

# Digitale Medien

Übung

## Idee:

Nicht einzelne Zeichen werden günstig kodiert, sondern ganze Zeichenketten (*Wörterbuch-Kompression*).

abcdabcdabcdabcd

Huffman: [a][b][c][d][a][b][c][d][a][b][c][d][a][b][c][d][d][d]

=> 18 Symbole

Wörterbuch: [abcd][abcd][abcd][abcd][dd]

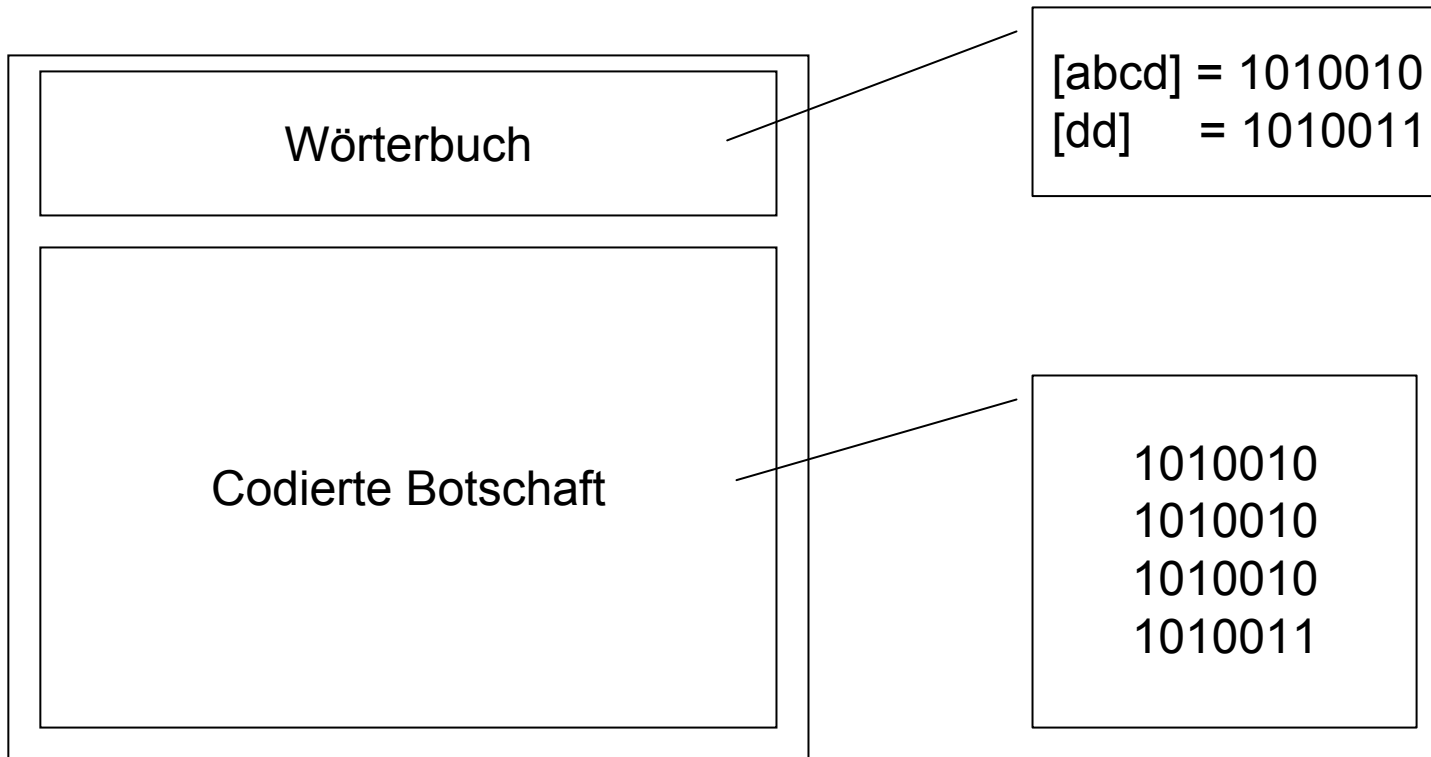
=> 5 Symbole

Nachteil: Mehr Symbole nötig (jeder Eintrag ins Wörterbuch ist ein Symbol)

Beispiele: lateinische Schrift: 26 Symbole

chinesische Schrift: ca. 10.000 Symbole

Weiterer Nachteil: Empfänger muss Wörterbuch kennen, um die Nachricht dekodieren zu können.



