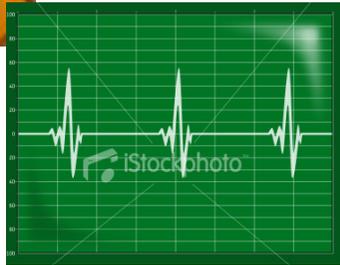
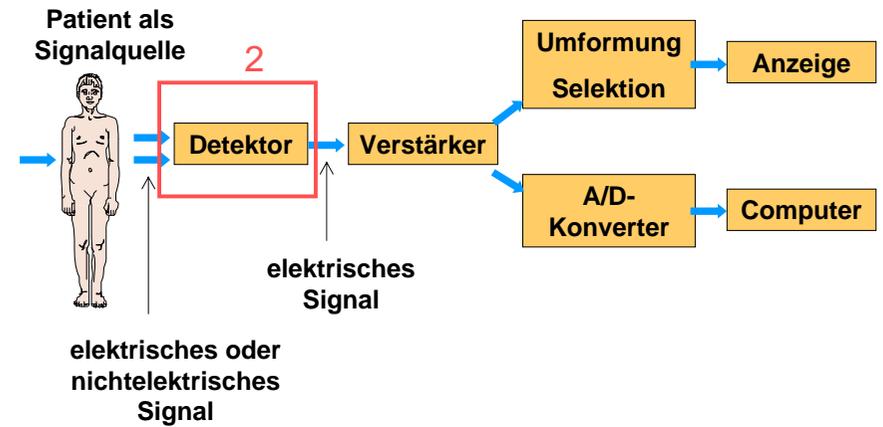




Kleine medizinische Signalverarbeitung



1



2

Detektor

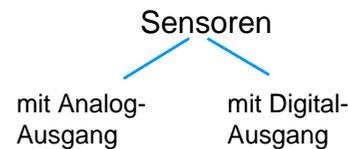
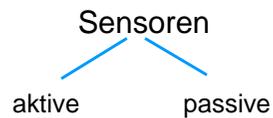
(Sensor, Umformer, Wandler, Transducer, ...)



Umwandlung der nichtelektrischen in elektrischen Signale.

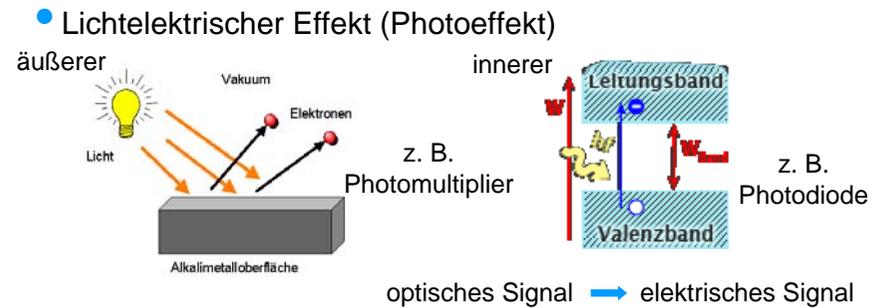


Bei elektrischen Signalen: Detektor → Elektroden



3

Einige Detektor-Effekte



- **Radio-, Röntgenlumineszenz**



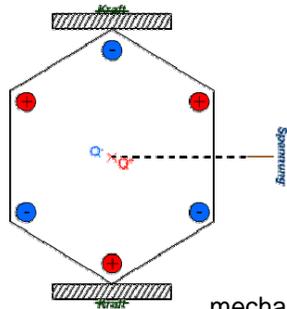
z. B. NaI(Tl)



