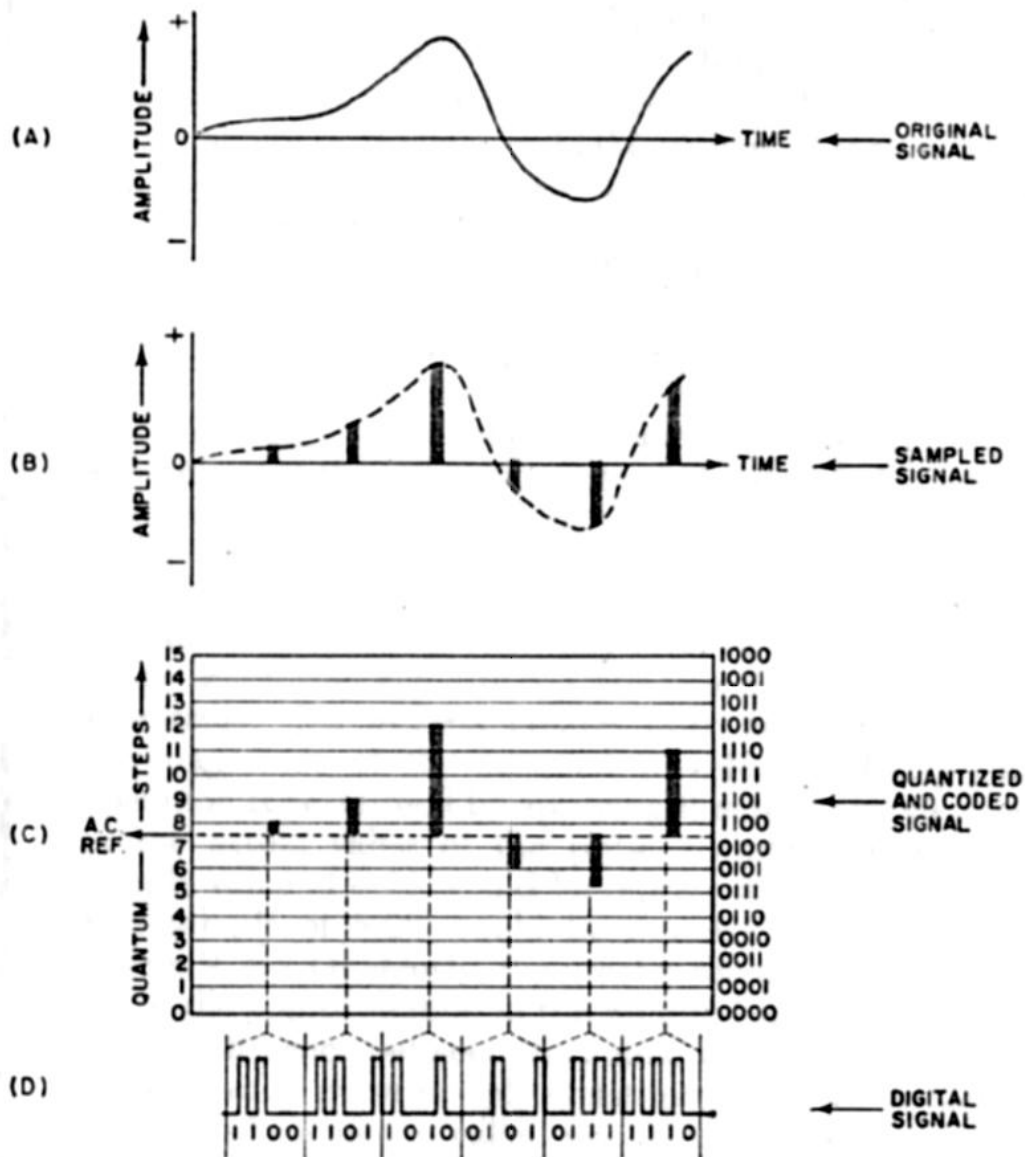
### 3.9. Frequenzmultiplexing am Beispiel analoges/DSL-Signal<sup>7</sup>

Das Frequenzmultiplexing dient dazu, über eine Leitung gleichzeitig mehrere Signale zu übertragen. Ein bekannter Anwendungsfall ist die Übertragung eines POTS-

