Signale - allgemein

Unser tägliches Leben wird häufig durch Signale beeinflusst. So sollte man beispielsweise nicht bei ROT über die Straße gehen/fahren oder umgekehrt bei einem Klingeln die Türe öffnen. Das deutsche Institut für Normung hat eine sehr allgemeine Definition des Begriffs Signal formuliert:

***Definition**:* Ein Signal ist die physikalische Darstellung von Nachrichten oder Daten. (nach DIN)

Damit werden zwei Aspekte eines Signals abgedeckt.

1. Nachrichten:
2. Daten:

Im Bereich der Netze interessieren uns vor allem die Signale im Sinne von Nachrichten, die über einen Kommunikationskanal transportiert werden. Das folgende Bild zeigt ein Kommunikationsmodell, welches von Claude E. Shannon im Jahr 1949[1] beschrieben wurde.

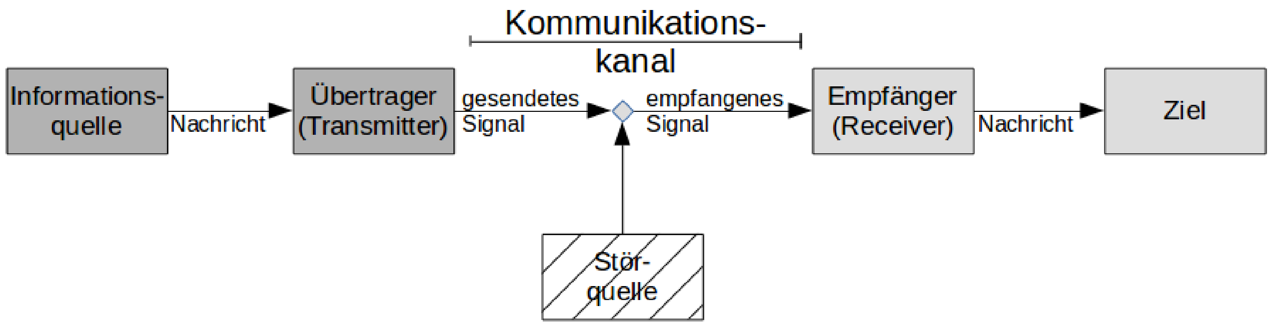


Abbildung 1: Kommunikation nach Claude E. Shannon

Die hier übertragenen Signale kann man weiter grob in zwei große Bereiche aufteilen:

1. Analogsignale
2. Digitalsignale

Analogsignale

Die Signaltheorie beschäftigt sich seit mehr als über 100 Jahren mit analogen Signalen. Die ersten Übertragungsstrecken verwendeten analoge Signale, die über Kupferleitungen und später per Funk (elektromagnetische Wellen) übertragen wurden.

Man kann ein analoges Signal wie folgt definieren:

Definition: Ein analoges Signal kann kontinuierlich jeden beliebigen Wert zwischen einem Minimum und einem Maximum (**Amplitude**) annehmen. Es ist demnach **zeit-** und **werte-kontinuierlich**.

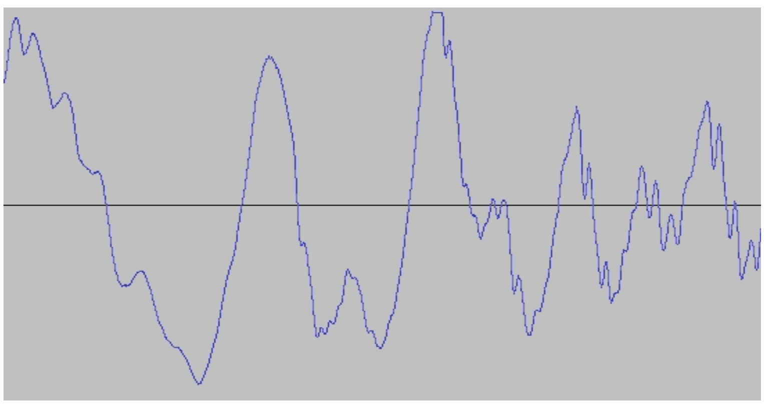


Abbildung 2: Ausschnitt einer Sprachaufnahme aus Audacity

In der Telefonie hat man es meist mit **periodischen Signalen** (einzelner Ton) zu tun oder zumindest mit einer **Überlagerung von mehreren periodischen Signalen** (Musik).