Strahlungssignal → optisches Signal

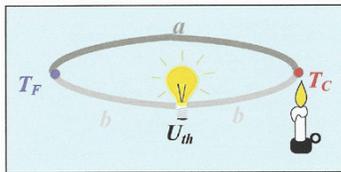
4

- Piezoelektrischer Effekt (griech. *piézein* - pressen, drücken)



mechanisches Signal → elektrisches Signal

- Seebeck-Effekt

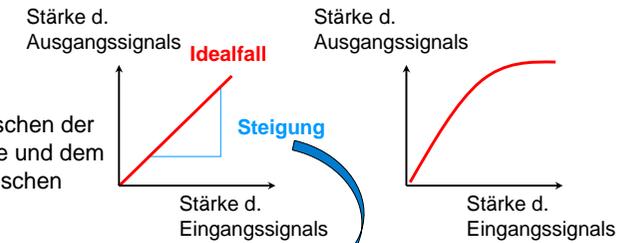


thermisches Signal → elektrisches Signal

Kenngrößen des Detektors

- Kennlinie

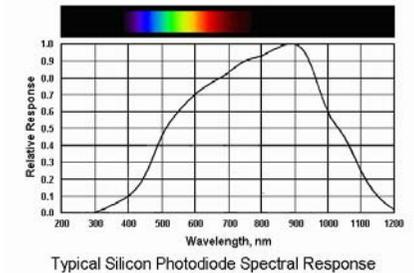
... beschreibt den Zusammenhang zwischen der zu messenden Größe und dem resultierenden elektrischen Ausgangssignal.



- Empfindlichkeit (Sensitivität)

... ist die Steigung der Kennlinie.

- Empfindlichkeitskurve



- Auflösung

zeitliche, räumliche, ...

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

dbiueriddueadeanuskicknedjnuidcdhotqviearla
sntrwgomrdtulaigcohaffümhrhdcaasuwoadsc
dbirecmceqnjsucqhdeonaaautsfichjnuednmm
napcmhfeknj

Signal/Rausch = 5

dbiueideensinednichtviterantwortlicohaffürd
caswadsiemcenscqhenausihnenmachen

Signal/Rausch = 11

diecidetensindnichtfmerantwortlichfürdasw
asdiemenschenausihnenmaochenm

Signal/Rausch = 5

dbiueideensinednichtviterantwortlicohaffür
dcaswadsdiemcenscqhenausiinnenmachen

dbiueideensinednichtviterantwortlicohaffür
dcaswadsdiemcenscqhenausiinnenmachen

Filtern

dbiueideensinednichtviterantwortlicohaffür
dcaswadsdiemcenscqhenausiinnenmachen

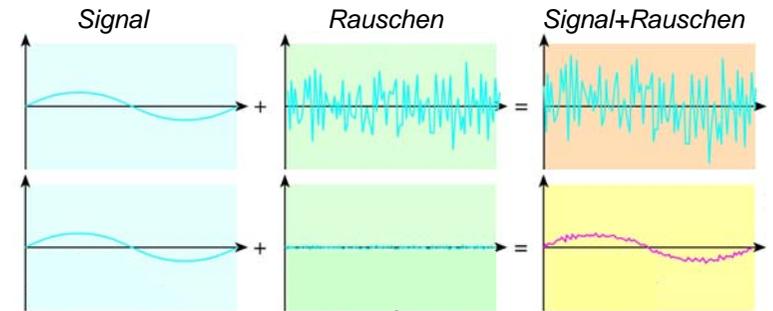
d i eideensin dnichtv erantwortlic h f ür
d a s w a s diem ensc henausiinnen mach en

(Werner Heisenberg)

