

PCM-Signal:

- Kanalkapazität kann bestimmt werden!! Nicht die Informationsrate
- Wie viel Informationen übertragen werden hängt von der Codierung ab

Informationsquader (Aufteilung):

- gesamte Information (gesamter Quader)
 - Entropie (Informationskartoffel): die tatsächliche Information
 - redundante Information bzw. Redundanz (Raum zwischen Kartoffel und Quaderseite)
 - Information:
 - o Entropie:
 - relevante Information → für den Menschen wichtig (hör-/sehbar)
 - irrelevante Information → für den Menschen unwichtig (unhör-/nichtsehbar)
 - o Redundanz
- führt hin zur Datenreduktion (→ Telefontechnik, mehrere Gespräche)
- nur Redundanz wegstreichen → verlustfreie Kodierung (nur noch die Kartoffel)

A/D-Wandlung (Multibitwandler, lineare PCM):

- Standard für die digitale Audiotechnik: PCM (alle Infos sind im Signal vorhanden)

Wandlungsschritte:

- Tiefpass bei Nyquistfrequenz (Anti-Aliasing-TP)
 - Abtastung mit vorgegebener Abtastfrequenz (man erhält ein PAM Signal)
 - Quantisierung/Digitalisierung → Wortbreite M (man erhält ein PCM Signal (Samples))
- serielle/parallele Übertragung:
- parallel: 1 Kabel/Leitung pro Kanal
 - seriell: mehrere Kanäle auf eine Leitung → hohe Übertragungsrate

Einschränkungen:

- es gibt keine Diracfolge → Es gibt kein PAM-Signal
 - nicht-ideale Abtastung (Diracfolge → Diracstoß (unendlich keine Impulsdauer))
 - Quantisierer braucht eine endliche Zeit, um den richtigen Wert zu finden (Bsp. Widerstandsnetzwerk)
 - Umsetzung von Sample & Hold per Halbleiterschalter & Kondensator
 - Rechteckfolge als reale Umsetzungsmöglichkeit
- Parameter: TASTZEIT $T_A = \frac{1}{f_A}$, HALTEZEIT $T_H \rightarrow \frac{T_H}{T_A}$ Tastverhältnis (duty circle)
- Beispiele für Tastverhältnisse:
- 1:1 → Treppenfunktion → großes/schlechtes Tastverhältnis
 - realistisch 1:8 → kleines/gutes Tastverhältnis
 - Verkleinerung = Verbesserung (geht in Richtung Diracstoß)

Vergleich ideale/reale Abtastung:

- Diracfolge bleibt bis auf die Periode ($T_A = \frac{1}{f_A} \rightarrow \frac{1}{T_A} = f_A$) unverändert im Frequenzbereich
- Rechteckimpuls ergibt im Frequenzbereich eine SI-Funktion (Nyquistfrequenz beachten!!, das Signalfenster ist hier zu Ende)

Beispiele:

- $T_H / T_A = 1:1 \Rightarrow T_0 = T_A = \frac{1}{f_A}$ $f_A = \text{Abtastfrequenz}$

- 1. Nullstelle der SI-Funktion bei f_A
- Berechnung der Dämpfung bei f_{NY} :

$$si\left(\frac{\pi}{2}\right) = \frac{\sin\left(\frac{\pi}{2}\right)}{\frac{\pi}{2}} \approx 0,637 \Rightarrow 20 \cdot \lg(0,637) = -3,9dB$$

- $T_H / T_A = 1:8$
- 1. Nullstelle der SI-Funktion bei $8 \cdot f_A$
- Berechnung der Dämpfung bei f_{NY} :

$$si\left(\frac{\pi}{16}\right) = \frac{\sin\left(\frac{\pi}{16}\right)}{\frac{\pi}{16}} \approx 0,994 \Rightarrow 20 \cdot \lg(0,994) = -0,06dB < -0,1dB$$

- liegt außerhalb der messbaren Änderungen \rightarrow Toleranzschwelle unterschritten
- \rightarrow um den Fehler zu kompensieren, müsste man die Höhen um 0,06dB anheben

Höhenverlust durch nicht lineare Abtastung:

- Apertureffekt (Spalteffekt)
- Abhilfe:
 - o Präemphase (pre emphasis)
 - o Sample & Hold Nachabtastung (bei D/A-Wandlung)
 - o Oversampling

D/A-Wandlung (Einzelschritte):

- Spannungswandler mit f_A (man erhält gestufte Spannung)
- Sample & Hold Nachabtastung mit f_A (man erhält ein verbessertes Tastverhältnis)
- Rekonstruktions-TP
- \rightarrow Abtaster nimmt nach Möglichkeit den besten und genauesten Wert der Spannungsstufen

Größenordnung:

- $f_A = 50kHz = 5 \cdot 10^4 Hz \rightarrow T_A = \frac{1}{5} \cdot 10^{-4} s = 20 \cdot 10^{-6} s = 20\mu s$

andere Wandler:

1. nicht-lineare PCM

- man quantisiert nicht-linear: Quantisierungsstufen haben unterschiedliche Höhen
- Anwendung: digitaler Funk, Datenreduktion (MP3)
- ➔ Empfangsgerät muss die Codierung des Senders kennen, um rekonstruieren zu können

2. differentielle PCM

- Das Signal wird nach der Quantisierung durch einen Spannungswandler und einen Integrierer geführt ➔ danach wird es vom Signal subtrahiert ➔ DPCM
- Decodierung über Spannungswandler, Integrierer und Rekonstruktions-TP
- Rauschen kann nicht umgesetzt werden ➔ man erhält ein anderes Rauschen
- ist die Differenz zwischen den Signalen im Mittel immer gleich, kann man die Wortbreite beschränken und einsparen
- Oversampling ermöglicht die Entwicklung in Richtung 1-Bit-Wandler
- ➔ 1-Bit Wandler:
 - keine Abtastung, sondern nur Impulsgeber anstelle der Spannungswandler/Quantisierer ➔ beide werden durch Impulstakt gesteuert
 - Problem: Nur eine Zustandsänderung der Höhe q pro Zeiteinheit möglich
 - Flankenübersteuerung (slope overhead)
 - granulares Rauschen