Aber: Muss das Wörterbuch wirklich mit übertragen werden?

Bei der [LZW-Komprimierung](#) wird das Wörterbuch *während* der Dekodierung aufgebaut!

Ausgegangen wird von einem Grundwörterbuch (z.B. ASCII-Code)

Algorithmus:

SeqChar p = < Nächstes Eingabezeichen >;

Char k = Nächstes Eingabezeichen;

Wiederhole:

**Falls** p & < k > in Tabelle enthalten

**dann** p = p & < k >

**sonst** trage p & <k> neu in Tabelle ein

            (und erzeuge neuen Index dafür);

            Schreibe Tabellenindex von p auf Ausgabe;

            p = < k >;

**Ende Fallunterscheidung;**

    k = Nächstes Eingabezeichen;

**solange bis** Eingabeende

Schreibe Tabellenindex von p auf Ausgabe;

a	97	h	104	o	111	v	118
b	98	i	105	p	112	w	119
c	99	j	106	q	113	x	120
d	100	k	107	r	114	y	121
e	101	l	108	s	115	z	122
f	102	m	109	t	116		
g	103	n	110	u	117		

**labala**

Lesen (k)	Codetabelle schreiben (p & <k>)	Ausgabe	Puffer füllen (p)
			< >
a	<la>, 256	108 (l)	<a>
b	<ab>, 257	97 (a)	<b>
a	<ba>, 258	98 (b)	<a>
l	<al>, 259	97 (a)	< >
a			<la>
		256 (la)	<>

SeqChar p = < Nächstes Eingabezeichen >;

Char k = Nächstes Eingabezeichen;

Wiederhole:

    Falls p & <k> in Tabelle enthalten

        dann p = p & <k>

        sonst trage p & <k> neu in Tabelle ein

            (und erzeuge neuen Index dafür);

            Schreibe Tabellenindex von p auf Ausgabe;

            p = <k>;

    Ende Fallunterscheidung;

    k = Nächstes Eingabezeichen;

solange bis Eingabeende

Schreibe Tabellenindex von p auf Ausgabe;

**ballaballala**

Lesen (k)	Codetabelle schreiben (p & <k>)	Ausgabe	Puffer füllen (p)

**ballaballala**

Lesen (k)	Codetabelle schreiben (p & <k>)	Ausgabe	Puffer füllen (p)
			<b>
a	<ba>, 256	98 (b)	<a>
l	<al>, 257	97 (a)	<l>
l	<ll>, 258	108 (l)	<l>
a	<la>, 259	108 (l)	<a>
b	<ab>, 260	97 (a)	<b>
a			<ba>
l	<bal>, 261	256 (ba)	<l>
l			<ll>
a	<lla>, 262	258 (ll)	<a>
l			<al>
a	<ala>, 263	257 (al)	<a>
		97 (a)	<>

Ergebnis: 98 – 97 – 108 – 108 – 97 – 256 – 258 – 257 - 97

## Algorithmus zur Dekomprimierung:

```

SeqChar p := <>;
int k = NächsteEingabezahl;
Schreibe Zeichenreihe mit Tabellenindex k auf Ausgabe;
int old = k;
Wiederhole solange Eingabe nicht leer:
    k = NächsteEingabezahl;
    SeqChar akt = Zeichenreihe mit Tabellenindex k;
    p = Zeichenreihe mit Tabellenindex old (letztes Teilwort);
    Falls Index k in Tabelle enthalten
        dann Char q = erstes Zeichen von akt;
            Schreibe Zeichenreihe akt auf Ausgabe;
        sonst Char q = erstes Zeichen von p;
            Schreibe Zeichenreihe p & <q> auf Ausgabe;
    Ende Fallunterscheidung;
    Trage p & <q> in Tabelle ein
    (und erzeuge neuen Index dafür);
    old = k;
Ende Wiederholung;

