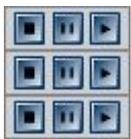


## A1.1: Musiksignale

Rechts sehen Sie einen ca. 30 ms langen Ausschnitt eines Musiksignals  $q(t)$ . Es handelt sich hierbei um das Stück *Für Elise* von Ludwig van Beethoven.

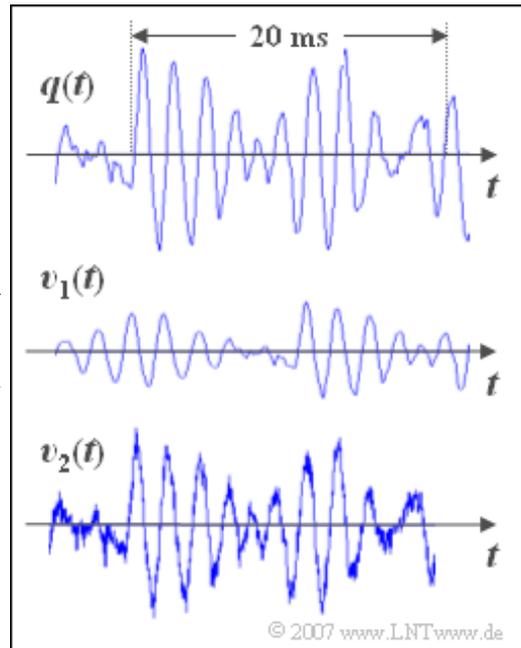
Darunter gezeichnet sind zwei Sinkensignale  $v_1(t)$  und  $v_2(t)$ , die nach der Übertragung des Musiksignals  $q(t)$  über zwei unterschiedliche Kanäle aufgezeichnet wurden. Mit Hilfe der nachfolgenden Buttons können Sie sich die jeweils ersten zehn Sekunden der drei Audiosignale  $q(t)$ ,  $v_1(t)$  und  $v_2(t)$  anhören.



Originalsignal  $q(t)$

Sinkensignal  $v_1(t)$

Sinkensignal  $v_2(t)$



**Hinweis:** Diese Aufgabe bezieht sich auf das **Kapitel 1.1**.

### Fragebogen zu "A1.1: Musiksignale"

a) Schätzen Sie die Signalfrequenz von  $q(t)$  im dargestellten Ausschnitt ab.

- Die Signalfrequenz beträgt etwa  $f = 250$  Hz.
- Die Signalfrequenz beträgt etwa  $f = 500$  Hz.
- Die Signalfrequenz beträgt etwa  $f = 1$  kHz.

b) Welche Aussagen sind für das Signal  $v_1(t)$  zutreffend?

- Das Signal ist gegenüber  $q(t)$  unverzerrt.
- Das Signal weist Verzerrungen auf.
- Das Signal ist gegenüber  $q(t)$  verrauscht.

c) Welche Aussagen sind für das Signal  $v_2(t)$  zutreffend?

- Das Signal ist gegenüber  $q(t)$  unverzerrt.
- Das Signal weist Verzerrungen auf.
- Das Signal ist gegenüber  $q(t)$  verrauscht.

d) Eines der Signale ist gegenüber dem Original  $q(t)$  unverzerrt und nicht verrauscht. Schätzen Sie hierfür den Dämpfungsfaktor und die Laufzeit ab.