[1] nach Claude E. Shannon e.a.; The Mathematical Theory of Communication, 1949

Als beschreibende Größen für **analoge Signale** kann man folgende Größen definieren:

- **Amplitude A**: Minimal- / Maximalwert eines Signals
- **Frequenz f**: Änderungen / Schwingungen pro Sekunde (in Hz)
- **Periodendauer T**: Zeitdauer einer vollständigen Änderung / Schwingung (in s)

Folgender Zusammenhang zwischen der Frequenz und der Periodendauer gilt:

$$f=\frac{1}{T}=\left[\frac{1}{s}\right]=[Hz] \quad \text{bzw.} \quad T=\frac{1}{f}=[s]$$ [2]

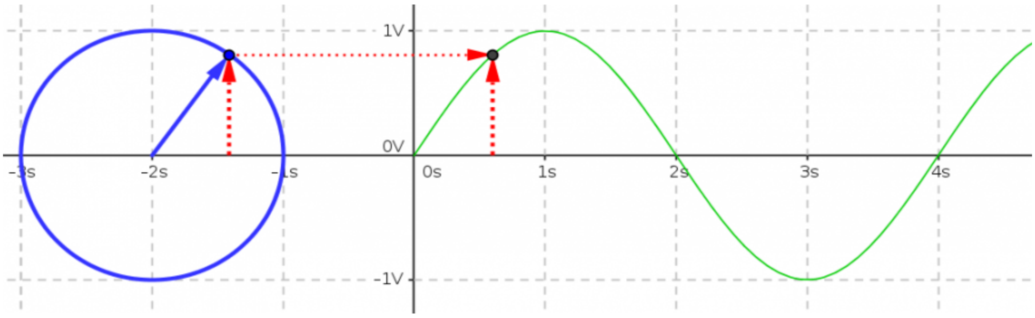


Abbildung 3: Zusammenhang Frequenz - Periodendauer

Es gilt der Zusammenhang: Je größer die Frequenz, umso kleiner die Periodendauer. ODER
Je größer die Periodendauer, umso kleiner die Frequenz.

Digitalsignal

Ein Digitalsignal ist etwas komplexer in seinem Aufbau. Hier benötigt man mehr Größen um ein Digitalsignal vollständig zu beschreiben.

Man kann ein digitales Signal wie folgt definieren:

Definition: Ein digitales Signal kann nur zu bestimmten (**quantisierten**) Zeitpunkten festgelegte (**diskrete**) Werte zwischen einem **Minimum** und einem **Maximum** annehmen. Ein **Digitalsignal** ist somit **zeit-** und **werte-diskret**.

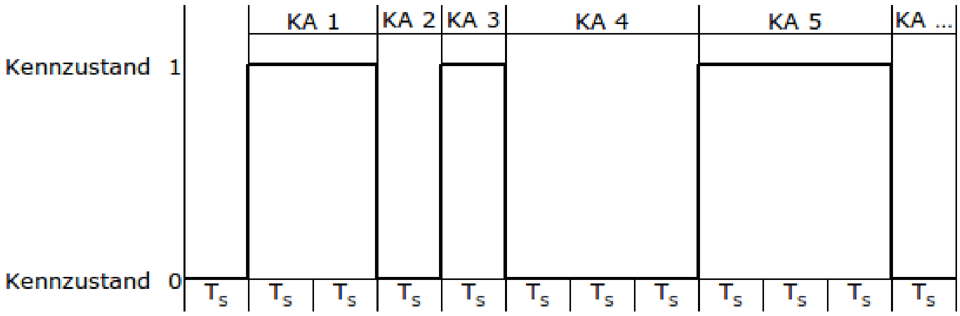


Abbildung 4: Einfaches binäres Digitalsignal

Um ein Digitalsignal zu beschreiben, benötigt man mehr Größen als bei einem Analogsignal. Als beschreibende Größen für **digitale Signale** kann man folgende Größen definieren:

- **Schrittdauer T_S**: Zeitdauer, in der sich das Signal **nicht** ändern darf (in s/Schritt)
- **Schrittrate v_S**: Anzahl von Schritten pro Sekunde (in Schritte/s bzw. Bd[3])
- **Kennzustände n**: Anzahl von möglichen Werten (Zuständen), die ein Signal annehmen darf
- **Kennabschnitt KA**: Zeitraum, in dem sich das Signal nicht verändert
- **Informationsgehalt b**: Anzahl von Bits[4] pro Schritt (bit/Schritt)
- **Übertragungsrate v_D**: Anzahl von Bits pro Sekunde (bit/s)
- **Datenvolumen D**: Menge von Bits, die zu übertragen sind (bit)
- **Übertragungsdauer T_D**: Zeitdauer, die für die Übertragung von D Bits benötigt wird.

