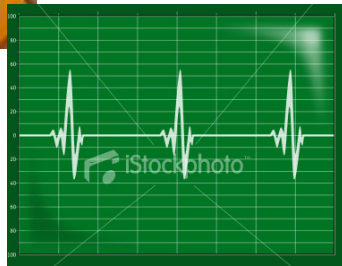


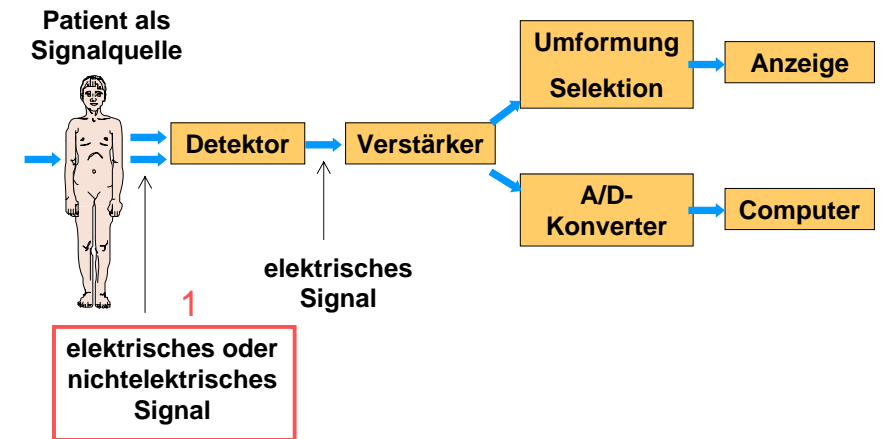


Kleine medizinische Signalverarbeitung 2



1

Medizinische Signalanalysekette

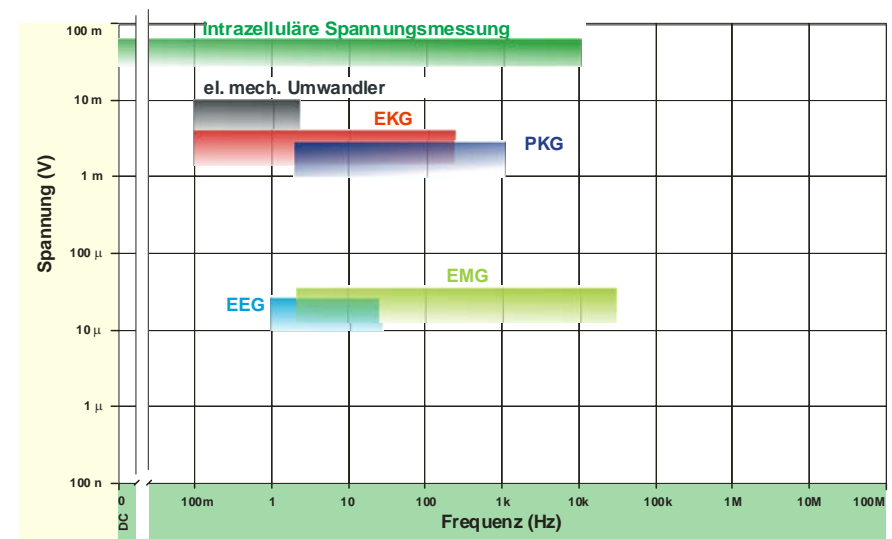


2

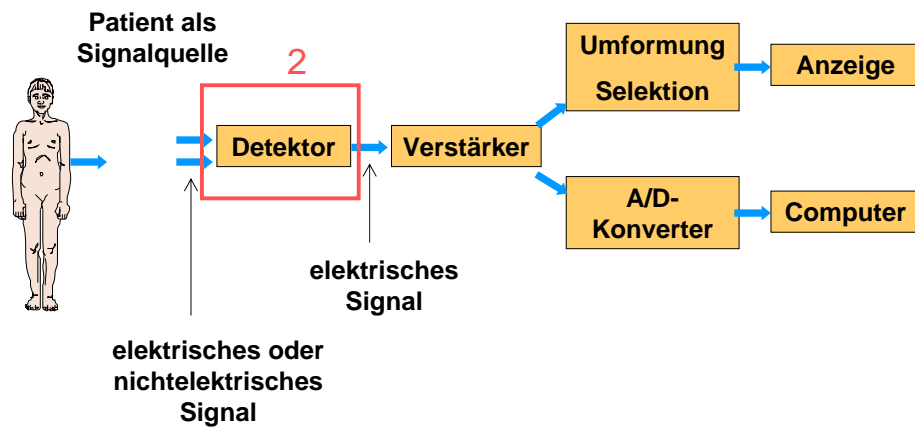
Einige charakteristischen Daten bioelektrischer Potenziale