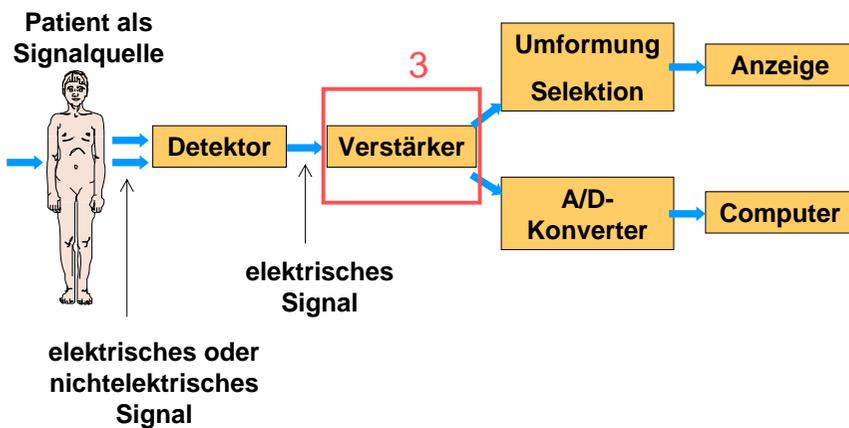
9

Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses

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



10



11

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

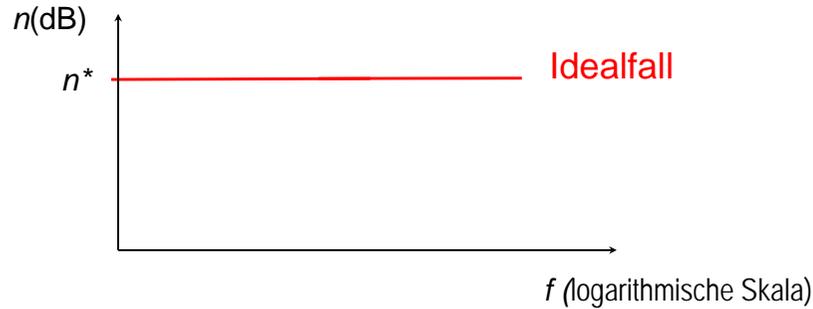
Verstärkung mit Dezibel-Zahl:

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

12

Frequenzübertragungsfunktion

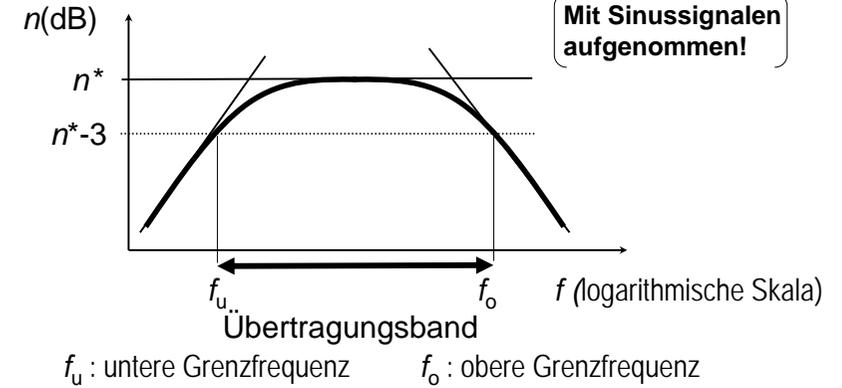
(Frequenzgang, Frequenz-Antwort-Funktion, Übertragungskennlinie)



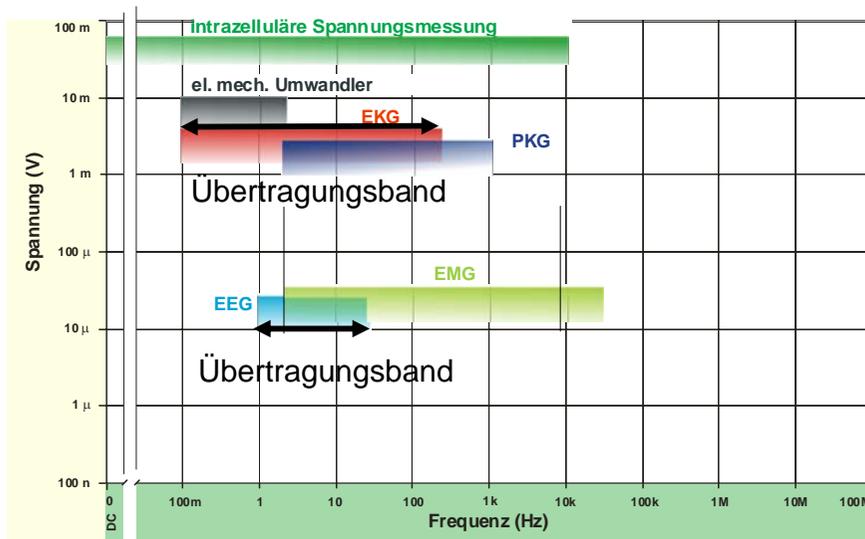
13

Frequenzübertragungsfunktion

(Frequenzgang, Frequenz-Antwort-Funktion, Übertragungskennlinie)

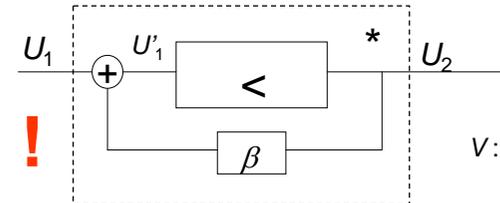


14



15

Rückkopplung(sverstärker)



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

V : Spannungsverstärkungsfaktor des Verstärkers (ohne R.k.)