---

2 [] gibt die Einheit der Größe an
3 Bd: Einheit **Baud** nach Jean-Maurice-Emile Baudot (1874) Erfinder des Baudot-Code
4 Bit oder bit? Großschreibung, wenn es als Wort verwendet wird. Kleinschreibung, wenn es als Einheit verwendet wird.

Folgende Zusammenhänge gelten für die obigen Größen:

$$v_S = \frac{1}{T_S} = \left[\frac{Schritte}{s}\right] \quad \text{oder} \quad T_s = \frac{1}{v_s} = \left[\frac{s}{Schritt}\right]$$

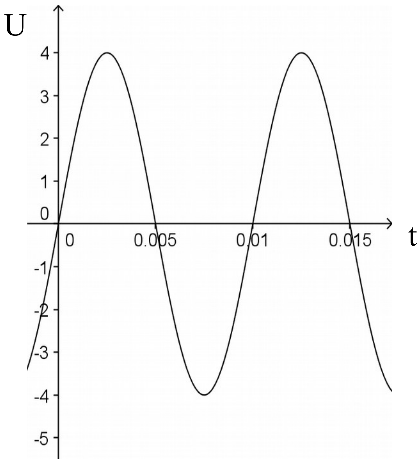
$$n = 2^b = [Anzahl\ Zustände] \quad \text{oder} \quad b = \log_2(n) = \frac{\log_{10}(n)}{\log_{10}(2)} = \left[\frac{bit}{Schritt}\right]$$

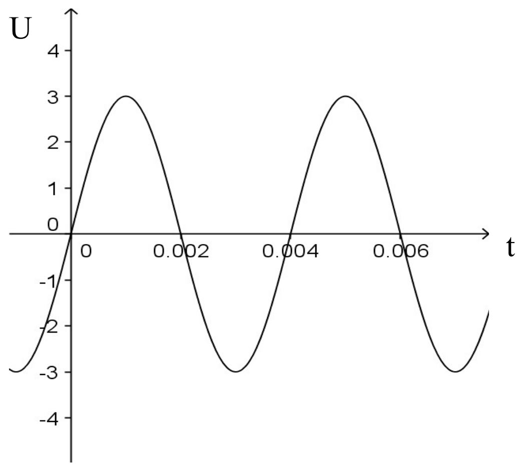
$$v_D = b \cdot v_S = \frac{b}{T_S} = \frac{D}{T_D} = \left[\frac{bit}{s}\right]$$

Durch Umformung lassen sich die jeweils gesuchten Größen finden.

Übung 1

a) **Lesen** Sie in der Skizze **T ab** und errechnen Sie daraus **f**. Bestimmen Sie die **Amplitude A**.