```

a	97	h	104	o	111	v	118
b	98	i	105	p	112	w	119
c	99	j	106	q	113	x	120
d	100	k	107	r	114	y	121
e	101	l	108	s	115	z	122
f	102	m	109	t	116		
g	103	n	110	u	117		



Lesen (k)	Ausgabe (akt) (q ist unterstrichen)	Puffer füllen (p)	Codetabelle (p & <q>)	Merken (old)
108	<u>l</u>			108
97	<u>a</u>	l	<la>, 256	97
98	<u>b</u>	a	<ab>, 257	98
97	<u>a</u>	b	<ba>, 258	97
256	<u>l</u> a	a	<al>, 259	256

SeqChar p := <>;

int k = NächsteEingabezahl ;

Schreibe Zeichenreihe mit Tabellenindex k auf Ausgabe;

int old = k;

Wiederhole solange Eingabe nicht leer:

    k = NächsteEingabezahl ;

    SeqChar akt = Zeichenreihe mit Tabellenindex k;

    p = Zeichenreihe mit Tabellenindex old (letztes Teilwort);

    Falls Index k in Tabelle enthalten

        dann Char q = erstes Zeichen von akt;

            Schreibe Zeichenreihe akt auf Ausgabe;

        sonst Char q = erstes Zeichen von p;

            Schreibe Zeichenreihe p & <q> auf Ausgabe;

    Ende Fallunterscheidung;

    Trage p & <q> in Tabelle ein

    (und erzeuge neuen Index dafür);

    old = k;

Ende Wiederholung;

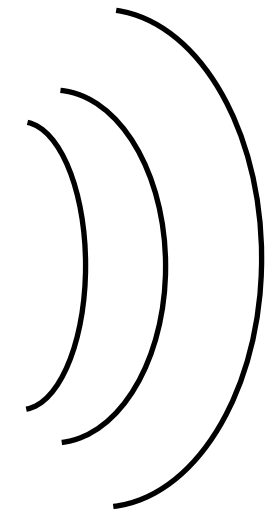
**98 – 97 – 108 – 108 – 97 – 256 – 258 – 257 - 97**

Lesen (k)	Ausgabe (akt) (q ist unterstrichen)	Puffer füllen (p)	Codetabelle (p & <q>)	Merken (old)

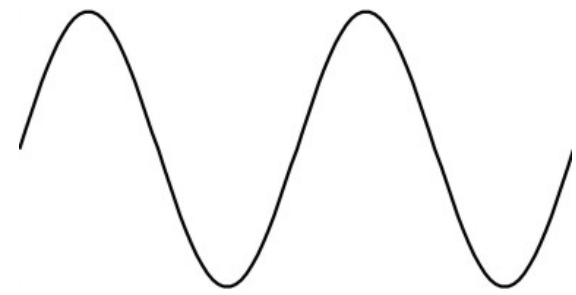
# 98 – 97 – 108 – 108 – 97 – 256 – 258 – 257 - 97

Lesen (k)	Ausgabe (akt) (q ist unterstrichen)	Puffer füllen (p)	Codetabelle (p & <q>)	Merken (old)
98	<u>b</u>			98
97	<u>a</u>	b	<ba>, 256	97
108	<u>l</u>	a	<al>, 257	108
108	<u>l</u>	l	<ll>, 258	108
97	<u>a</u>	l	<la>, 259	97
256	<u>ba</u>	a	<ab>, 260	256
258	<u>ll</u>	ba	<bal>, 261	258
257	<u>al</u>	ll	<lla>, 262	257
97	<u>a</u>	al	<ala>, 263	97

