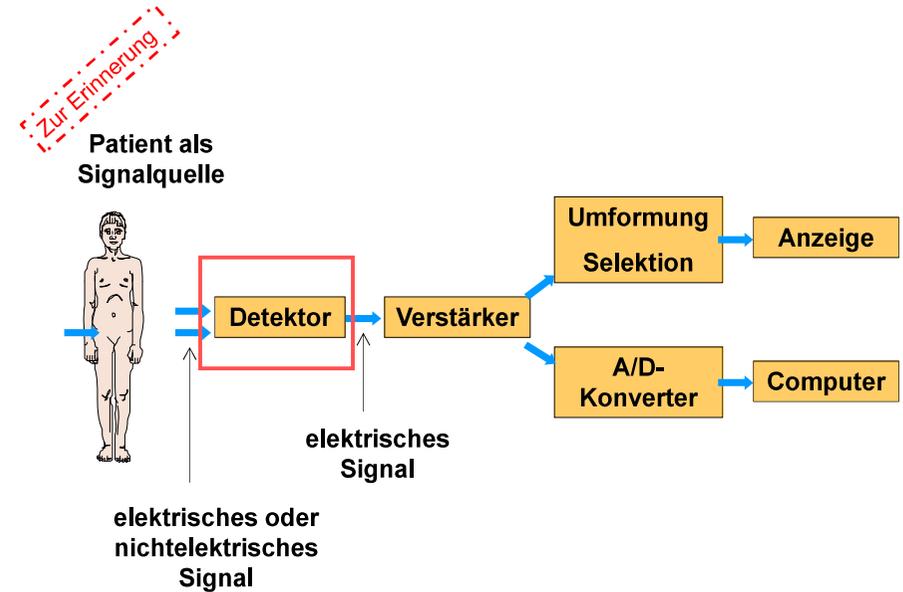
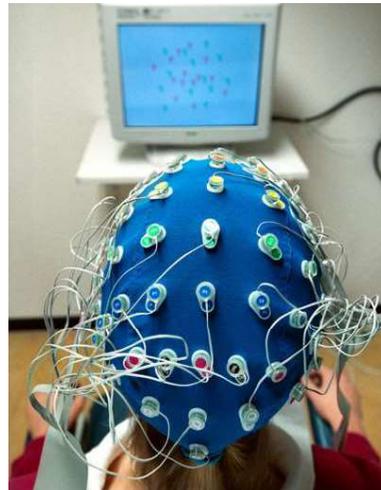


# Signalverarbeitung II.

Signalverarbeitungskette



## Rauschen

**Rauschen:** die gemessenen (als Signalinformationen dienenden) physikalischen Parameter, die nicht von den zu untersuchenden Erscheinungen stammen, also keine Nutzinformationen übermitteln.

**Signal-Rausch-Verhältnis (S/R):**

$$S/R = \frac{\text{mittlere Nutzsignalleistung}}{\text{mittlere Rauschleistung}} \quad \text{oder} \quad \frac{\text{Signalimpulszahl}}{\text{Rauschimpulszahl}}$$

- ist ein Maß für die Qualität eines aus einer Quelle stammenden Nutzsignals, das von einem Rauschsignal überlagert ist
- bezeichnet oft als **SNR** oder **S/N** vom Englischen signal-to-noise ratio

Beispiel für verschiedene S/R-Werte:

Signal/Rausch = 1

dbiueridduedeanuskicnedjnuidcdhotqviearla  
sntrwgomrdtulaigcohaffümrdcaasuwoadsc  
dbirecmceqnjsucqhdeonaaautsfichjnuednm  
napcmhfeknj

Signal/Rausch = 5

dbiueideensinednichtviterantwortlicohaffürd  
caswadsiemcenscqhenausihnenmachen

Signal/Rausch = 11

diecidetensindnichtfmerantwortlichfürdasw  
asdiemenschenausihnenmaochenm

diecidetensindnichtfmerantwortlichfürdasw  
asdiemenschenausihnenmaochenm

(Werner Heisenberg)

Aoccdrnig to a rscheearch at Cmabrigde Uinervtisy, it deosn't mttae in waht oredr the ltteers in a wrod are, the olny iprmoentn tihng is taht the frist and lsat ltteer be at the rghit pdae. The rset can be a toatl mses and you can sitll raed it wouthit porbelm. Tihs is bcuseae the huamn mnid deos not raed ervey lteter by istlef, but the wrod as a wlohe.