Aktionspotenzial	Frequenz- bereich (Hz)	Spannung (mV)	Bemerkungen
Einzelzelle	0-10000	50-130	monophasisches Aktionspotenzial
Elektrokardiographie	0,1-200	0,1-3	
Elektroenzephalographie	1-70	0,001-0,1	
Elektrokortikographie	10-100	0,01-0,1	
Elektromyographie	10-1000	0,1-5	Oberflächen- elektrode
Elektromyographie	10-10000	0,05-5	Nadelelektrode
Elektroretinographie	0,1-100	0,02-0,3	

3



4



5

Detektor

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

nichtelektrisches Signal → Detektor → elektrisches Signal

Umwandlung der nichtelektrischen in elektrischen Signale.



Bei elektrischen Signalen: Detektor → Elektroden



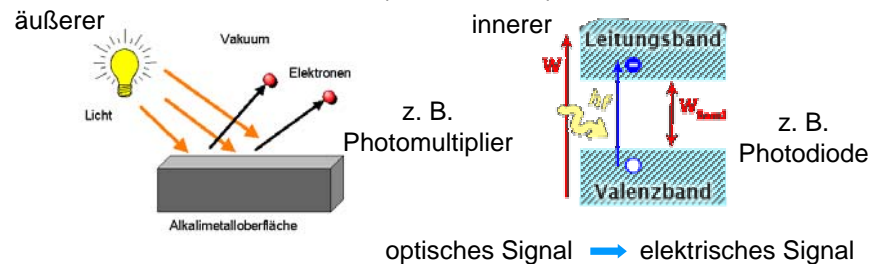
Sensoren
aktive passive

Sensoren
mit Analog-Ausgang mit Digital-Ausgang

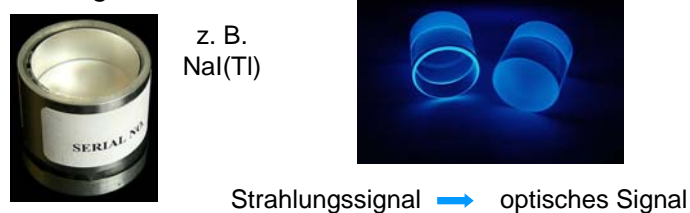
6

Einige Detektor-Effekte

• Lichtelektrischer Effekt (Photoeffekt)

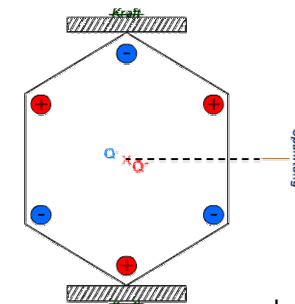


• Radio-, Röntgenolumineszenz

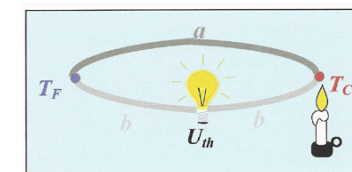


7

• Piezoelektrischer Effekt (griech. *piezein* - pressen, drücken)



• Seebeck-Effekt

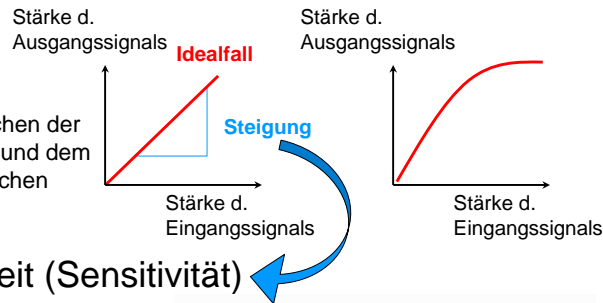


8

Kenngrößen des Detektors

• Kennlinie

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



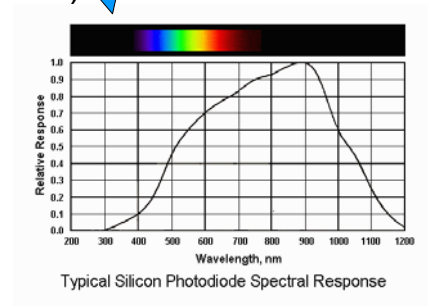
• Empfindlichkeit (Sensitivität)

... ist die Steigung der Kennlinie.

