



Fachbereich Angewandte Informatik

**Bachelor of Science
in
Angewandte Informatik - Applied Computer Science
Digitale Medien (alte PO)
Internationale Ingenieurwissenschaft**

Modul Technische Grundlagen der Informatik

Teil 2

Nachrichtentechnik

Übungsaufgaben

Prof. Dr.-Ing. K. Khakzar

WS 2022/2023

Aufgabe 1 (Informationstheorie):

Gegeben ist ein Alphabet von $N=80$ Zeichen (Groß- und Kleinbuchstaben, Ziffern, Sonderzeichen), das vom Ort A zum Ort B mit einer 4-stufigen-Pulscodemodulation übertragen werden soll. Ein Impuls kann also $n=4$ verschiedene Amplituden annehmen, und die Impulsdauer T_i soll 0,833 ms betragen.

- a) Wie groß sind die Schrittgeschwindigkeit v_s und die Übertragungsgeschwindigkeit $v_{\ddot{u}}$?
- b) Jedes Zeichen wird durch ein Codewort dargestellt, und jedes Codewort besteht aus m 4-stufigen Codeelementen. Wie groß ist die Stellenzahl m , wenn alle Codeworte gleich lang sein sollen? Wie groß ist der Zeichenvorrat N_0 dieses Codes?
- c) Berechnen Sie für den Fall, dass jedes der 80 Zeichen gleich häufig vorkommt, den Entscheidungsgehalt, die Entropie und die Redundanz des Codes.
- d) Beantworten Sie die Fragen a) bis c) für den Fall einer binären Übertragung.

Aufgabe 2 (Informationstheorie):

Bei einer Datenübertragung soll ein Alphabet (bestehend aus $N=4$ Zeichen x_1 bis x_4) binär übertragen werden. Die einzelnen Zeichen haben dabei folgende Auftretswahrscheinlichkeiten:

$$\begin{aligned}x_1: & p(x_1) = p_1 = 1/4 \\x_2: & p(x_2) = p_2 = 1/4 \\x_3: & p(x_3) = p_3 = 3/8 \\x_4: & p(x_4) = p_4 = 1/8\end{aligned}$$

Für jedes Zeichen x_i wird ein binäres Codewort gebildet. Jedes der 4 Codeworte soll dabei die gleiche Stellenzahl m besitzen.

- a) Wie groß muss die Stellenzahl m mindestens gewählt werden? Geben Sie für diesen Fall eine mögliche Zuordnungstabelle an.
- b) Wie groß ist der Entscheidungsgehalt dieses Vorrats?
- c) Geben Sie für jedes Zeichen seinen Informationsgehalt an.
- d) Wie groß ist die Entropie und die Redundanz dieses Codes?
- e) Wie groß ist der mittlere Informationsfluss bei einer Schrittgeschwindigkeit von 1200 Bd?

Aufgabe 3 (Informationstheorie):

Das Internationale Telegraphenalphabet Nr. 2 besitzt 32 Codezeichen (Codeworte). Jedes Codezeichen setzt sich aus 5 binären Codeelementen (Schritten) zusammen, so dass für die Stellenzahl $m=5$ gilt.

- a) Wie groß wäre die Stellenzahl m für eine Übertragung mit 4 Stufen, wenn alle Codeworte gleichlang sein sollen?
- b) Im Telex-Netz wird mit einer Schrittgeschwindigkeit von $v_s = 50$ Bd übertragen. Wie groß müsste die Schrittgeschwindigkeit bei der 4-stufigen Codierung nach Teil a) gewählt werden, falls die gleiche Anzahl von Codezeichen pro Zeiteinheit übertragen werden soll? (Anm. Start- bzw. Stopbits sollen dabei nicht berücksichtigt werden.)
- c) Wie groß ist bei der 4-stufigen Codierung die Übertragungsgeschwindigkeit $v_{\ddot{u}}$ (Bitrate) ?

- d) Wie groß wäre prinzipiell der Codezeichenvorrat N_0 , wenn man bei der 4-stufigen Codierung nach Teil a) alle möglichen Codezeichen zulassen würde?
- e) Berechnen Sie unter der Annahme, dass nur die 32 Codezeichen des Telex-Alphabets verwendet werden und diese jeweils mit der gleichen Wahrscheinlichkeit auftreten, die Redundanz für die 4-stufige Übertragung nach Teil a). (Anmerkung: in der Praxis ist die Annahme der Gleichverteilung natürlich nicht zulässig.)
- f) Ist die Redundanz kleiner oder größer im Vergleich zur binären, 5-stelligen Übertragung (Telex-Netz)? Könnte man diesen Unterschied ausnutzen? Begründen Sie Ihre Antwort kurz.