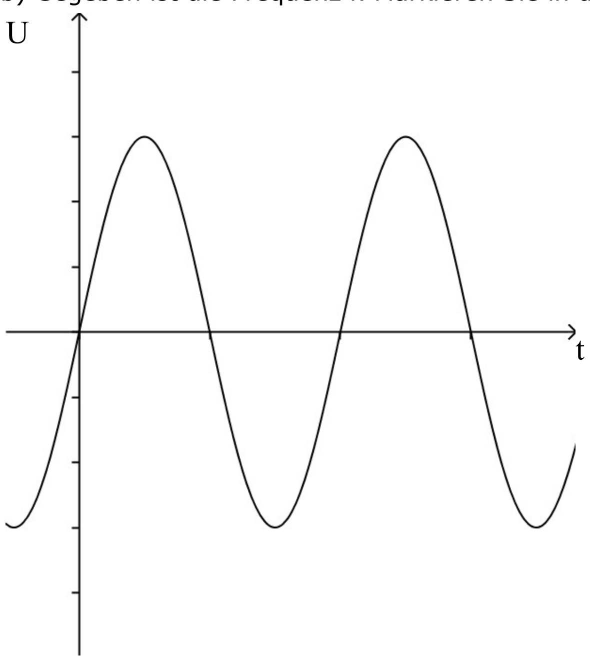
T = _____________

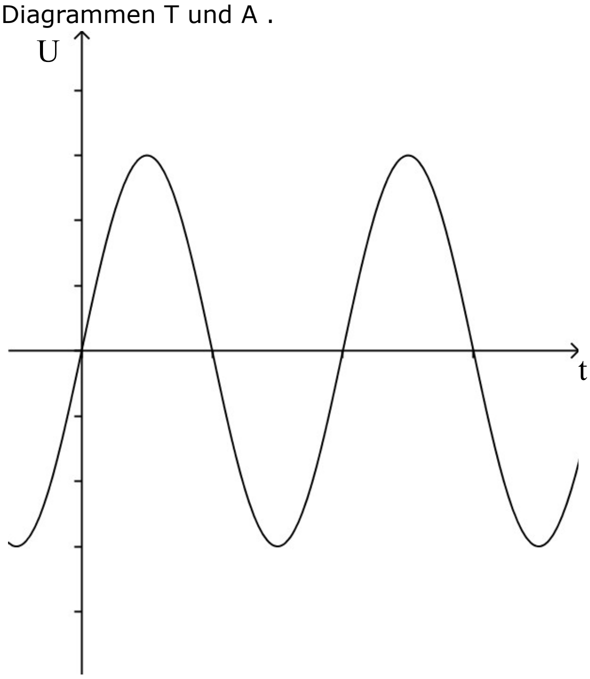
f = _____________

T = _____________

f = _____________

b) Gegeben ist die Frequenz f. Markieren Sie in den Diagrammen T und A .





f = 4 kHz

A = $\pm 3V$

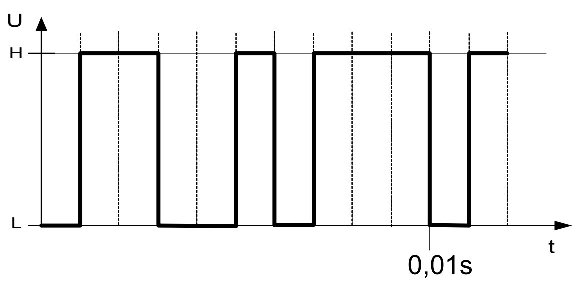
f = 25 Hz

A = $\pm 1V$

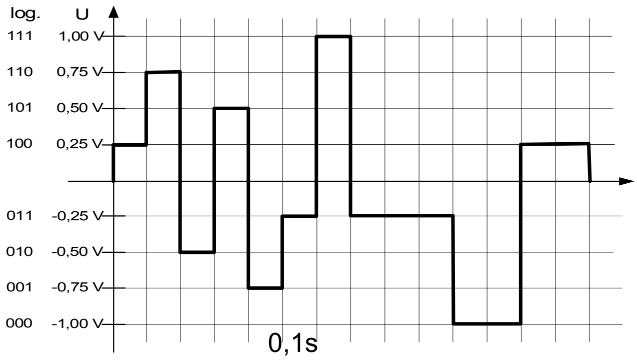
Übung 2 Kennzustände und Schrittrate

Gegeben sind die folgenden **Digitalsignale A** und **B**.

A



B



a) Wie viele **Kennzustände** haben die Signale?

Anzahl Kennzustände: A ______________________ B ______________________

b) Lesen Sie die **Schrittdauer T_S** ab.

Schrittdauer T_S: A ______________________ B ______________________

c) Errechnen Sie die **Schrittrate v_S**.

Schrittrate v_S: A ______________________ B ______________________

d) Wie viele **Zustandsänderungen** wären bei den folgenden **Schrittdauern T_S** in **einer Sekunde** möglich?