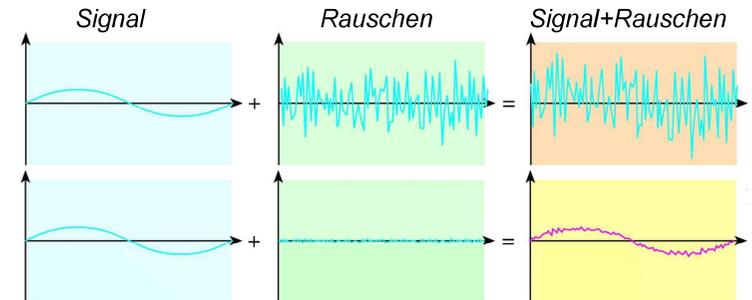
"Luat enier sidtue an eienr elgnhcsien uvrnsäieet, ist es eagl in wcheler rhnfgeloie die bstuchbaen in eniem wrot snid. das eniizg whictgie ist, dsas der etrse und der lztete bstuchbae am rtigeichn paltz snid. der rset knan tatol deiuranchnedr sien und man knan es ienrmomch onhe porbelm lseen. das legit daarn, dsas wir nhcit jeedn bstuchbaen aeilln lseen, srednon das wrot als gzanes."

Rauschenfilter:

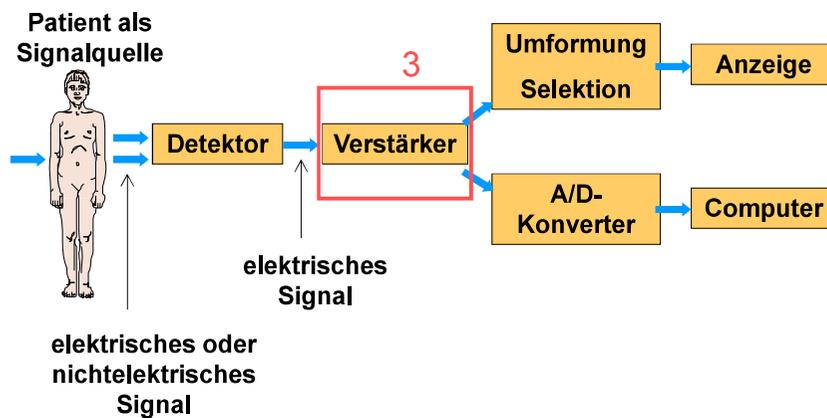


## Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses

- Anheben der Signalstärke
- Verminderung des Rauschens
  - Abschirmung
  - Filterung
  - Mittelung



8



9

## (elektrischer) Verstärker



- Anforderungen:
- (1)  $P_{\text{ein}} < P_{\text{aus}}$
  - (2) zeitlicher Ablauf von Ausgangssignal und Eingangssignal (möglichst) gleich

Charakteristische Parameter:

Leistungsverstärkungsfaktor  $V_P = \frac{P_{\text{aus}}}{P_{\text{ein}}}$

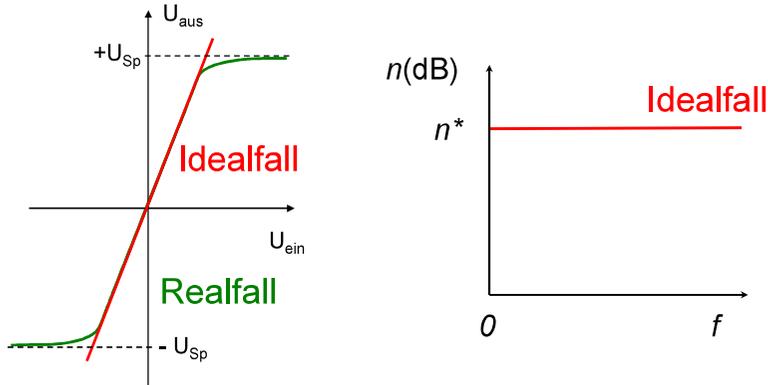
Spannungsverstärkungsfaktor  $V_U = \frac{U_{\text{aus}}}{U_{\text{ein}}}$