$$\alpha =$$

$$\tau = \text{ms}$$

## Z1.1: ISDN-Verbindung

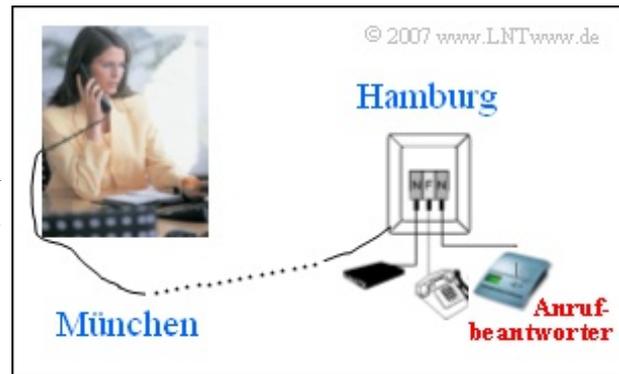
Wir betrachten das im Bild dargestellte Szenario: Eine Münchnerin wählt mit ihrem ISDN-Telefon eine Rufnummer in Hamburg. Sie erreicht jedoch den gewünschten Gesprächspartner nicht, und hinterlässt ihm deshalb eine Nachricht auf Band.

Die verzerrungsfreie Verbindung wird durch

- einen Dämpfungsfaktor  $\alpha$ ,
- eine Laufzeit  $\tau$ , und
- das momentane Signal-zu-Rauschverhältnis (SNR)

vollständig beschrieben.

**Hinweis:** Die Aufgabe soll einen Bezug zwischen diesem realen Szenario und den in **Kapitel 1.1** genannten Funktionseinheiten eines allgemeinen Nachrichtenübertragungssystems herstellen.



### Fragebogen zu "Z1.1: ISDN-Verbindung"

a) Welche der Aussagen sind bezüglich Quelle und Sender zutreffend?

- Die Nachrichtenquelle ist die Anruferin. Das Quellensignal  $q(t)$  ist die akustische Welle ihres Sprachsignals.
- Die mit „Sender“ bezeichnete Einheit beinhaltet unter anderem einen Signalwandler und einen Modulator.
- Das Sendesignal  $s(t)$  ist analog.

b) Welche der Aussagen treffen bezüglich Empfänger und Sinke zu?

- Das Empfangssignal  $r(t)$  ist digital.
- Die Nachrichtensinke ist der Telefonapparat in Hamburg.
- Die Nachrichtensinke ist der Anrufbeantworter.
- Es gilt  $v(t) = \alpha \cdot q(t - \tau) + n(t)$ .
- Es liegt ein ideales Übertragungssystem vor.

## A1.2: Signalklassifizierung

Nebenstehend sind drei Signalverläufe dargestellt:

- Das Signal  $x_1(t)$  wird genau zum Zeitpunkt  $t = 0$  eingeschaltet und besitzt für  $t > 0$  den Wert 1V.
- Das rote Signal  $x_2(t)$  ist für  $t < 0$  identisch 0, springt bei  $t = 0$  auf 1 V an und fällt danach mit der Zeitkonstanten 1 ms ab. Für  $t > 0$  gilt:

$$x_2(t) = 1V \cdot e^{-t/(1ms)}.$$

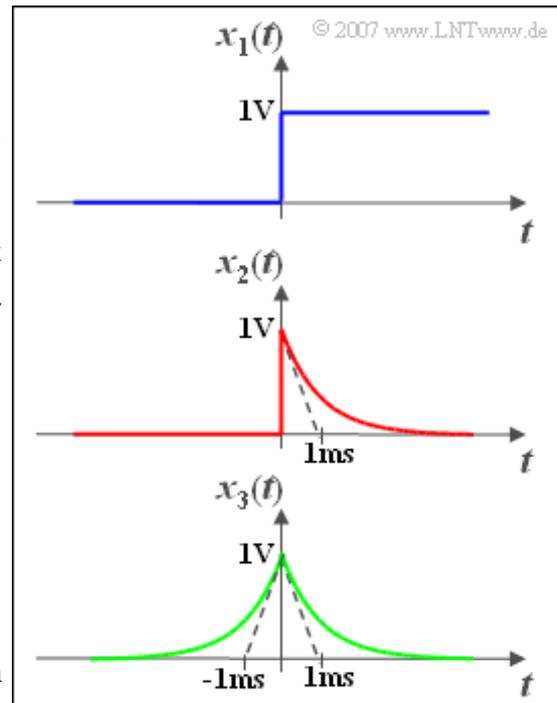
- Entsprechend gilt für das grüne Signal  $x_3(t)$  für alle Werte von  $t$ :

$$x_3(t) = 1V \cdot e^{-|t|/(1ms)}.$$

Diese drei Signale sollen nun von Ihnen nach den folgenden Kriterien klassifiziert werden:

- deterministisch bzw. stochastisch,
- kausal bzw. akausal,
- energiebegrenzt bzw. leistungsbegrenzt,
- wertkontinuierlich bzw. wertdiskret,
- zeitkontinuierlich bzw. zeitdiskret.

**Hinweis:** Diese Aufgabe bezieht sich auf den Theorieteil von **Kapitel 1.2**.



### Fragebogen zu "A1.2: Signalklassifizierung"

a) Welche der nachfolgenden Aussagen sind zutreffend?

- Alle hier betrachteten Signale sind deterministisch.
- Alle hier betrachteten Signale sind von stochastischer Natur.
- Es handelt sich stets um zeitkontinuierliche Signale.
- Es handelt sich stets um wertkontinuierliche Signale.

b) Welche Signale sind gemäß der Definition im Theorieteil kausal?

- $x_1(t)$ ,
- $x_2(t)$ ,
- $x_3(t)$ .

c) Berechnen Sie die auf den Einheitswiderstand  $R = 1 \Omega$  bezogene Energie  $E_2$  des Signals  $x_2(t)$ . Wie groß ist die Leistung  $P_2$  dieses Signals?

$$E_2 = \quad \quad \quad \text{V}^2\text{s}$$

$$P_2 = \quad \quad \quad \text{V}^2$$

d) Welche der betrachteten Signale besitzen eine endliche Energie?

- $x_1(t)$ ,
- $x_2(t)$ ,
- $x_3(t)$ .

## Z1.2: Pulsmodulation

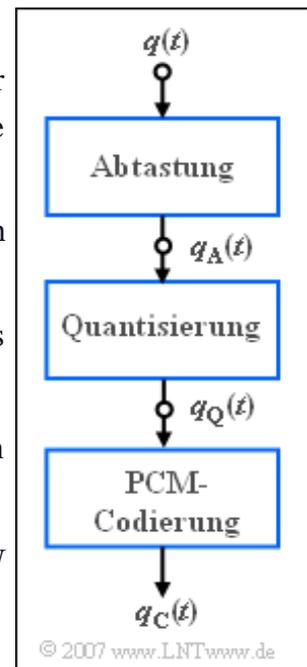
Alle modernen Nachrichtenübertragungssysteme sind digital. Das Prinzip der digitalen Übertragung von Sprachsignalen geht auf **Reeves** zurück, der die sogenannte *Pulsmodulation* (PCM) bereits 1938 erfunden hat.

Rechts sehen Sie das (vereinfachte) Blockschaltbild des PCM-Senders mit den drei Funktionseinheiten:

- Das bandbegrenzte Sprachsignal  $q(t)$  wird abgetastet, wobei das Abtasttheorem zu beachten ist, und ergibt das Signal  $q_A(t)$ .
- Jeder Abtastwert  $q_A(t)$  wird auf einen von  $M = 2^N$  quantisierten Werten abgebildet; das dazugehörige Signal nennen wir  $q_Q(t)$ .
- Jeder einzelne Quantisierungswert wird durch eine Codefolge von  $N$  Binärsymbolen dargestellt und ergibt das codierte Signal  $q_C(t)$ .

In dieser Aufgabe sollen nur die verschiedenen Signale des PCM-Senders klassifiziert werden. Spätere Aufgaben behandeln weitere Eigenschaften der Pulsmodulation.

**Hinweis:** Die Aufgabe bezieht sich auf den Lehrstoff von **Kapitel 1.2**.



### Fragebogen zu "Z1.2: Pulscode modulation"

a) Welche der Aussagen sind für das Quellsignal  $q(t)$  zutreffend?