• Empfindlichkeitskurve

• Auflösung

zeitliche, räumliche, ...



9

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

10

Beispiel für verschiedene S/R-Werte:

Signal/Rausch = 1

dbiueriddueadeanuskicknedjnuidcdhotqviearla
snttrwgomrdtulaigcohaffümhrhdcaasuwoadsc
dbirecmceqnjsucqhdeonaaautsfichjnuednm
napcmhfeknj

Signal/Rausch = 5

dbiueideensinednichtviterantwortlicohaffür
caswadtdiemcenscqhenauihnenmachfen

Signal/Rausch = 11

dieidetensindnichtfvmerantwortlichfürdasw
asdiemenschenauihnenmaochenm

11

Signal/Rausch = 5

dbiueideensinednichtviterantwortlicohaffür
dcaswadtdiemcenscqhenauihnenmachfen

dbiueideensinednichtviterantwortlicohaffür
dcaswadtdiemcenscqhenauihnenmachfen

Filtern

dbiueideensinednichtviterantwortlicohaffür
dcaswadtdiemcenscqhenauihnenmachfen

d i e i d e e n s i n d n i c h t v e r a n t w o r t l i c h f ü r
d a s w a s d i e m e n s c h e n a u i h n e n m a c h e n

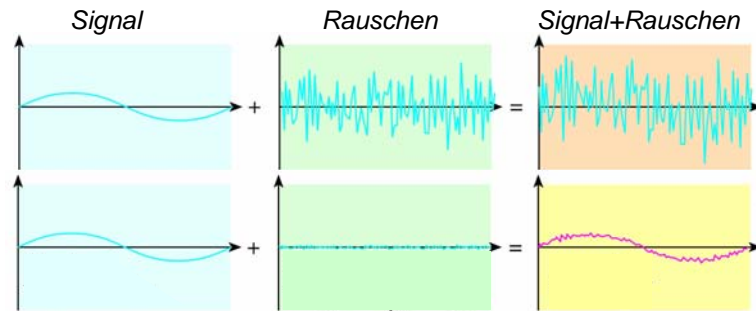
(Werner Heisenberg)

12

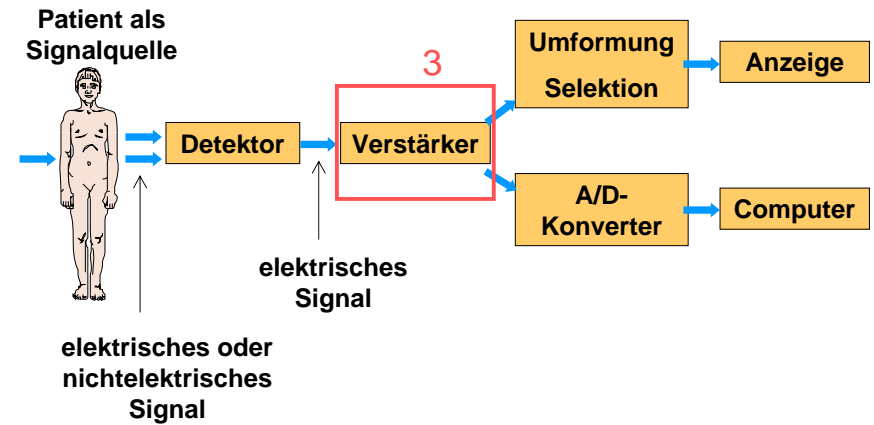
Verbesserung des Signal-Rausch-Verhältnisses

- Anheben der Signalstärke
- Verminderung des Rauschens

- Abschirmung
- Filterung
- Mittelung



13



14

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

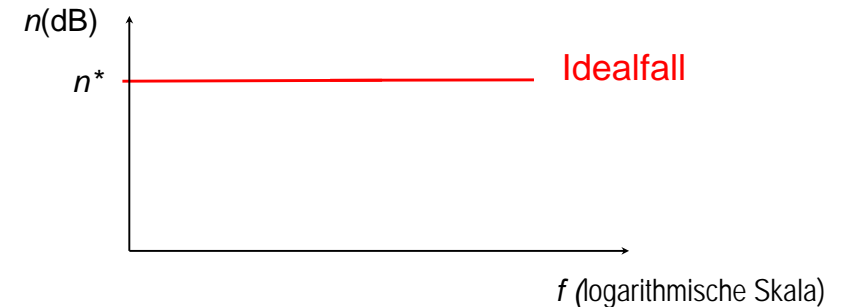
Verstärkung mit Dezibel-Zahl:

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

15

Frequenzübertragungsfunktion

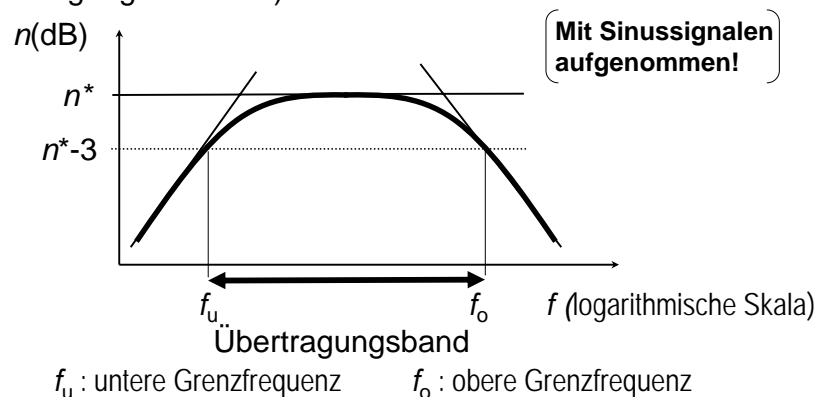
(Frequenzgang, Frequenz-Antwort-Funktion, Übertragungskennlinie)



16

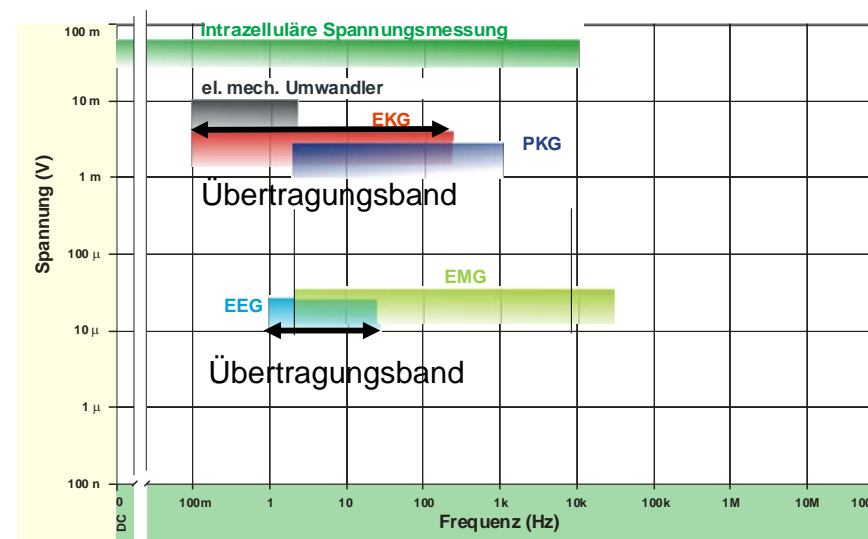
Frequenzübertragungsfunktion

(Frequenzgang, Frequenz-Antwort-Funktion, Übertragungskennlinie)



→ n^*, f_u, f_o

17

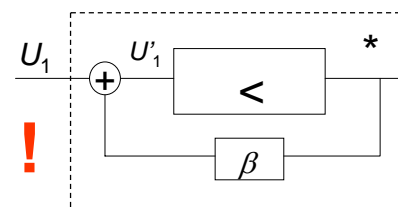


18



19

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):

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

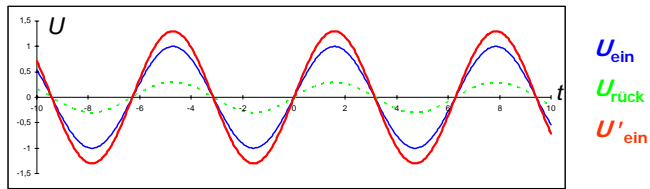
Gegenkopplung (negative R.k. – entgegengesetzte Phase):

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

20

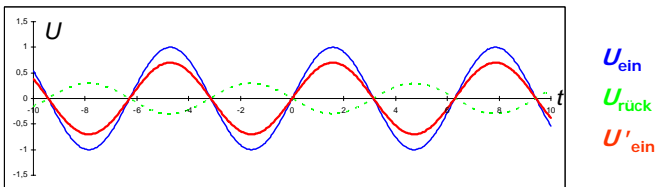
Mitkopplung (positive R.k. – gleiche Phase):

$\beta > 0, V_R > V$ → Sinusoszillator ($\beta V = 1$, Verstärkung: „unendlich“)
→ Ultraschall(generator), Wärmetherapie(gen.)