Verstärkung mit Dezibel-Zahl:

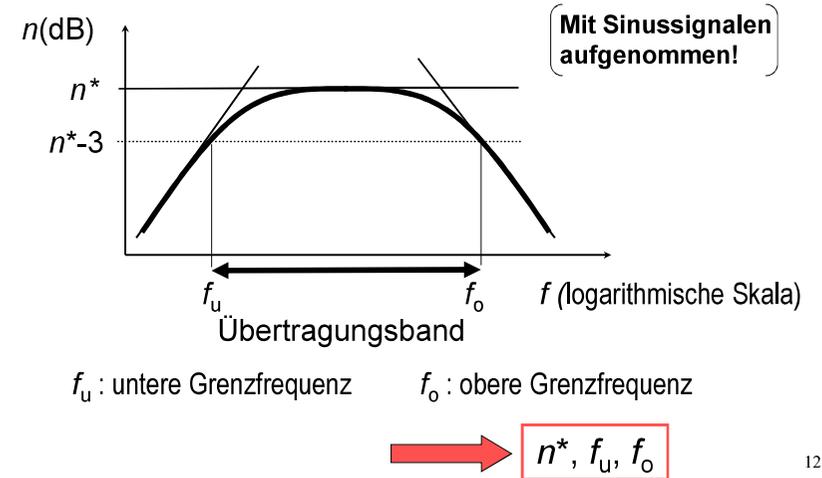
$$n = 10 \cdot \lg \frac{P_{\text{aus}}}{P_{\text{ein}}} \text{ (dB)} = 10 \cdot \lg V_P \text{ (dB)}$$

10

# Frequenzübertragungsfunktion (Frequenzgang, Frequenz-Antwort-Funktion, Übertragungskennlinie)

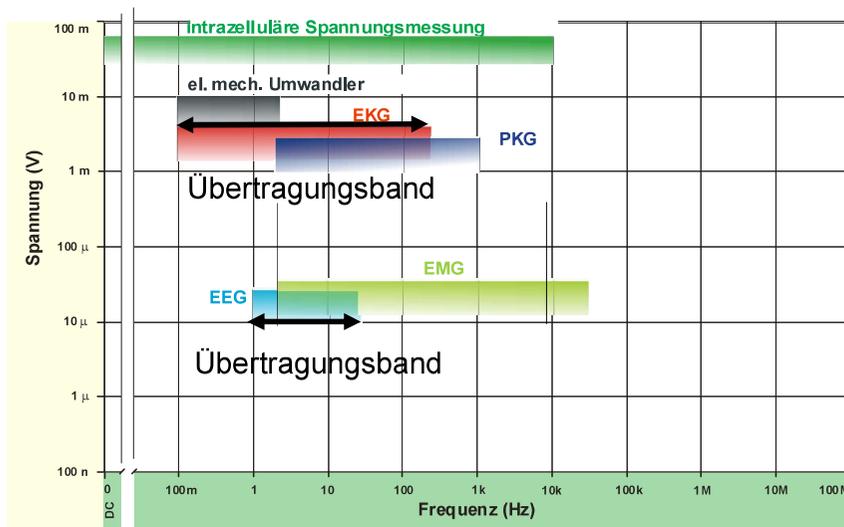


# Frequenzübertragungsfunktion (Frequenzgang, Frequenz-Antwort-Funktion, Übertragungskennlinie)

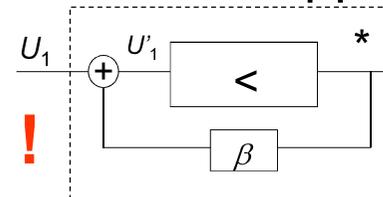


11

12



# Rückkopplung(sverstärker)



$$V_R = \frac{V}{1 - \beta V}$$

- $V$ : Spannungsverstärkungsfaktor des Verstärkers (ohne R.k.)
- $\beta$ : Rückkopplungsfaktor
- $V_R$ : Spannungsverstärkungsfaktor des rückgekoppelten Verstärkers