β : Rückkopplungsfaktor

V_R : Spannungsverstärkungsfaktor des rückgekoppelten Verstärkers

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

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

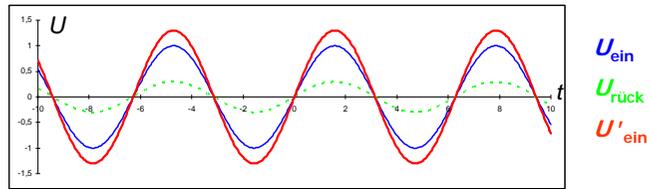
Gegenkopplung (negative R.k. – entgegengesetzte Phase):

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

16

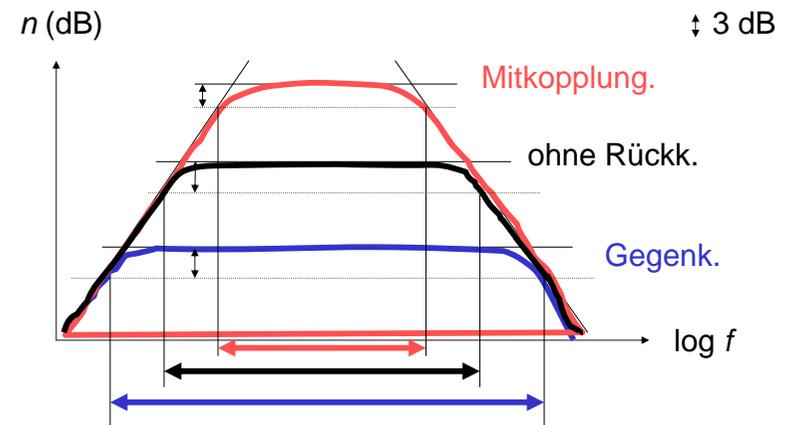
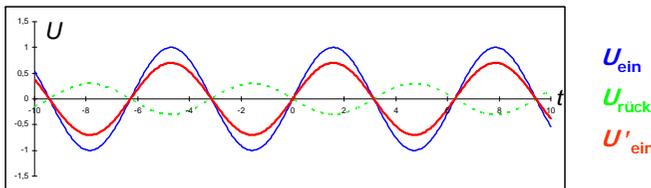
Mitkopplung (positive R.k. – gleiche Phase):

$\beta > 0, V_R > V$ → 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

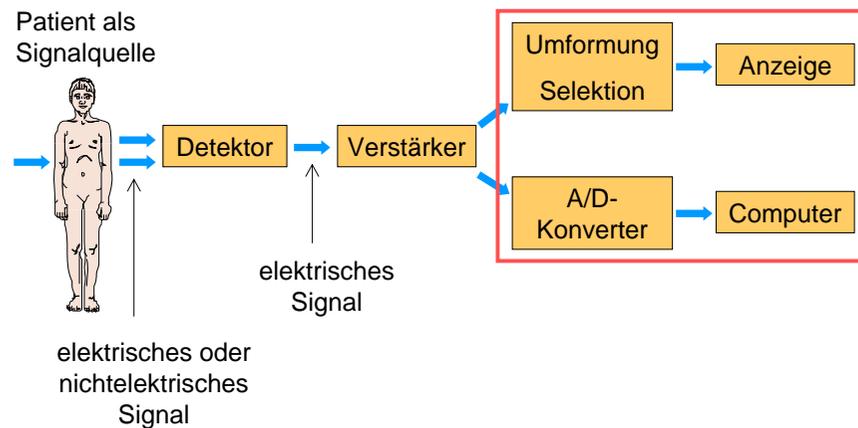


Mitkopplung: Übertragungsband – schmaler (Nachteil)

Gegenkopplung: Übertragungsband – breiter (Vorteil)