physikalische Signale



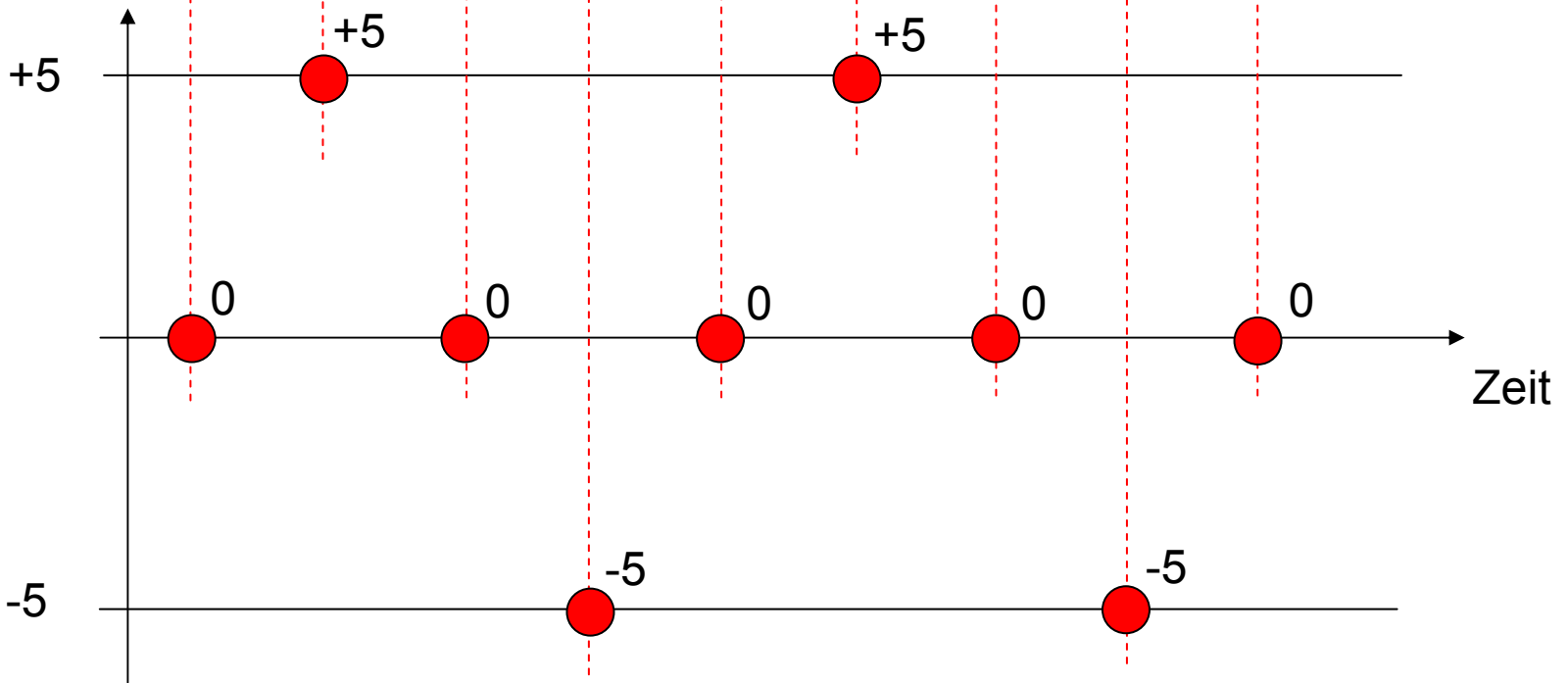
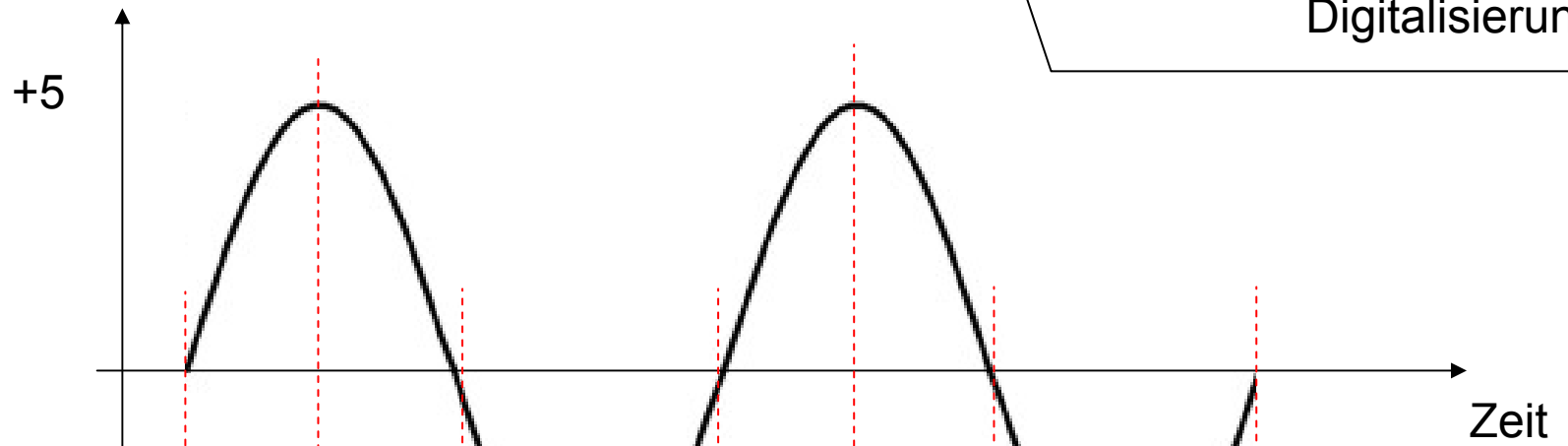
elektrische Signale