**Mitkopplung** (positive R.k. – gleiche Phase):

$$\beta > 0, V_R > V$$

**Gegenkopplung** (negative R.k. – entgegengesetzte Phase):

$$\beta < 0, V_R < V$$

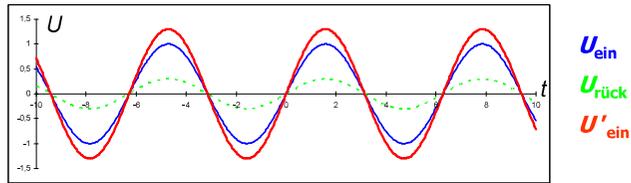
13

14

**Mitkopplung** (positive R.k. – gleiche Phase):

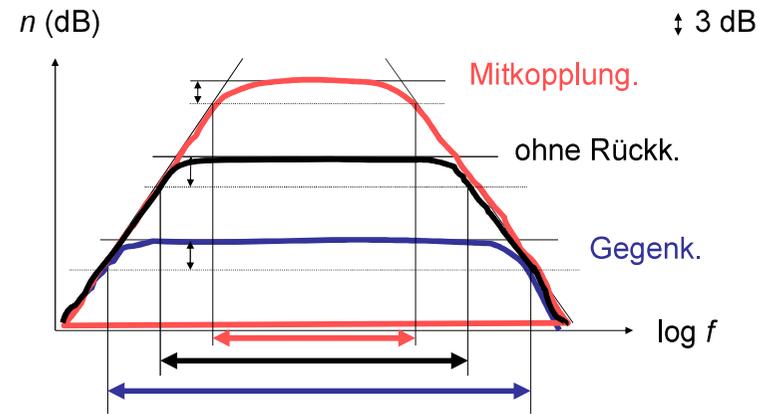
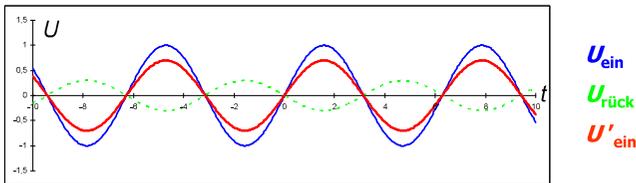
$\beta > 0, V_R > V$  → Sinusoszillator ( $\beta V = 1$ , Verstärkung: „unendlich“)

→ Ultraschall(generator), Wärmetherapie(gen.)



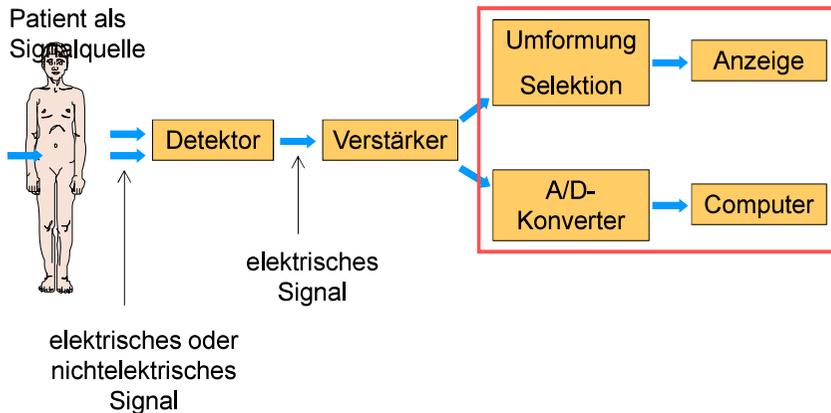
**Gegenkopplung** (negative R.k. – entgegengesetzte Phase):