- Im Normalbetrieb ist  $q(t)$  ein stochastisches Signal.
- Ein deterministisches Quellsignal ist nur bei Testbetrieb oder für theoretische Untersuchungen sinnvoll.
- $q(t)$  ist ein zeitdiskretes Signal.
- $q(t)$  ist ein wertkontinuierliches Signal.

b) Welche der Aussagen treffen für das abgetastete Signal  $q_A(t)$  zu?

- $q_A(t)$  ist ein wertdiskretes Signal.
- $q_A(t)$  ist ein zeitdiskretes Signal.
- Je größer die maximale Frequenz des Nachrichtensignals ist, desto größer muss die Abtastrate gewählt werden.

c) Welche Aussagen sind für das quantisierte Signal  $q_Q(t)$  zutreffend, wenn  $N = 8$  zugrunde gelegt wird?

- $q_Q(t)$  ist ein zeitdiskretes Signal.
- $q_Q(t)$  ist wertdiskret mit  $M = 8$  möglichen Werten.
- $q_Q(t)$  ist wertdiskret mit  $M = 256$  möglichen Werten.
- $q_Q(t)$  ist ein Binärsignal.

d) Welche Aussagen sind für das codierte Signal  $q_C(t)$  zutreffend, wenn  $N = 8$  zugrunde gelegt wird?

- $q_C(t)$  ist ein zeitdiskretes Signal.
- $q_C(t)$  ist ein wertdiskretes Signal mit  $M = 8$  möglichen Werten.
- $q_C(t)$  ist ein Binärsignal.
- Bei Abtastung im Abstand  $T_A$  beträgt die Bitdauer  $T_B = T_A$ .
- Bei Abtastung im Abstand  $T_A$  beträgt die Bitdauer  $T_B = T_A/8$ .

## A1.3: Rechnen mit komplexen Zahlen

Nebenstehende Grafik zeigt einige Punkte in der komplexen Ebene, nämlich

$$z_1 = e^{-j45^\circ},$$

$$z_2 = 2 \cdot e^{j135^\circ},$$

$$z_3 = -j.$$

Im Verlauf dieser Aufgabe werden noch folgende komplexe Größen betrachtet:

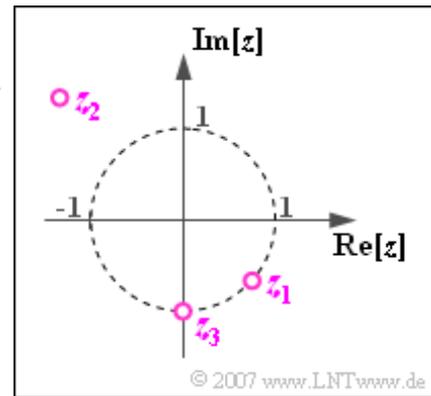
$$z_4 = z_2^2 + z_3^2,$$

$$z_5 = 1/z_2,$$

$$z_6 = \sqrt{z_3},$$

$$z_7 = e^{z_2},$$

$$z_8 = e^{z_2} + e^{z_2^*}.$$



**Hinweis:** Diese Aufgabe bezieht sich auf den Theorieteil von **Kapitel 1.3**. Die Thematik wird auch im folgenden Lernvideo behandelt:

**Rechnen mit komplexen Zahlen** (Dauer 11:52)

### Fragebogen zu "A1.3: Rechnen mit komplexen Zahlen"

a) Welche der folgenden Aussagen sind zutreffend?

$2 \cdot z_1 + z_2 = 0.$

$z_1^* \cdot z_2 + 2 = 0.$

$(z_1/z_2) \cdot z_3$  ist rein reell.

b) Welchen Wert besitzt die Zufallsgröße  $z_4 = z_2^2 + z_3^2 = x_4 + j \cdot y_4$ ?