digitale Signale



10100100101111010111101

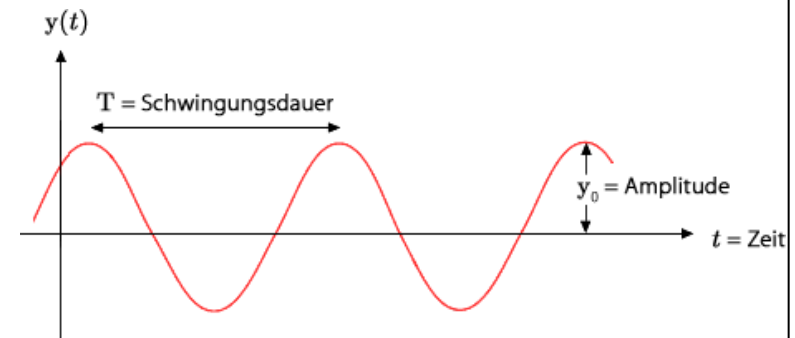


# Wellen

Beispiele: Schallwellen, Wasserwellen, Licht, Radiowellen

Eine Welle wird beschrieben durch:

- $A$  Amplitude (z.B. Lautstärke dB)
- $c$  Ausbreitungsgeschwindigkeit
- $f$  Frequenz  
bzw.
- $\lambda$  Wellenlänge ( $c / f$ )



Frequenz  $f$  wird in Hertz ( $Hz$ ) gemessen.

1 Hz = 1 Schwingung / Sekunde

1 Kilohertz (kHz) = 1.000 Schwingungen / Sekunde

1 Megahertz (MHz) = 1.000.000 Schwingungen / Sekunde

...

Schwingungsdauer  $T$  ist die Zeit bis sich das Wellenmuster wiederholt.

Wenn eine periodische Welle einmal pro Sekunde schwingt ( $T = 1$  sec), hat sie eine Frequenz von 1 Hz, bei 1.000 Schwingungen ( $T = 0,001$  sec) 1 kHz, etc.

Allgemein:  $f = 1 / T$  (mit  $T$  Schwingungsdauer in Sekunden und  $f$  Frequenz)

## Umrechnung von Schwingungsdauer und Frequenz

Welle mit Schwingungsdauer  $T = 2 \text{ ms}$ . Wie hoch ist die Frequenz  $f$  ?

$$T = 2 \text{ ms} = 2 * 10^{-3} \text{ s} = 0,002 \text{ s}$$

$$f = 1 / T = 1 / 0,002 = 500 \text{ Hz}$$

Welle mit Frequenz  $f = 500 \text{ MHz}$ . Bestimme Schwingungsdauer  $T$ .