Medizinische Signalanalysekette

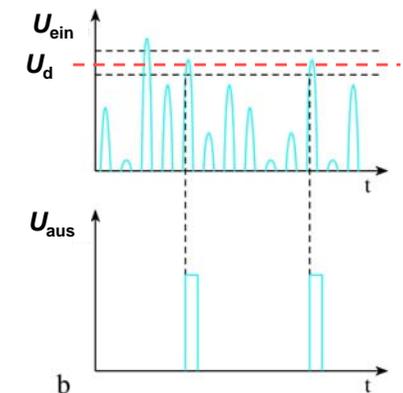
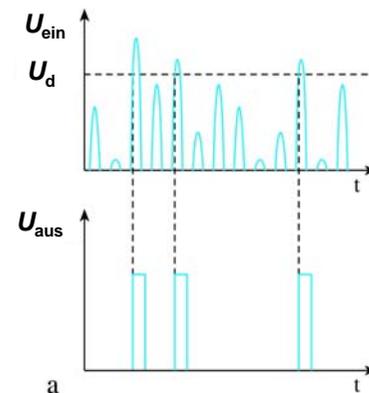
4



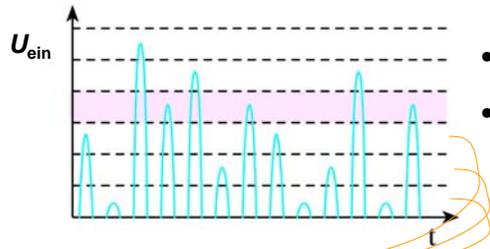
Selektierung von Impulssignalen

Integraldiskriminator (ID)

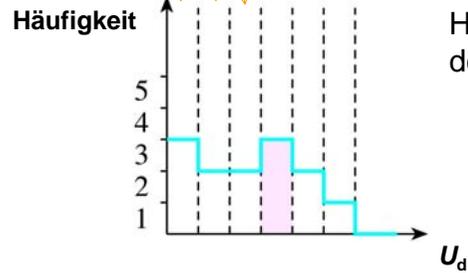
Differenzialdiskriminator (DD)



s. monostabiler Multivibrator (2. Semester)



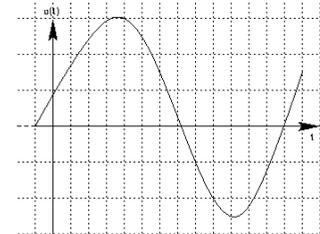
- 1 Kanal nacheinander
- Vielkanalanalysator



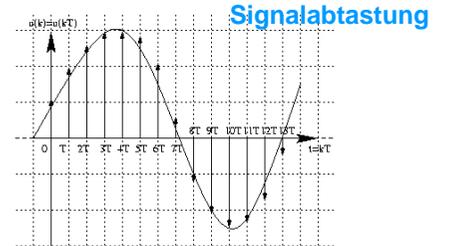
Häufigkeitsverteilung der Impulsamplitude

s. γ -Energie Messung
Coulter-Zähler
(2. Semester)

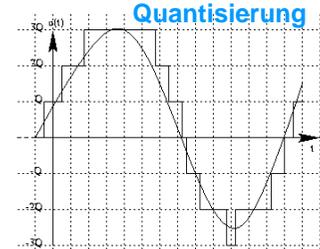
A/D-Konversion



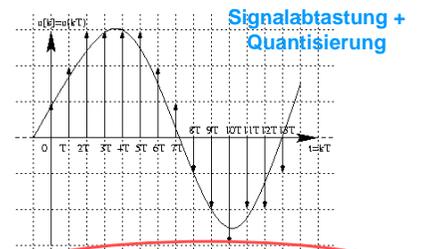
analoges Signal: zeit- und wertkontinuierliches S.



zeitdiskretes, wertkontinuierliches S.

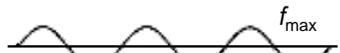


wertdiskretes, zeitkontinuierliches S.



digitales Signal: zeit- und wertdiskretes S.