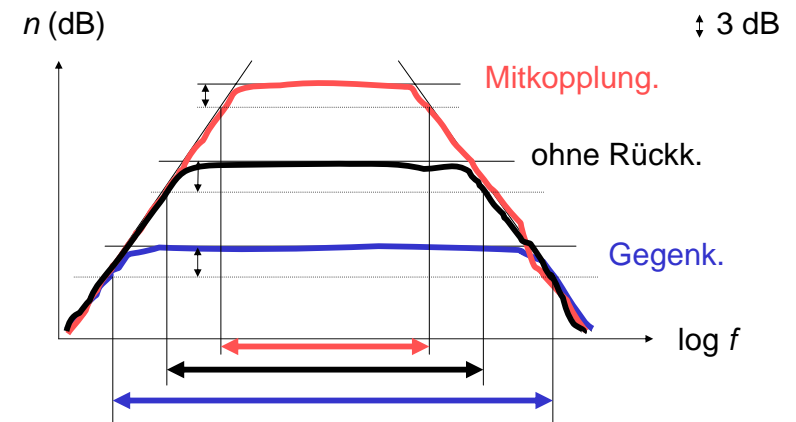


Gegenkopplung (negative R.k. – entgegengesetzte Phase):

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



21



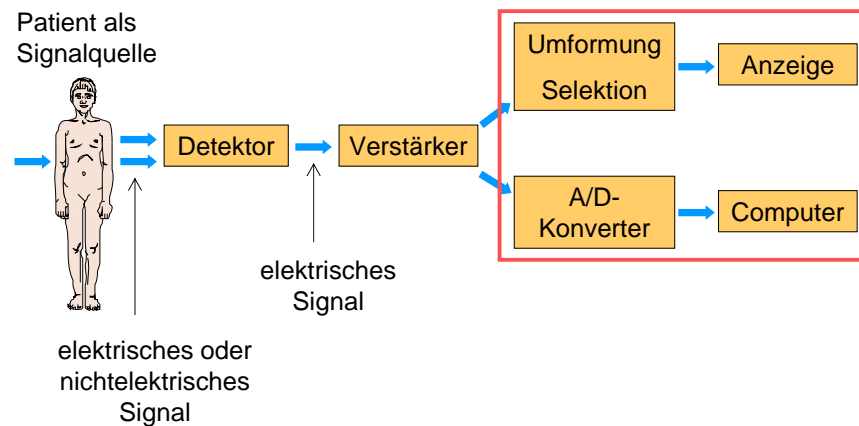
Mitkopplung: Übertragungsband – schmaler (Nachteil)

Gegenkopplung: Übertragungsband – breiter (Vorteil)

22

Medizinische Signalanalysekette

4

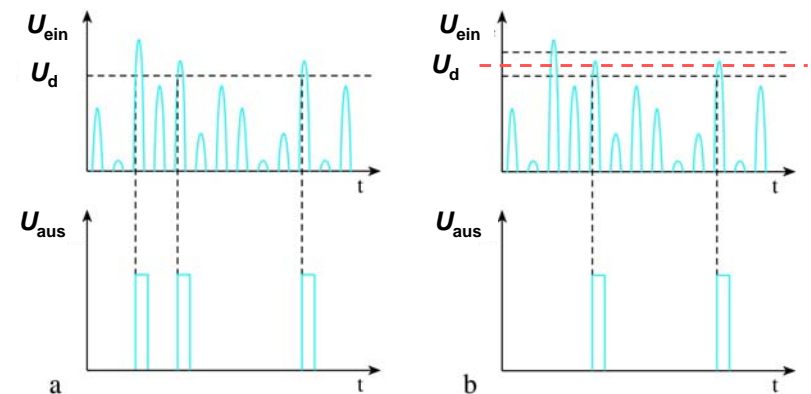


23

Selektierung von Impulssignalen

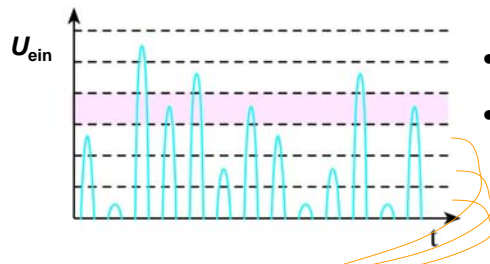
Integraldiskriminator (ID)