Aufgabe 4 (Informationstheorie):

Für die binäre Übertragung von Nachrichten über einen Informationskanal wird die Codierung eines Alphabets mit 7 Codezeichen gemäß Tabelle 1 verwendet. Die Tabelle enthält außerdem die Auftretswahrscheinlichkeiten $p(x_i)$ der einzelnen Codezeichen x_i . Die Schrittgeschwindigkeit der Übertragung beträgt 500 Bd.

- a) Berechnen Sie die Entropie H des Codes.
- b) Wie groß ist der Informationsfluss F ?
- c) Wie groß wäre der Informationsfluss bei einer binären Codierung, deren Codeworte alle gleich lang sind?

Tabelle 1

i	1	2	3	4	5	6	7
x_i	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
Codierung von x_i	01	100	101	1100	1101	1110	1111
$p(x_i)$	$1/2$	$1/8$	$1/8$	$1/16$	$1/16$	$1/16$	$1/16$

Aufgabe 5 (Informationstheorie):

Für die Kommunikation zwischen einem Sender und einem Empfänger wird eine 4-stufige Codierung verwendet. Bild 1 zeigt beispielhaft einen kurzen Ausschnitt des Signals.

Für die Übertragung werden insgesamt 9 Codeworte gleicher Länge verwendet. Die Wahrscheinlichkeiten, mit denen die einzelnen Codeworte auftreten, sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2

x_i	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
$p(x_i)$	$1/4$	$1/4$	$1/8$	$1/8$	$1/16$	$1/16$	$1/16$	$1/32$	$1/32$

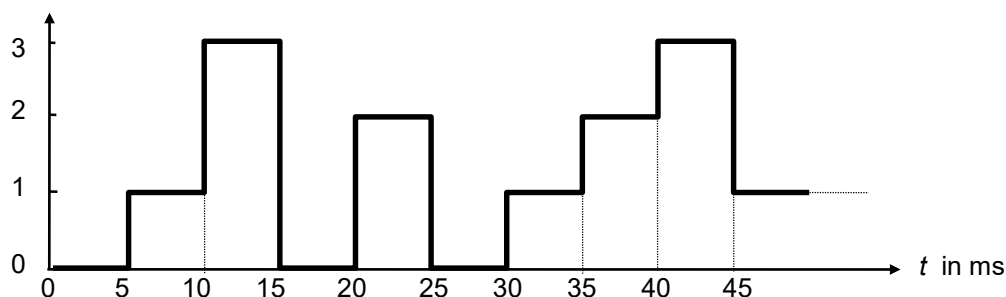


Bild 1: Ausschnitt des Signals

- a) Wie groß ist die Schrittgeschwindigkeit?
- b) Wie groß ist die Übertragungsgeschwindigkeit?
- c) Wie viele Stellen sind für die Darstellung eines Codewortes mindestens erforderlich?
- d) Wie groß ist die Redundanz des obigen Alphabets?
- e) Die Redundanz soll mit Hilfe einer neuen Codierung verkleinert werden. Wie könnte man Stellenzahl und Stufenzahl wählen, um dies zu erreichen? Begründen Sie Ihre Antwort kurz.
- f) Welchen Grund gäbe es, dennoch eine Codierung mit hoher Redundanz zu wählen?

Aufgabe 6 (Informationstheorie):

Es sollen Nachrichten vom Ort A zum Ort B übertragen werden. Hierzu wird eine einfache Codierung benötigt, die die insgesamt 38 verschiedenen Codezeichen übertragen kann. Es soll eine 4-stufige Codierung (d.h. $n=4$) verwendet werden und die Codezeichen sollen zunächst alle gleich lang sein. Tabelle 1 enthält die Auftretswahrscheinlichkeiten $p(x_i)$ der einzelnen Codezeichen x_i . Die Codezeichen x_7 bis x_{38} haben jeweils die Auftretswahrscheinlichkeit $1/64$.

- Wie viele Stellen müssen für die Codierung eines Codezeichens vorgesehen werden?
- Berechnen Sie den Entscheidungsgehalt H_0 , die Entropie H und die Redundanz R des Codes.
- Für die Übertragung wird eine Schrittdauer von $T_i = 100$ ns verwendet. Berechnen Sie die Schrittgeschwindigkeit v_s und die Übertragungsrate v_{ii} .
- Wie groß ist der Informationsfluss F ?
- Wie könnte man durch eine geeignete Codierung den Informationsfluss F erhöhen, ohne die Stufenzahl n oder die Schrittgeschwindigkeit v_s zu ändern. Erläutern Sie bitte kurz.

