



TU Berlin Fakultät IV  
Institut für Telekommunikationssysteme  
Fachgebiet Nachrichtenübertragung  
Praktikum Nachrichtenübertragung

# **Praktikum 06**

## **Digitale Übertragungstechnik: Digitale Empfänger**

Dirk Babendererde (321 836)  
Thomas Kapa (325 219)

6. Juli 2012

Gruppe:

Betreuer: Lieven Lange

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorbereitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Labordurchführung</b>	<b>1</b>
2.1	Encoderkennlinie . . . . .	1
<b>3</b>	<b>Auswertung &amp; Theorie</b>	<b>2</b>
3.1	Encoderkennlinie . . . . .	2
3.2	Quantisierungsfehler . . . . .	2
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>2</b>

## 1 Vorbereitung

In diesem Praktikum wird die sogenannte Wasserfallkurve betrachtet. Dabei wird die Bitfehlerwahrscheinlichkeit über dem SNR geplottet. Es wird als die Intensität des Rauschens variiert und die Bitfehlerwahrscheinlichkeit gemessen. Da das SNR mit Hilfe des Logarithmus berechnet wird, wird ein Ansteigen hin zu den negativen SNR Werten (also da wo die Rauschenleistung größer ist als die Signalleistung, Faktor kleiner null und damit Logarithmus negativ) erwartet.

Die Ergebnisse der Simulation der Wasserfallkurven ist in Abb. xxx zu sehen.

$$\rho_{01} = \frac{1}{E_b} \int_0^{T_{Bit}} s_0(t) \cdot s_1(t) dt^1 \quad (1)$$

$$SNR_E = \frac{4E_b}{N_0} (1 - \rho_{01})^2 \quad (2)$$

Theoretisch würde man also wegen des Faktors  $1 - \rho_{01}$  für  $\rho_{01} = 0$  in Formel 1 das kleinste SNR und damit den höchsten Bitfehler erwarten. Dies ist in Abb. xxx aber kaum zu sehen.  $\rho_{01} = 0$  und  $\rho_{01} = -1/3$  liegen nahezu aufeinander. Dies erklärt sich durch die höhere Bitenergie. Da für die Sendeform bei  $\rho_{01} = 0$  4 Baud nötig sind (4 Baud heißt in diesem Fall ein Bit besteht aus vier Zeichen, entweder -1 oder 1), ergibt sich nach Formel 1 ein  $E_b$  von 4 statt von 3 für  $\rho_{01} = -1/3$  und  $\rho_{01} = -1$ . Das  $E_b$  verbessert wiederum das SNR in Formel 1 und damit verringert es auch die Bitfehlerwahrscheinlichkeit. Damit verläuft der Plot wie erwartet.

$$E_b = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)^2 dt^3 \quad (3)$$

$$p_{Bit} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{E_b}{2N_0(1 - \rho_{01})}}^4 \quad (4)$$

An Formel 1 kann man zusätzlich erkennen, dass die Sendeform bei der Übertragung mit SAF, also ob z. B. Rechteck, Dreieck, oder Cosinus keinen Einfluss auf die Bitfehlerwahrscheinlichkeit hat.

## 2 Labordurchführung

### 2.1 Encoderkennlinie

Um die Bitfehlerrate messen zu können, werden die D/A-Box, das PCM-DECODER-Modul, die ADDER-Module, Das Picoscope und der NOISE GENERATOR benötigt.

- 
- <sup>1</sup> Prof. Dr.-Ing. Sikora, Thomas, Foliensatz 10 Binäre Basisbandübertragung, Einführung in die Nachrichtenübertragung, S.159
  - <sup>2</sup> Prof. Dr.-Ing. Sikora, Thomas, Foliensatz 10 Binäre Basisbandübertragung, Einführung in die Nachrichtenübertragung, S.160
  - <sup>3</sup> Prof. Dr.-Ing. Sikora, Thomas, Foliensatz 10 Binäre Basisbandübertragung, Einführung in die Nachrichtenübertragung, S.129
  - <sup>4</sup> Prof. Dr.-Ing. Sikora, Thomas, Foliensatz 10 Binäre Basisbandübertragung, Einführung in die Nachrichtenübertragung, S.161

Der oberste Ausgang (rot) der D/A-Box, der das Datensignal enthält, wird auf das erste ADDER-Modul gegeben, dass keine Verstärkungsmöglichkeit enthält und mit einem Offset aus dem VARIABLE DC-Modul addiert. Anschließend wird das Ergebnis auf das zweite ADDER-Modul geführt, wo es mit dem Verstärkungsregler auf eine Amplitude von -1..1 gedämpft wird.

Der 3. Ausgang von unten der D/A-Box (gelb) enthält die PCM codierten Datenworte. Diese werden auf den Eingang PCM DATA des PCM DECODER-Moduls gegeben.

Der 2. Ausgang von unten enthält das Rahmensignal, welches mit dem Gegenstück des PCM-DECODER-Moduls verbunden wird.

Der unterste Ausgang (blau) gibt das Clock Signal aus. Dieses wird mit einem T-Stück zum einen an den Eingang B des Picoscope und zum anderen an den CLK Eingang des PCM DECODER-Moduls des Picoscope geschlossen.

Zuletzt wird der OUTPUT des PCM-Decoder Moduls (Spannung des Faktors zur Verstärkung bzw. Dämpfung des Rauschens) auf einen Multiplizierer gegeben und mit -6 dB multipliziert. Der Ausgang des Multiplizierers wird auf den zweiten Eingang des zweiten ADDER-Moduls gegeben.

Der Ausgang dieses ADDER-Moduls wird auf den A Eingang des Picoscopes gegeben. Der Kanal und die Empfängerseite sind im Blockschaltbild 1 zu sehen.

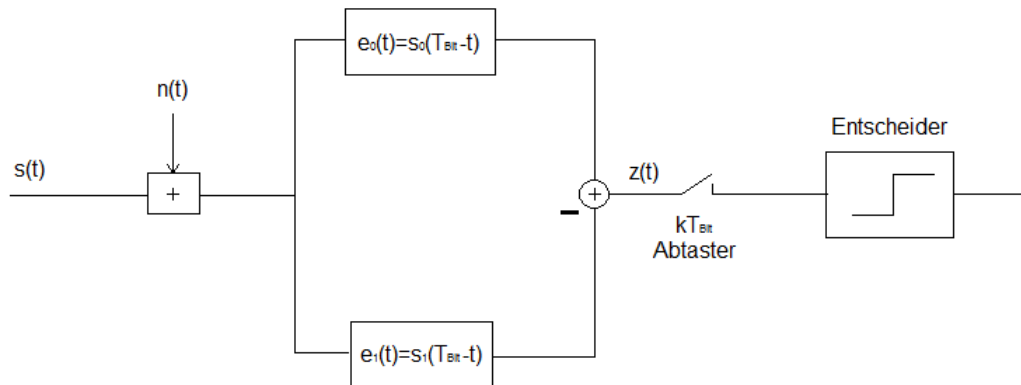


Abb. 1: Kanal plus SAF

## 3 Auswertung & Theorie

### 3.1 Encoderkennlinie

### 3.2 Quantisierungsfehler

## 4 Zusammenfassung

Es hat sich in diesem Versuch gezeigt, dass die Bitfehlerwahrscheinlichkeit bei der Übertragung mit Hilfe eines SAF deutlich von der Signalsendeform abhängt. Dabei ist eine Sendeform mit einer normierten Kreuzkorrelation zwischen den Sendeimpulsen von -1 zu bevorzugen.