Differenzialdiskriminator (DD)

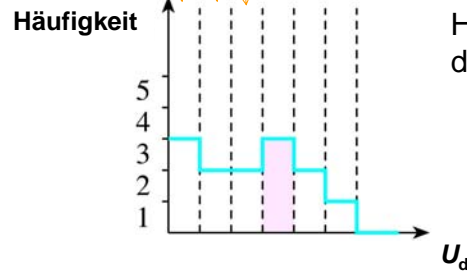


s. monostabiler Multivibrator (2. Semester)

24



- 1 Kanal nacheinander
- Vielkanalanalysator

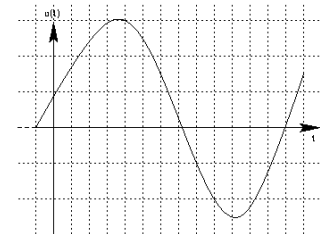


Häufigkeitsverteilung der Impulsamplitude

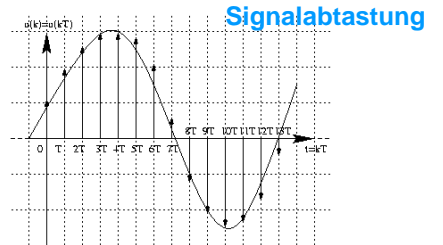
s. γ -Energie Messung
Coulter-Zähler
(2. Semester)

25

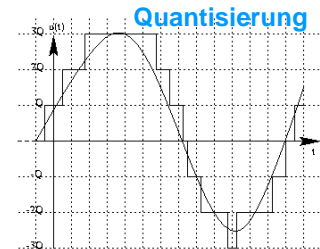
A/D-Konversion



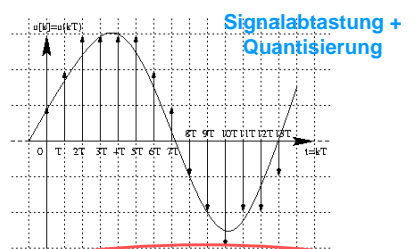
analoges Signal: zeit- und wertkontinuierliches S.



zeitdiskretes, wertkontinuierliches S.



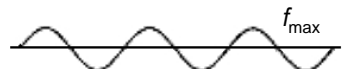
wertdiskretes, zeitkontinuierliches S.



digitales Signal: zeit- und wertdiskretes S.

26

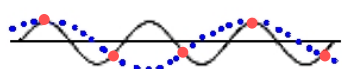
zeitdiskretes Signal: man kennt den Signalwert nicht in allen Zeitpunkten



Sinusfunktion höchster Frequenz die zur
Fourierschen Herstellung nötig ist



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



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



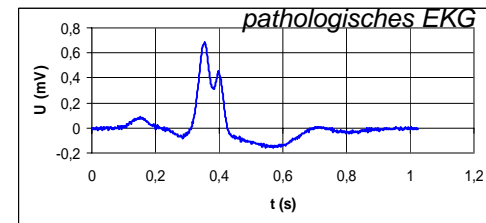
$f_{\text{abtast}} = 2 f_{\text{max}}$, die Frequenz des
rekonstruierten Signals ist korrekt

Nyquist-Shannon Abtasttheorem:

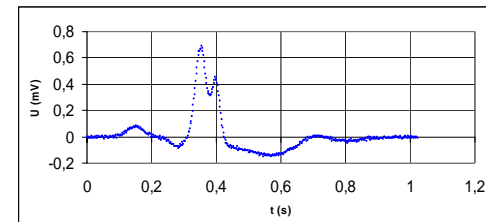
Ein Signal einer Maximalfrequenz
 f_{max} muss mit einer Frequenz größer
als $2f_{\text{max}}$ abgetastet werden, damit
man aus dem so erhaltenen
zeitdiskreten Signal das
Ursprungssignal ohne
Informationsverlust rekonstruieren
kann.