Tabelle 1

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	36	37	38
x_i	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	...	x_{36}	x_{37}	x_{38}
$p(x_i)$	$1/16$	$1/16$	$1/16$	$1/16$	$1/8$	$1/8$	$1/64$	$1/64$	$1/64$...	$1/64$	$1/64$	$1/64$

Aufgabe 7 (Informationstheorie):

Bitte kreuzen Sie die jeweils richtige Antwort an (X).

- Die Redundanz einer Codierung ist in jedem Fall gleich Null, wenn
 - alle Codezeichen gleich häufig auftreten. ☐
 - alle Codezeichen des Codezeichenvorrats auch tatsächlich genutzt werden. ☐
 - Alle Codezeichen des Codezeichenvorrats auch tatsächlich genutzt werden und gleichzeitig gleich häufig auftreten. ☐
- Eine Codierung verwendet $n=4$ Stufen und $m=3$ Stellen. Der Entscheidungsgehalt H_0 der Codierung beträgt
 - 5 bit/Zeichen ☐
 - 6 bit/Zeichen ☐
 - 7 bit/Zeichen ☐
- Eine Codierung nutzt 7 Codezeichen, deren Auftretswahrscheinlichkeiten in der folgenden Tabelle dargestellt sind.

i	1	2	3	4	5	6	7
x_i	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
$p(x_i)$	$1/2$	$1/8$	$1/8$	$1/16$	$1/16$	$1/16$	$1/16$

Wie groß ist der mittlere Informationsgehalt H der Codierung?

- $H = 2,25$ bit/Zeichen ☐
- $H = 2,50$ bit/Zeichen ☐
- $H = 2,75$ bit/Zeichen ☐

- d) Eine Übertragung nutzt eine 8-stufige Codierung bei einer Schrittgeschwindigkeit von 4 MBd. Wie groß ist die zugehörige Übertragungsgeschwindigkeit?

- d1) $v_{\text{Ü}} = 4 \text{ Mbit/s}$ ☐
 d2) $v_{\text{Ü}} = 8 \text{ Mbit/s}$ ☐
 d3) $v_{\text{Ü}} = 12 \text{ Mbit/s}$ ☐

- e) Welche der Aussagen ist korrekt?

Der Informationsfluss F ...

- e1) ist besonders groß, wenn die mittlere Übertragungsdauer für ein Codezeichen möglichst klein ist. ☐
 e2) ist besonders groß, wenn der mittlere Informationsgehalt H möglichst klein ist. ☐
 e3) ist abhängig vom Entscheidungsgehalt H_0 der Codierung. ☐

- f) Die Redundanz einer Codierung kann verwendet werden, um

- f1) die Übertragung von Codezeichen schneller zu machen. ☐
 f2) Fehler bei der Übertragung zu erkennen. ☐
 f3) eine Nachricht zu verschlüsseln. ☐

- g) Eine Codierung mit $n=4$ Stufen wird verwendet um insgesamt 110 unterschiedliche Codezeichen zu übertragen. Wie viele Stellen (m) braucht ein Codezeichen mindestens

- g1) $m=4$ ☐
 g2) $m=5$ ☐
 g3) $m=6$ ☐

- h) Eine Codierung nutzt 10 Codezeichen, deren Auftretswahrscheinlichkeiten in der folgenden Tabelle dargestellt sind.

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_i	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
$p(x_i)$	$1/2$	$1/4$	$1/32$	$1/32$	$1/32$	$1/32$	$1/32$	$1/32$	$1/32$	$1/32$

Wie groß ist der mittlere Informationsgehalt H der Codierung?

- h1) $H = 2,50 \text{ bit/Zeichen}$ ☐
 h2) $H = 2,1643 \text{ bit/Zeichen}$ ☐
 h3) $H = 2,25 \text{ bit/Zeichen}$ ☐

- i) Eine Nachricht wird mit einer Schrittgeschwindigkeit von 25 MBd übertragen. Die zugehörige Übertragungsgeschwindigkeit soll $v_{\text{Ü}} = 50 \text{ Mbit/s}$ betragen. Mit wie vielen Stufen n muss demnach ein Codeelement codiert werden?

- i1) $n = 2$ ☐
 i2) $n = 3$ ☐
 i3) $n = 4$ ☐

j) Welche der Aussagen ist korrekt?

- j1) Die Redundanz R ist niemals negativ. ☐
- j2) Der Informationsgehalt ist umso größer je häufiger ein Codezeichen auftritt. ☐
- j3) Der Entscheidungsgehalt H_θ hängt nicht von der Codierung ab. ☐