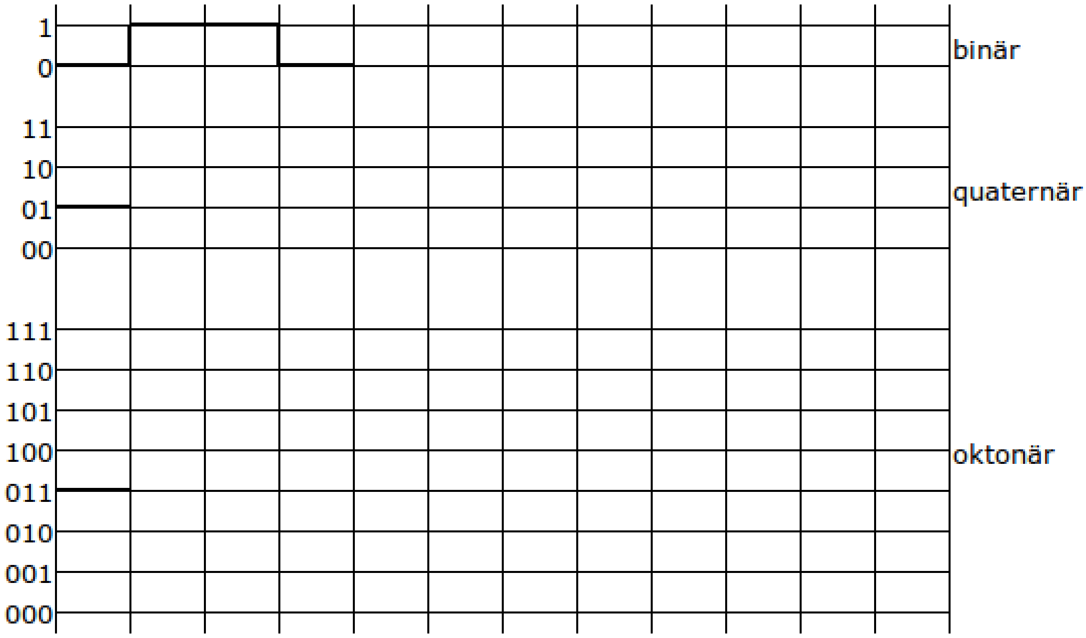
$T_S = 0{,}0005 \frac{s}{\text{Schritt}}$ Zustandsänderungen: ______________________

$T_S = 0{,}01 \frac{s}{\text{Schritt}}$ Zustandsänderungen: ______________________

Übung 3

a) Zeichnen Sie die gegebene Bitfolge als binär, quaternär und oktonär codiertes Signal.

Die Bitfolge ***011010010111*** soll binär, quaternär und oktonär codiert werden.



b) Worin unterscheiden sich die drei Signale?

Übung 4 Zusammenfassung Signale

a) Die maximale **Schrittrate** der betrachten Signale beträgt **2,4 kBd**.
Welche **Übertragungsraten** liegen vor, wenn **2, 4, 8** oder **1024 Kennzustände** verwendet werden?

2 : __________________ 4 : __________________

8 : __________________ 1024 : __________________

b) Wie ändert sich die **Schrittrate**, wenn die **Anzahl der Kennzustände** erhöht wird?

c) Wie viele **Bit** werden **pro Schritt** benötigt, wenn bei einer **Schrittrate** von **1kBd** in **2 Sekunden 4000 Bit** übertragen werden sollen?

d) Es sollen **80.000 Bit** bei **oktonärer** Codierung übertragen werden. Wie **lange dauert** dies bei einer **Schrittdauer** von **0,001s**? Wie **groß** ist die **Übertragungsrate**?

e) Die maximale **Schrittrate** einer Datenübertragung beträgt **32 kBd**.
Welche **Übertragungsrate** liegt vor, wenn **32 Kennzustände** verwendet werden?

Größeneinheiten

Zahlenwert	Einheit	Zehnerpotenz	Bemerkung
1.000.000.000.000.000	P	10^{15}	Peta
1.000.000.000.000	T	10^{12}	Tera
1.000.000.000	G	10^{9}	Giga
1.000.000	M	10^{6}	Mega
1.000	k	10^{3}	Kilo
100	h	10^{2}	Hekto
10	da	10^{1}	Deka
-	-	10^{0}	Eins
0,1	d	10^{-1}	Dezi
0,01	c	10^{-2}	Zenti
0,001	m	10^{-3}	Milli
0,000.001	µ	10^{-6}	Mikro
0,000.000.001	n	10^{-9}	Nano
0,000.000.000.001	p	10^{-12}	Piko
0,000.000.000.000.001	f	10^{-15}	Femto
0,000.000.000.000.000.001	a	10^{-18}	Atto

Vorsicht bei informationstechnischen Einheiten:
1GiByte ist nicht gleich 1.000.000.000 Byte
1GiByte = $1024 \cdot 1024 \cdot 1024$ Byte=1.073.741.824 Byte = 8.589.934.592 bit
Bei großen Werten (z.B. mehrere TiByte) kann dies zu gravierenden Abweichungen führen.
Merke:
Informatik/Datenmengen werden in ki, Mi, Gi, Ti usw. also immer mit 1024er Faktor gerechnet.
Übertragungsraten werden immer in „echten“ k, M, G, T usw. also immer mit 1000er Faktor gerechnet.