

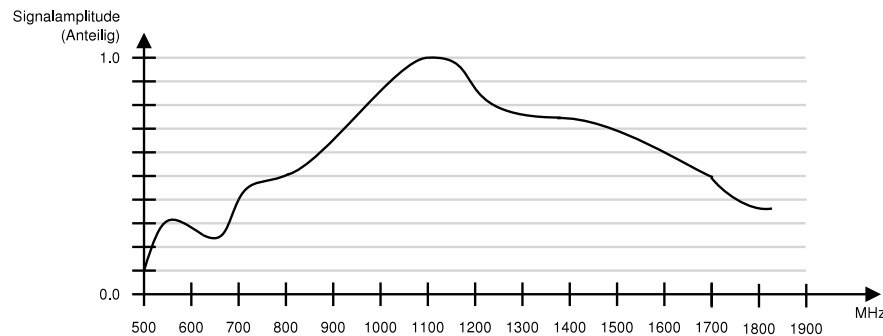
## Übungsblatt 6

Abgabe bis **31.05.2013** in der Vorlesung.

*Hinweis:* Schreiben Sie unbedingt Ihre Übungsgruppe auf Ihre Abgabe!

### 1. Bandbreite und Übertragungsrate (H)

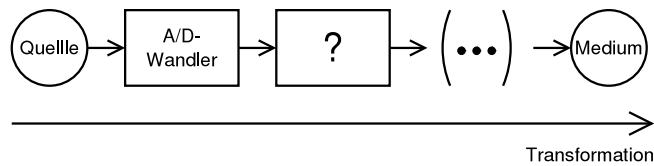
Gegeben sei folgendes Amplituden-Frequenz-Spektrum (Profil) eines Mediums:



- Wie stark wird ein Signal bei 800 MHz in diesem Medium gedämpft? Geben Sie die Antwort auch in dB (Dezibel) an!
- Geben Sie die nutzbare Bandbreite und die entsprechenden Grenzfrequenzen des Mediums an! Begründen Sie ihre Antwort!
- Über dieses Medium soll eine Übertragungsrate von 9 GBit/s erreicht werden.
  - Berechnen Sie die notwendige Anzahl der Signalzustände für den Fall eines rauschfreien Kanals!
  - Berechnen Sie für ein realistisches Medium das kleinstmögliche Verhältnis zwischen Signalleistung und Rauschleistung mit dem 9 Gbit/s erreicht werden können!
- Der Leitungswiderstand in dem hier betrachteten Medium dämpft Signale mit  $6 \frac{dB}{km}$  und der gemessene Rauschabstand am Sender beträgt  $42 \text{ dB}$ . Der Sender sendet mit einer Ausgangsleistung von 40W. Diese Ausgangsleistung entspricht  $16 \text{ dB}$  bezogen auf einen Referenzwert von 1W.
  - Alles Hintergrundrauschen geht von der schlecht konstruierten Sendeelektronik aus und ansonsten handelt es sich um ein perfektes Medium (gleichmäßige Dämpfung aller Frequenzen, keine Störeinflüsse). Wie verändert sich der Rauschabstand mit der Ausbreitung des Signals?
  - Angenommen die Sendeelektronik induziert keinerlei Störungen und das Hintergrundrauschen ist konstant. Über welche Distanz kann mit diesem Medium eine Übertragungsrate von 9 Gbit/s realisiert werden?
- Das Profil des Mediums wurde an einem 1000 m langen Leiter durch Messungen ermittelt.
  - Über welche maximale Strecke kann ein Binärsignal mit 9 Gpbs übertragen werden?
  - Welche Störungen bedingen diese Obergrenze physikalisch, indem sie das Signal während der Übertragung beeinflussen?
- Stellen Sie die Begriffe Bandbreite und Datenrate gegenüber.
  - Welche Definitionen des Begriffs der Bandbreite kennen Sie, und wodurch unterscheiden sie sich?
  - Die Übertragungsrate ist von der Bandbreite des Kanals abhängig. Nennen Sie andere Größen, von denen die Übertragungsrate ebenfalls abhängig ist, und geben Sie dabei an, wie diese die Übertragungsrate beeinflussen!

## 2. Codierungen (H)

Gegeben sei folgendes Blockdiagramm, in dem die Quelle Sprachdaten als analoges, d.h. wert- und zeitkontinuierliches Signal liefert, das mittels eines A/D-Wandlers wert- und zeitdiskret repräsentiert wird und eine konstante Datenrate aufweist.