$\beta < 0, V_R < V$  → alle Verstärker von hoher Qualität



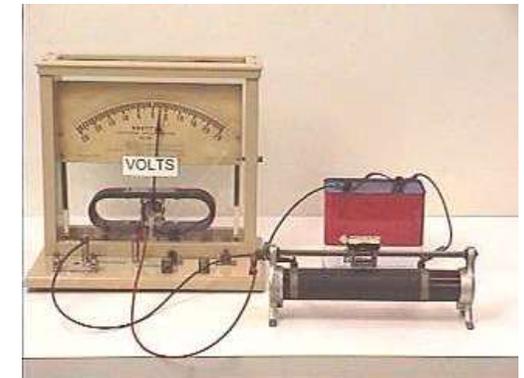
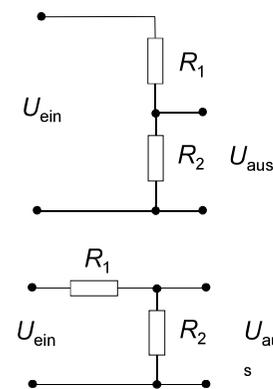
**Mitkopplung:** Übertragungsband – schmäler (Nachteil)  
**Gegenkopplung:** Übertragungsband – breiter (Vorteil)

## Medizinische Signalanalysekette 4



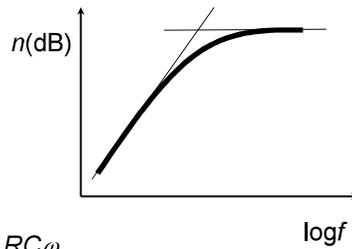
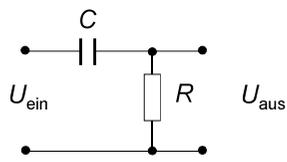
## Filterierung: Hochpass und Tiefpass Filtern

Einführung:  
 Spannungsteiler



$$U_{\text{aus}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{\text{ein}}$$

### Hochpass Filter (high-pass filter)

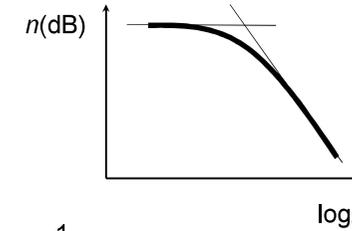
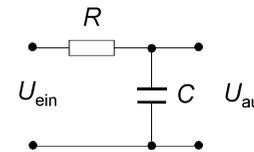


$$U_{\text{aus}} = \frac{R}{\sqrt{\frac{1}{C^2\omega^2} + R^2}} U_{\text{ein}} = \frac{RC\omega}{\sqrt{1 + R^2C^2\omega^2}} U_{\text{ein}}$$

bei kleiner Frequenzen: wenn  $\omega \ll \omega_0$  ( $\omega \approx 0$ ),  $U_{\text{aus}} = 0$

bei grosser Frequenzen: wenn  $\omega \gg \omega_0$  ( $\omega \approx \infty$ ),  $U_{\text{aus}} = U_{\text{ein}}$

### Tiefpass Filter (low-pass filter)



$$U_{\text{aus}} = \frac{1}{\sqrt{R^2 + \frac{1}{C^2\omega^2}}} U_{\text{ein}} = \frac{1}{\sqrt{R^2C^2\omega^2 + 1}} U_{\text{ein}}$$

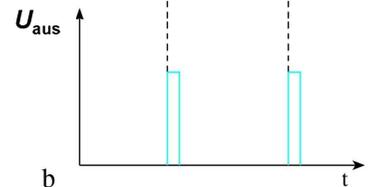
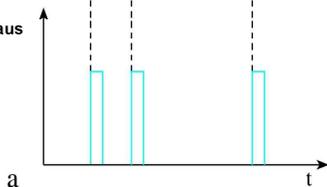
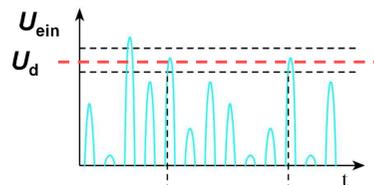
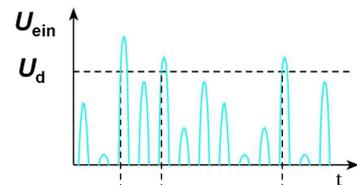
bei kleiner Frequenzen: ha  $\omega \ll \omega_0$  ( $\omega \approx 0$ ),  $U_{\text{aus}} = U_{\text{ein}}$

