

Klausur – Grundlagen der Informationstechnik, Teil Nachrichtentechnik

Name: _____ Matrikelnummer: _____ Note: _____

Aufgabe	1.	2.	3.	4.	Total
Punkte	21	14	13	12	60
Erreicht					

Aufgabe 1. Entropie, Quell- und Kanalcodierung

21 P.

- A) Berechnen Sie den Informationsgehalt in Bit ($-\log_2(p)$) für jedes Zeichen der Nachrichtenquelle Q , deren Zeichen und Auftretswahrscheinlichkeiten in Tabelle 1 aufgelistet sind. (5 P)

A	B	C	D	E	F
1/64	8/64	2/64	29/64	5/64	19/64

Tabelle 1: Zeichen und Auftretswahrscheinlichkeiten der Nachrichtenquelle Q

- B) Berechnen Sie die Entropie der Nachrichtenquelle Q . (3 P)
- C) Berechnen Sie die Codelänge für jedes Codewort der Quelle Q , wenn ein Shannon-Fano Code angewendet wird, sowie die erwartete Codelänge. (3 P)
- D) Erstellen Sie nachvollziehbar den zur Nachrichtenquelle Q gehörigen Codebaum entsprechend der Huffman-Codierung und nennen Sie die sich ergebenden Codewörter. (5 P)

E) Eine Generatormatrix des Hamming-Codes hat die Größe 4×7 . Welche Coderate hat der dazugehörige Kanalcode? (1 P)

F) Die Generatormatrix von einem anderen Hamming-Code hat die Größe 11×15 . Im Vergleich zum Kanalcode in Teilaufgabe E): welcher Code kann mehr Fehler in einem Block korrigieren? Bitte begründen Sie Ihre Antwort. (3 P)

- G) Wenn der Mindestabstand zwischen 2 gültigen Codewörtern 5 ist, wie viele Fehler kann der Kanalcode in einem Block korrigieren? (1 P)
- a) 1 Fehler
 - b) 2 Fehler
 - c) 3 Fehler
 - d) 4 Fehler

Aufgabe 2. Kanalkapazität und Modulationsverfahren

14 P.

- A) Wie lautet die allgemeine Formel für die Kanalkapazität C in bit mit der Bandbreite W , der Signalleistung S und der Rauschleistung $N = N_0 W$ mit Rauschleistungsdichte N_0 ? (2 P)
- a) $C = \log_2(1 + \frac{S}{N})$.
 - b) $C = W \log_2(1 + \frac{S}{N})$.
 - c) $C = W \log_2(\frac{S}{N})$.
 - d) $C = W \ln(\frac{S}{N})$.
- B) Mit einer verdoppelten Bandbreite kann die Kanalkapazität nicht verdoppelt werden, weil (1 P)
- Die Rauschleistung ist durch die Verdopplung der Bandbreite auch verdoppelt.
 - Der Empfänger hat eine eingeschränkte Empfangsleistung.
 - Die logarithmische Funktion $\log_2(1 + a)$ erhöht sich langsamer als a .
 - Die Kanalkapazität ist unabhängig von der Bandbreite.

- C) Mit einer verdoppelten Sendeleistung kann die Kanalkapazität auch nicht verdoppelt werden, weil (1 P)
- Die Rauschleistung ist durch die Verdopplung der Bandbreite auch verdoppelt.
 - Der Empfänger hat eine eingeschränkte Empfangsleistung.
 - Die logarithmische Funktion $\log_2(1 + a)$ erhöht sich langsamer als a .
 - Die Kanalkapazität ist unabhängig von der Bandbreite.
- D) Der Empfänger verwendet die Entscheidungstheorie um herauszufinden, welches Symbol der Sender gesendet hat. Es gibt grundsätzlich Maximum a-posteriori (MAP) Entscheider und Maximum Likelihood (ML) Entscheider. Unter welcher Annahme sind die beide Entscheider äquivalent? (2 P)
- a) Die Rauschleistung ist klein.
 - b) Der Kanal ist bekannt.
 - c) Der Kanal ist unbekannt.
 - d) Die Wahrscheinlichkeiten der gesendeten Symbole sind gleich.
- E) Wie groß muss das Signal-Rausch-Verhältnis (S/N) sein, um eine spektrale Effizienz von 4 bit/s/Hz zu realisieren? (1 P)
- F) Wie groß muss die Bandbreite mit der in Teilaufgabe D) genannten spektrale Effizienz sein, um eine Datenrate von 16kbit/s zu erreichen? (1 P)

G) Sie möchten in Kanälen mit höherer spezifischer Kanalkapazität die Quadratur-Amplituden-Modulation der Ordnung 16 (16-QAM) nutzen, um das Signal zu übertragen. Wie viele Bits werden bei der 16-QAM je Konstellationspunkt übertragen? (1 P)

H) Zeichnen das Konstellationsdiagramm des Modulationsverfahren 16-QAM. Beschriften Sie es vollständig. (3 P)

- I) Wenn sich das Signal-Rausch-Verhältnis reduziert und 16-QAM nicht mehr geeignet ist, sollen Sie QPSK oder 64-QAM auswählen? Begründen Sie Ihre Auswahl. (2 P)

Aufgabe 3. Übertragungskanal und Mehrwegausbreitung

13 P.

- A) Abbildung 1 veranschaulicht den Informationsfluss in einem gestörten Kanal.