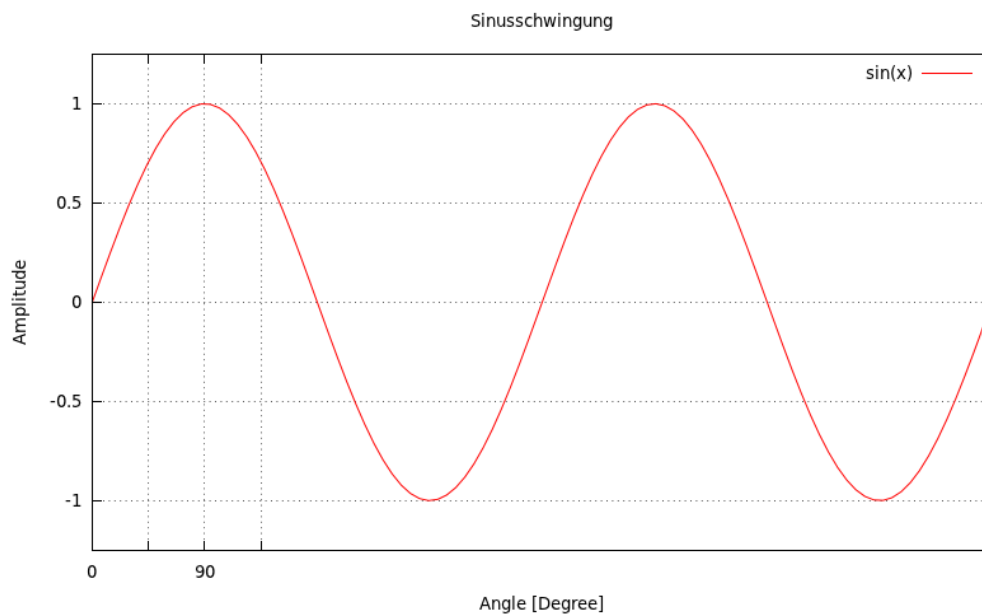


Ziel ist eine Übertragung des Quellsignals über das Medium unter folgenden Anforderungen:

- Es soll ein *kontinuierlicher Datenstrom* übertragen werden (d.h. Übertragung in Echtzeit).
  - Übertragung über eine *maximale Mediumlänge* ohne den Einsatz von Verstärkern.
  - *Bitfehler* in der Übertragung sollen erkannt werden.
- (a) Ergänzen Sie das Blockdiagramm um die notwendigen Zwischenstationen.
- i. Erläutern Sie kurz die Funktion und die Notwendigkeit der denkbaren einzelnen Blöcke zwischen Quelle und Medium!
  - ii. Zeichnen Sie eine konkrete Version des Blockdiagramms, indem Sie für jeden Block eine Codierungstechnik wählen und begründen Sie für jede von Ihnen gewählte Technik, warum sie sich zur Erfüllung der Anforderungen eignet!
  - iii. Geben Sie bei jeder von Ihnen gewählten Technik an, welche Bedenken bzw. Nachteile gegen sie sprechen!
- (b) Besondere Bedeutung für die Datenübertragung haben periodische Funktionen, wie z.B. eine Sinusschwingung. Für die Modulation des Signals, d.h. die Umsetzung des Quellsignals in eine andere für den Kanal passende Signalform, wird im einfachsten Fall genau eine der drei Größen *Amplitude*, *Phase* oder *Frequenz* variiert. Gegeben sei das Sendesignal  $s(t)$  mit:

$$s(t) = A_0 \cdot \sin(2\pi ft + \theta),$$

wobei  $A_0$  die (maximale) Amplitude,  $f$  die Frequenz und  $\theta$  die Phase des Signals repräsentieren.



- i. Zeichnen Sie das Sendesignal  $s(t)$ , wenn  $A_0$  halbiert wird!
- ii. Ein mit 3 Bit quantisiertes Signal soll mittels Amplitudenmodulation übertragen werden. Zeichnen Sie eine mögliche Lösung als Zeitsignal!

### 3. Digitale Übertragung analoger Signale

Ein Audiosignal, z.B. ein Musikstück, soll über ein Netz digital übertragen werden. Während der Digitalisierung wird die analoge Aufnahme durch Abtastung und Quantisierung zeit- und wertdiskretisiert. Angenommen die höchste signifikante Frequenz des zu übertragenden Signals beträgt  $f_o = 14kHz$  und die Quantisierungsaufösung beträgt 16 Bit, wobei ein Bit für das Vorzeichen vorgesehen ist.

- (a) Wie hoch muss die Abtastrate  $f_{Abtastrate}$  mindestens sein, um das Signal verlustfrei rekonstruieren zu können?
- (b) Wieviele verschiedene Signalzustände kann das digitalisierte Signal annehmen?
- (c) Die Anzahl der Quantisierungsstufen ist zusammen mit der Abtastrate entscheidend für die Qualität des digitalisierten Signals. Der Standard für Musik-CDs spezifiziert eine Abtastrate von 44,1 kHz und eine Quantisierung mit 16 Bit.
  - i. Welche Datenrate ist für eine Echtzeitübertragung des Inhalts einer Musik-CD notwendig?
  - ii. Berechnen Sie die Datenmenge für 1 Minute Musik auf einer CD!
- (d) Zur Bestimmung der maximalen Datenrate eines Kommunikationskanals (z.B. eines Mediums) sind sowohl seine Bandbreite als auch das Verhältnis zwischen Empfangssignalleistung und Empfangsrauschleistung, das Signal-Rausch-Verhältnis (Rauschabstand)  $S/N$ , zu berücksichtigen.
  - i. Wie hoch ist die maximal erreichbare Datenrate eines Kanals, für den das Verhältnis zwischen Nutz- und Rauschsignalleistung  $S/N = 30dB$  und die Bandbreite  $20kHz$  betragen?
  - ii. Um die maximale Datenrate zu erhöhen, können Nutzsignale mit mehr Leistung gesendet werden. Berechnen Sie den Rauschabstand für die Fälle, in denen das Nutzsignal mit doppelter, vierfacher und achtfacher Leistung gesendet wird!