bei grosser Frequenzen: ha  $\omega \gg \omega_0$  ( $\omega \approx \infty$ ),  $U_{\text{aus}} = 0$

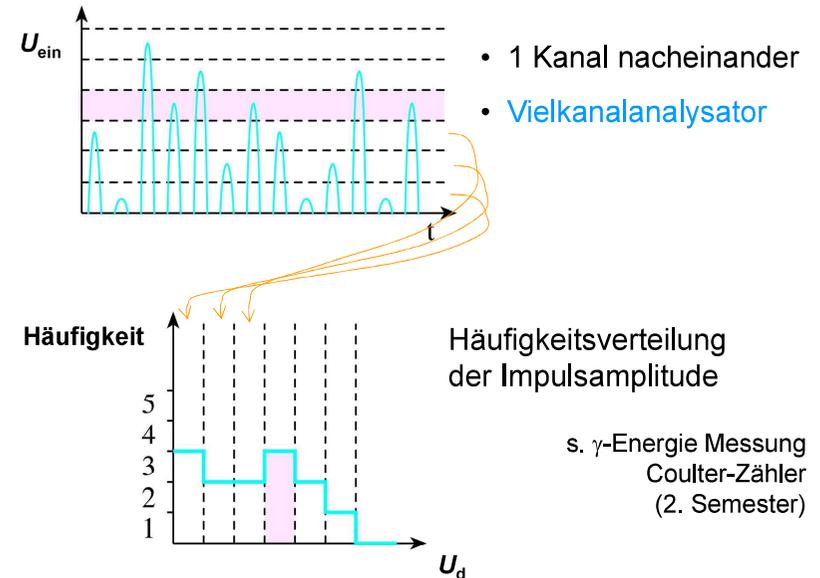
## Selektierung von Impulssignalen

Integraldiskriminator (ID)

Differenzialdiskriminator (DD)

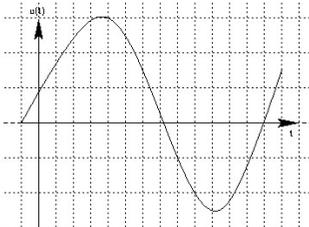


s. monostabiler Multivibrator (2. Semester)

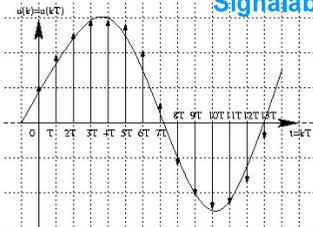


# A/D-Konversion

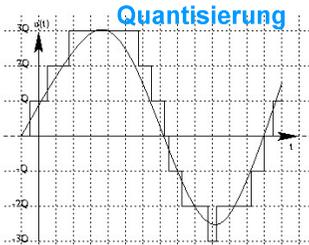
Signalabtastung



analoges Signal: zeit- und wertkontinuierliches S.

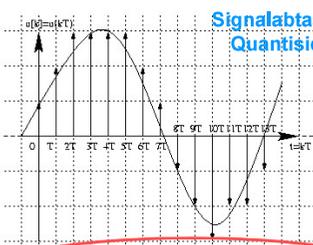


zeitdiskretes, wertkontinuierliches S.



Quantisierung

wertdiskretes, zeitkontinuierliches S.