$x_4 =$

$y_4 =$

c) Berechnen Sie die komplexe Größe  $z_5 = 1/z_2 = x_5 + j \cdot y_5$ .

$x_5 =$

$y_5 =$

d)  $z_6$  hat als Quadratwurzel von  $z_3$  zwei Lösungen; beide mit dem Betrag  $|z_6| = 1$ .  
Geben Sie die beiden möglichen Phasenwinkel von  $z_6$  an.

$\phi_6$  (zwischen  $0^\circ$  und  $180^\circ$ ) =                      Grad

$\phi_6$  (zwischen  $-180^\circ$  und  $0^\circ$ ) =                      Grad

e) Berechnen Sie  $z_7 = \exp(z_2) = x_7 + j \cdot y_7$ .

$x_7 =$

$y_7 =$

f) Geben Sie die komplexe Größe  $z_8 = \exp(z_2) + \exp(z_2^*) = x_8 + j \cdot y_8$  an.

$x_8 =$

$y_8 =$

## Z1.3: Nochmals komplexe Zahlen

Ausgegangen wird von drei komplexen Zahlen, die rechts in der komplexen Ebene dargestellt sind:

$$z_1 = 4 + 3j,$$

$$z_2 = -2,$$

$$z_3 = 6j.$$

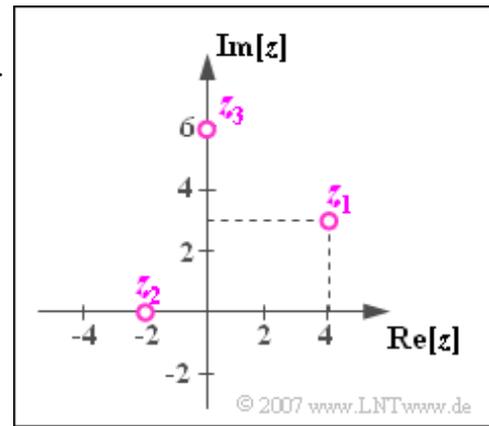
Im Rahmen dieser Aufgabe sollen berechnet werden:

$$z_4 = z_1 \cdot z_1^*,$$

$$z_5 = z_1 + 2 \cdot z_2 - \frac{z_3}{2},$$

$$z_6 = z_1 \cdot z_2,$$

$$z_7 = \frac{z_3}{z_1}.$$



**Hinweis:** Diese Aufgabe bezieht sich auf den Theorieteil von **Kapitel 1.3**. Die Thematik wird auch im folgenden Lernvideo behandelt:

**Rechnen mit komplexen Zahlen** (Dauer 11:52)

Geben Sie Phasenwerte stets im Bereich  $-180^\circ < \phi \leq +180^\circ$  ein.

### Fragebogen zu "Z1.3: Nochmals komplexe Zahlen"

a) Geben Sie  $z_1$  nach Betrag und Phase an.

$$|z_1| =$$

$$\phi_1 = \text{Grad}$$

b) Wie lautet  $z_4 = z_1 \cdot z_1^* = x_4 + j \cdot y_4$ ?

$$x_4 =$$

$$y_4 =$$

c) Berechnen Sie  $z_5 = x_5 + j \cdot y_5$  entsprechend der Angabenseite.

$$x_5 =$$

$$y_5 =$$

d) Geben Sie  $z_6 = z_1 \cdot z_2$  nach Betrag und Phase (im Bereich  $\pm 180^\circ$ ) an.

$$|z_6| =$$

$$\phi_6 = \text{Grad}$$

e) Welchen Phasenwert besitzt die rein imaginäre Zahl  $z_3$ ?

$$\phi_3 = \text{Grad}$$

f) Berechnen Sie  $z_7 = z_3/z_1$  nach Betrag und Phase (im Bereich  $\pm 180^\circ$ ).

$$|z_7| =$$

$$\phi_7 = \text{Grad}$$