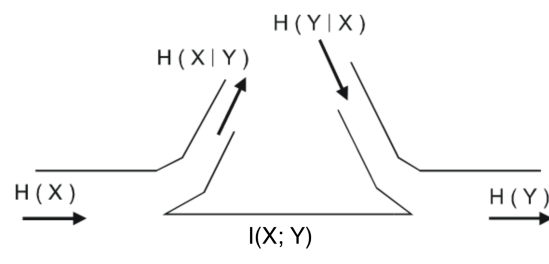


Abbildung 1: Informationsfluss in einem gestörten Kanal.

- Ordnen Sie zu und erklären Sie $H(X)$, $H(Y|X)$ und $I(X;Y)$. (3 P)

$H(X)$	Bedingte Entropie
$H(Y X)$	Entropie am Eingang
$I(X;Y)$	Transinformation

B) Welche Aussage ist falsch? (2 P)

- a) Es gilt $H(X|Y) = H(Y|X) = 0$ für perfekten Kanal.
- b) $H(Y|X) = H(X|Y)$ für alle Kanäle.
- c) $H(X|Y)$ ist die Äquivokation (verloren gegangene Information).
- d) $H(X) \geq 0$ für alle perfekten und imperfekten Kanäle.

C) Formel (1) ist die Kanalübertragungsfunktion für den Spezialfall einer Zweiwegausbreitung, der im Folgenden betrachtet werden soll.

$$H(f) = a_d e^{-j2\pi f \tau_d} + a_u e^{-j2\pi f \tau_u}. \quad (1)$$

Welche Größen werden durch die Formelzeichen a_d , a_u , τ_d und τ_u beschrieben?
(4 P)

- D) Nehmen Sie an, dass es sich bei dem gesendeten Signal um ein sinusförmiges Signal der Periodendauer $T = 1$ handelt und dass $a_d = 1$, $a_u = 0,5$. Betrachten Sie die beide Fälle $\tau_u - \tau_d = T$ und $\tau_u - \tau_d = T/2$. Zeichnen Sie die Signale am Empfänger für die beide Fälle. (4 P)

Aufgabe 4. OFDM und MIMO

12 P.

- A) Ein OFDM-Symbol mit 10 binär unipolar modulierten Trägern ist in Abbildung 2 dargestellt. Ist diese Darstellung im Zeit- oder Frequenzbereich? (1 P)
- a) Zeitbereich.

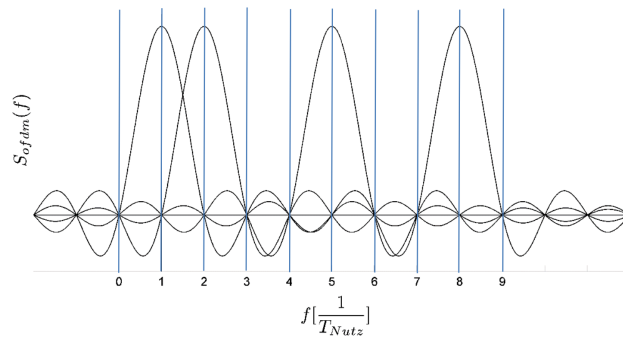


Abbildung 2: Die schematische Darstellung eines OFDM-Symbols.

- b) Frequenzbereich.
- B) Nennen Sie die zum in Teilaufgabe A) dargestellten OFDM-Symbol gehörige Bitfolge. (2 P)
- C) Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf der in Teilaufgabe A) dargestellten Signale, die zu den Trägern mit den Nummern 1, 2, und 6 gehören. (6 P)

D) Welche Aussage ist falsch? (1 P)

- a) Mit 4 Sendeantennen und 2 Empfangsantennen können maximal 2 parallele Datenströme realisiert werden.
- b) Der Matched Filter ist der optimale lineare Filter wenn die Rauschleistung 0 ist.
- c) Der Zero-forcing Filter ist der optimale lineare Filter wenn die Interferenz 0 ist.
- d) Ein MIMO-System hat keinen Vorteil gegenüber ein SISO-System wenn keine parallelen Datenströme realisiert werden können.

E) Die Kanalkapazität von einem Single-Input-Single-Output (SISO) Kanal ist C . Wenn beide Sender und Empfänger mit 4 Antennen ausgerüstet sind, warum kann man die Kanalkapazität $4C$ nicht erreichen (wählen Sie bitte alle richtigen Gründe). (2 P)

- a) Weil es Interferenz zwischen den 4 Datenströme gibt.
- b) Weil die Trägerfrequenz für alle 8 Antennen gleich ist.
- c) Weil die Sendeleistung nicht vervierfacht ist.
- d) Weil es nur einen Empfänger gibt und 4 Antennen bei demselben Empfänger äquivalent zu einer Antenne sind.