---

<sup>7</sup> Autor: Conrad Kostecki





**Fig. 2. Basic operating steps in pulse-code modulated transmission. (A) The original speech signal is (B) sampled to produce pulses corresponding to instantaneous voltage amplitude of audio waveform which is then (C) quantized into incremental levels and (D) encoded into equivalent digital signal.**

Abbildung 9: PCM

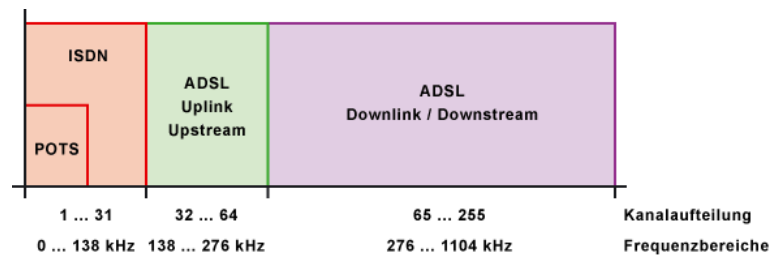


Abbildung 10: Frequenzmultiplexing

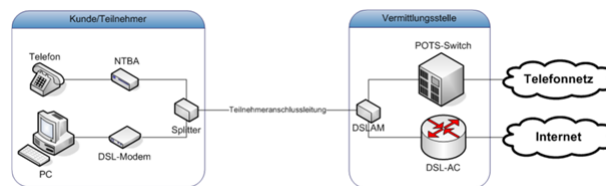


Abbildung 11: Aufgaben des Splitters

/ISDN-Signals gemeinsam mit dem DSL-Signal auf einer Leitung. Damit ist eine gleichzeitige Nutzung von Telefonie und DSL möglich.

Das ganze wird ermöglicht, in dem auf verschiedenen Frequenzen ein bestimmtes Signal übertragen wird. POTS (Analog) wird auf den Frequenzen bis 20 KHz übertragen. Falls anstatt POTS (Analog) ISDN genutzt wird, so wird auf den Frequenzen bis zu 120 KHz genutzt. Aufgrund des Annex-B-Standards in Deutschland wird bei Analoganschlüssen trotzdem erst ab 138 KHz das DSL-Signal übertragen. Erst ab 138 KHz beginnt das DSL-Signal, welches in zwei Bereiche eingeteilt wird. Der erste Bereich ist der Uplink und der zweite Bereich der Downlink. Zusammen ergibt es das Frequenzspektrum für DSL.

### 3.10. Aufgabe des Splitters<sup>7</sup>

Der Splitter (BBAE, Breitbandanschlusseinheit) hat nur eine einzige Aufgabe: er ist dafür zuständig, dass auf der ankommenden Leitung die Signale voneinander getrennt werden. Dafür sind mittels des Frequenzmultiplexing mehrere Signale auf einer Leitung gelegt. Dabei wird zwischen niedrigfrequenten (POTS, ISDN) und hochfrequenten Signalen (DSL) unterschieden. Im Prinzip ist der Splitter nichts weiter, als eine passive Frequenzweiche, mit der das Signal sauber getrennt werden kann. Dadurch wird eine gleichzeitige Nutzung von Telefonie und Internet ermöglicht.

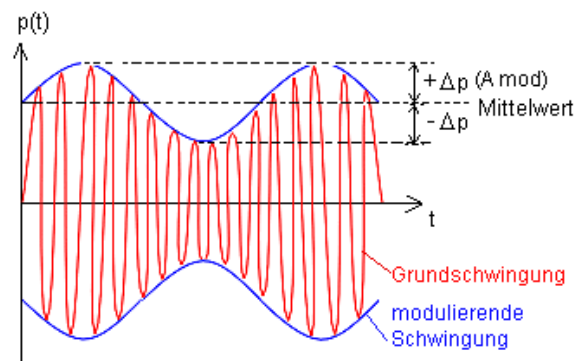


Abbildung 12: Amplitudenmodulation

### 3.11. Amplitudenmodulation und Frequenzmodulation<sup>7</sup>

Damit mehrere Informationen auf einer Trägerfrequenz übertragen werden können, gibt es zwei Verfahren. Das eine ist die Amplitudenmodulation und das andere ist die Frequenzmodulation.