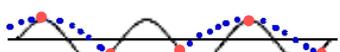
zeitdiskretes Signal: man kennt den Signalwert nicht in allen Zeitpunkten



Sinusfunktion höchster Frequenz die zur
Fourierschen Herstellung nötig ist



$f_{abtast} = f_{max}$, rekonstruiertes Signal: konstant



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

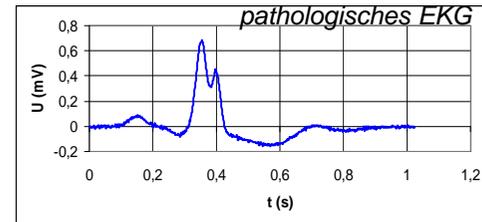


$f_{abtast} = 2 f_{max}$, die Frequenz des
rekonstruierten Signals ist korrekt

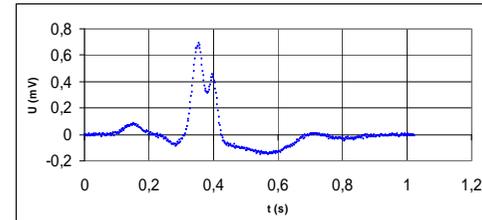
Nyquist-Shannon Abtasttheorem:

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

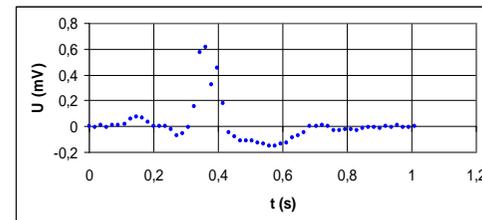
(z.B.: hifi, $f_{max} = 20 \text{ kHz}$
 $f_{abtast} = 44,1 \text{ kHz} > 2 * 20 \text{ kHz}$)



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

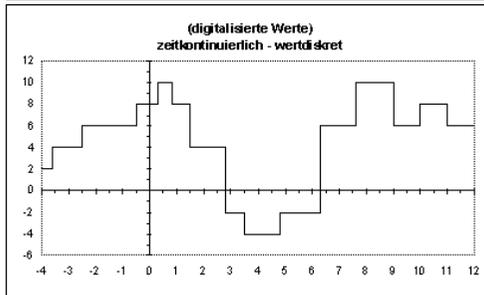
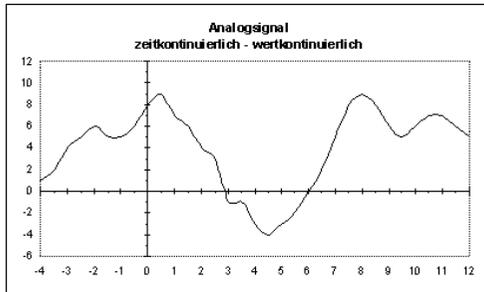


zeitdiskretes Signal
 $f_{abtast} = 500 \text{ Hz} > 2 f_{max}$



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

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

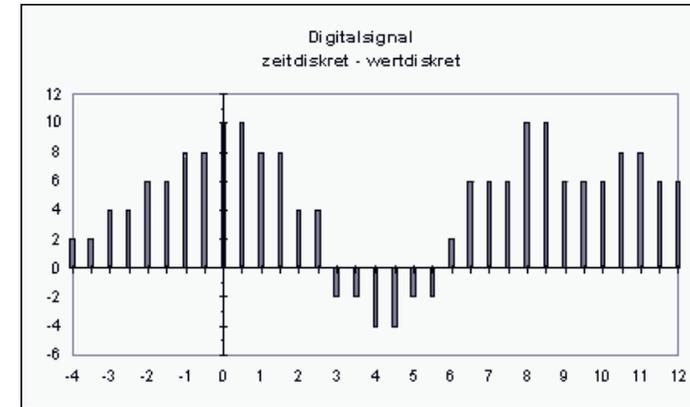
3 bit \rightarrow 8 Werte 2^3

...

z.B.: hifi, 16 bit = $2^{16} = 65\,536$
(CD Standard)
24 bit = $2^{24} = 16\,777\,216$
("beste" Tonkarte)

25

Digitalsignal: zeit- und wertdiskretes Signal



- wesentlich geringere Störanfälligkeit
- eine fast vollständige regenerierbarkeit entlang der Übertragungsstrecke

26