Signalabtastung + Quantisierung

digitales Signal: zeit- und wertdiskretes S.

zeitdiskretes Signal: man kennt den Signalwert nicht in allen Zeitpunkten



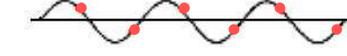
Sinusfunktion höchster Frequenz die zur Fourierschen Herstellung nötig ist



$f_{\text{ablast}} = f_{\text{max}}$ , rekonstruiertes Signal: konstant



$f_{\text{ablast}} = 1,5 f_{\text{max}}$ , die Frequenz des rekonstruierten Signals ist falsch

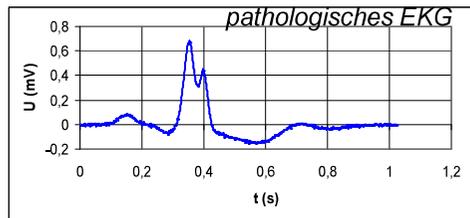


$f_{\text{ablast}} = 2 f_{\text{max}}$ , die Frequenz des rekonstruierten Signals ist korrekt

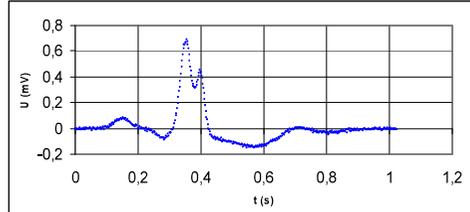
## Nyquist-Shannon Abtasttheorem:

Ein Signal einer Maximalfrequenz  $f_{\text{max}}$  muss mit einer Frequenz größer als  $2f_{\text{max}}$  abgetastet werden, damit man aus dem so erhaltenen zeitdiskreten Signal das Ursprungssignal ohne Informationsverlust rekonstruieren kann.

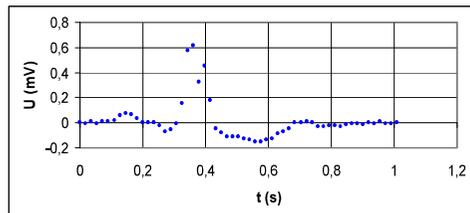
$$\left( \begin{array}{l} \text{z.B.: hifi, } f_{\text{max}} = 20 \text{ kHz} \\ f_{\text{ablast}} = 44,1 \text{ kHz} > 2 \cdot 20 \text{ kHz} \end{array} \right)$$



analoges Signal  $f_{\text{max}} = 200 \text{ Hz}$

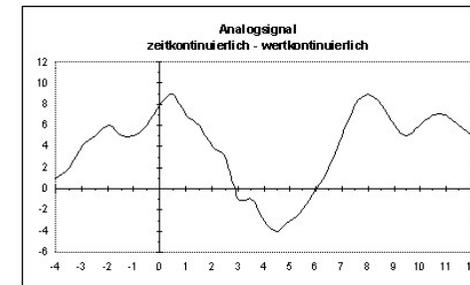


zeitdiskretes Signal  
 $f_{\text{ablast}} = 500 \text{ Hz} > 2 f_{\text{max}}$



zeitdiskretes Signal  
 $f_{\text{ablast}} = 50 \text{ Hz} < 2 f_{\text{max}}$

wertdiskretes Signal: der Wert des Signals kann nicht beliebig groß sein



binäres Signal =

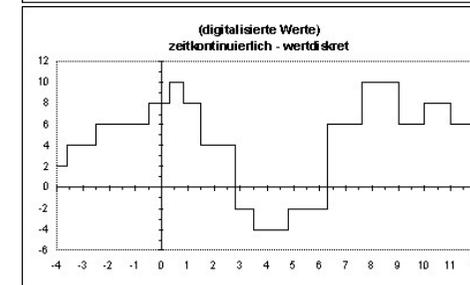
zwei Werte (Zustände)

1 bit  $\rightarrow$  2 Werte  $2^1$

2 bit  $\rightarrow$  4 Werte  $2^2$

3 bit  $\rightarrow$  8 Werte  $2^3$

...



$$\left( \begin{array}{l} \text{z.B.: hifi, 16 bit} = 2^{16} = 65\,536 \\ \text{(CD Standard)} \\ 24 \text{ bit} = 2^{24} = 16\,777\,216 \\ \text{("beste" Tonkarte)} \end{array} \right)$$