$$f = 500 \text{ MHz} = 500.000.000 \text{ Hz}$$

$$f = 1 / T \quad \Rightarrow \quad T = 1 / f$$

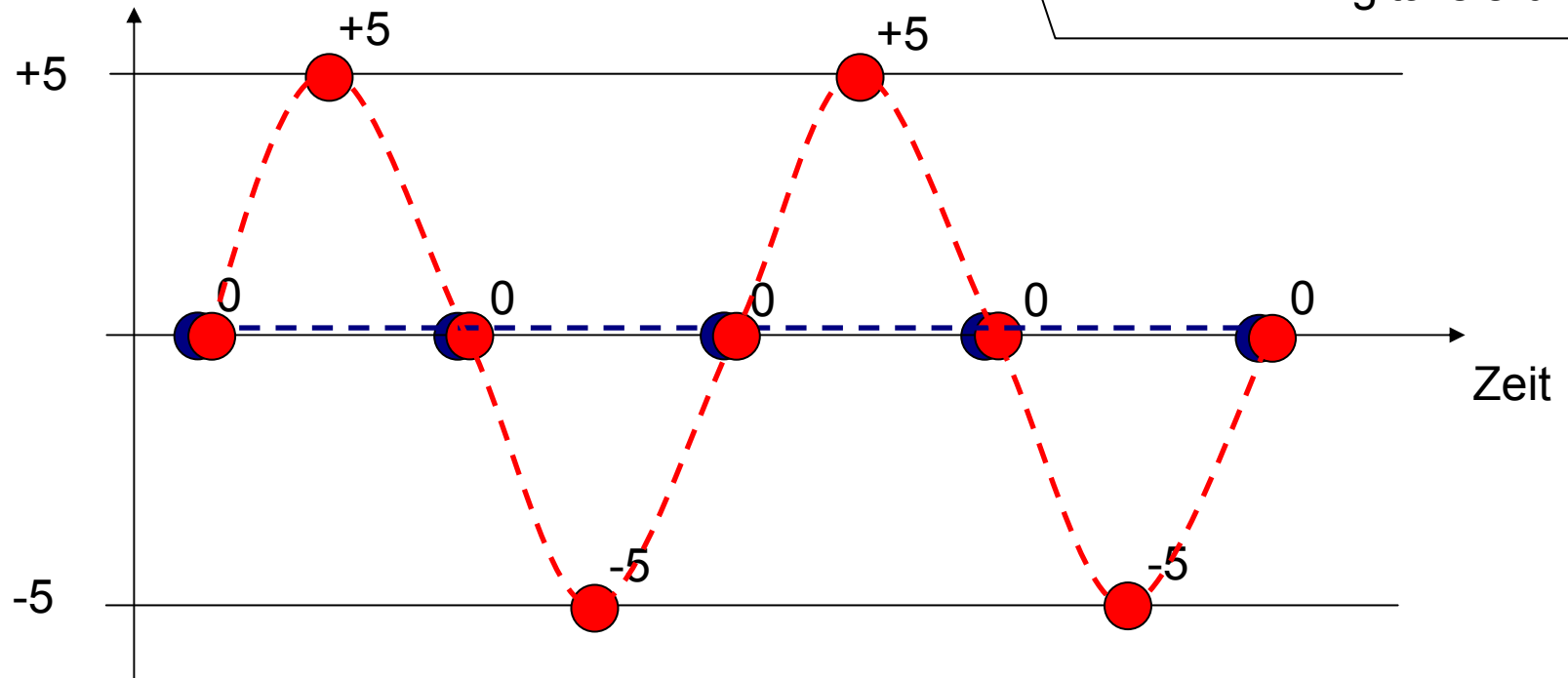
$$T = 1 / 500.000.000 \text{ Hz} = 0,000000002 \text{ s} = 0,000002 \text{ ms} = 0,002 \text{ } \mu\text{s}$$

1 Millisekunde (ms) =

$$1 * 10^{-3} \text{ Sekunden} = 0,001 \text{ Sekunden}$$

1 Mikrosekunde ( $\mu\text{s}$ ) =

$$1 * 10^{-6} \text{ Sekunden} = 0,000001 \text{ Sekunden}$$



Aus den Samples wird versucht, das Originalsignal zu rekonstruieren.  
Je höher die Abtastrate desto besser die Rekonstruktion.

Doppelte Frequenz der Welle (blau) reicht nicht!  
Abtastrate  $f_A$  muss größer als die doppelte Frequenz  $f$  sein:

$$f_A > 2 * f \quad (\text{Nyquist-Theorem})$$

z.B. Audio-CD: Frequenz  $f$  maximal 20 kHz, Abtastrate 44,1 kHz