#### 3.11.1. Amplitudenmodulation

Bei der Amplitudenmodulation wird einem hochfrequenten Trägersignal, die zu übermittelnde Information in Form eines niederfrequenten Modulationssignals aufmoduliert. Wie der Name sagt, erzeugt die Amplitudenmodulation Änderungen an den Amplituden, also den Ausschlägen des Trägersignals. Die Trägerfrequenz wird jedoch nicht verändert. Hierdurch wird eine höhere Reichweite gegenüber der Frequenzmodulation erreicht. Aufgrund der Abhängigkeit der Amplitude, ist die Amplitudenmodulation allerdings auch anfällig gegenüber umweltbedingten Störungen, da diese sich in erster Linie auf die Amplitude auswirken.

#### 3.11.2. Frequenzmodulation

Bei der Frequenzmodulation wird die Modulation durch eine Änderung an der Trägerfrequenz erreicht. Als Frequenzhub werden alle Abweichungen vom unmodulierten Trägersignal bezeichnet. Wie der Name schon sagt, wird die anstatt der Amplitude die Frequenz moduliert. Dadurch treten weit aus weniger Störungen auf, als bei der Amplitudenmodulation. Zusätzlich wird ein höherer Dynamikumfang erreicht als bei der Amplitudenmodulation. Ein Nachteil dagegen ist, dass die Frequenzmodulation eine geringere Reichweite hat als Amplitudenmodulation. Das ist darauf zurückzuführen, dass die Trägerfrequenzen nur kleine Wellen besitzen, welche durch Hindernisse schnell geschwächt werden können (Bäume, Gebirge, Gebäude). Durch

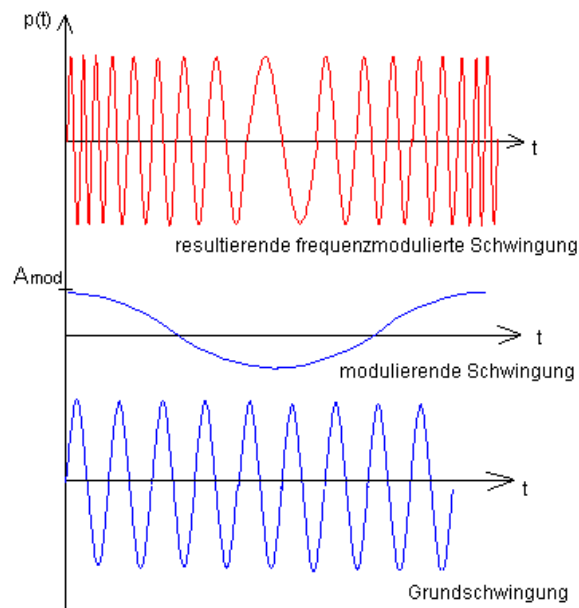


Abbildung 13: Frequenzmodulation

umweltbedingte Störeinwirkungen wird allgemein die Amplitude beeinflusst. Bei der Frequenzmodulation ist jedoch die Amplitude immer konstant, wodurch die Störungen nur einen geringen Einfluss haben.

## A. Quellenangabe

- <http://www.htp.net>
- <http://de.wikipedia.org>
- Einfache IT-Systeme, Bildungsverlag EINS
- Net IT, Verlag Handwerk und Technik
- <http://www.elektronik-kompodium.de>
- <http://www.a-enterprise.ch>
- <http://www.triple-tec.de>
- IT-Handbuch für Fachinformatiker, Verlag Galileo Computing
- Einführung in die Informatik, Verlag Oldenburg
- <http://www.antenne-kulmbach.de/Amateurfunk/wissen.html>
- [http://www.dasp.uni-wuppertal.de/ars\\_auditus/akustik/akustik8.htm](http://www.dasp.uni-wuppertal.de/ars_auditus/akustik/akustik8.htm)
- <http://www.dsitarife.net/lexikon/3.html>
- <http://www.tocker.de/dsl/dsl.html>

## B. Kolophon

Dieses Dokument wurde mit  $\LaTeX$  erstellt. Als  $\LaTeX$ -Distribution wurde MiKTeX 2.7 unter Microsoft Windows XP verwendet. Als Entwicklungsumgebung wurde Eclipse 3.4.1 GANYMEDE benutzt. Für das allgemeine Dokumentlayout ist die im deutschsprachigen Raum übliche KOMA-Script Klasse scrartcl verantwortlich. Die generierung des pdf-Formats wurde mit pdfTeX realisiert. Desweiteren wurden die  $\LaTeX$ -Pakete automark, babel, inputenc, fontenc, graphicx, hyperref, color, colortbl, upgreek, textcomp und helvet benutzt.