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

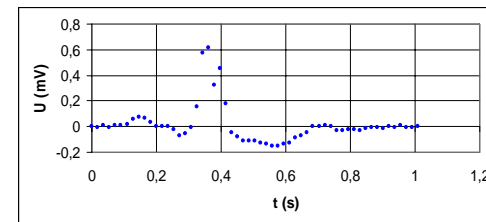
27



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



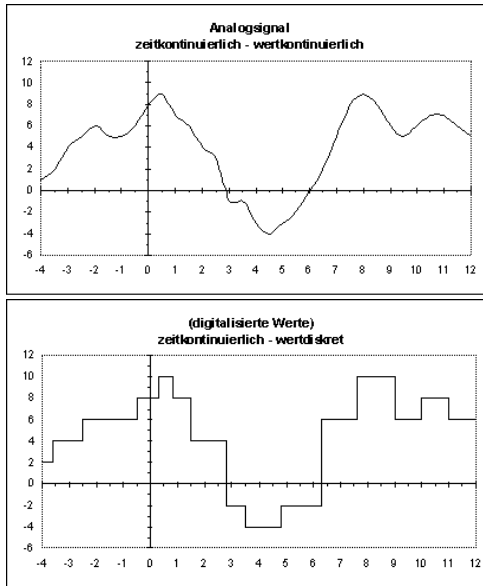
zeitdiskretes Signal
 $f_{\text{abtast}} = 500 \text{ Hz} > 2 f_{\text{max}}$



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

28

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

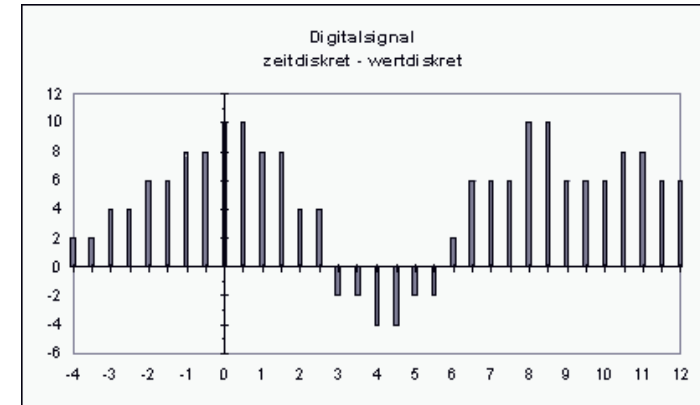
3 bit \rightarrow 8 Werte 2^3

...

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

29

Digitalsignal: zeit- und wertdiskretes Signal

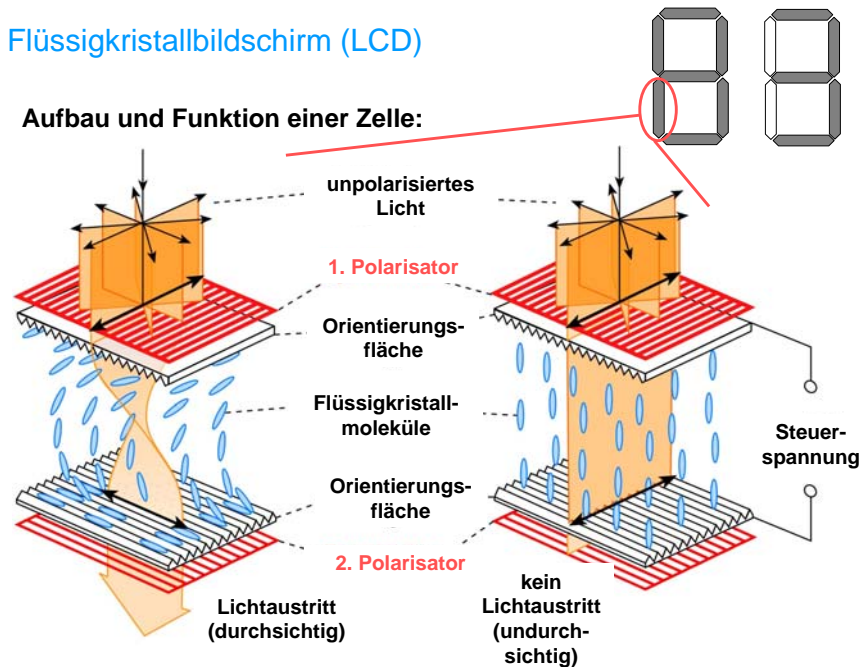


- wesentlich geringere Störanfälligkeit
- eine fast vollständige regenerierbarkeit entlang der Übertragungsstrecke

30

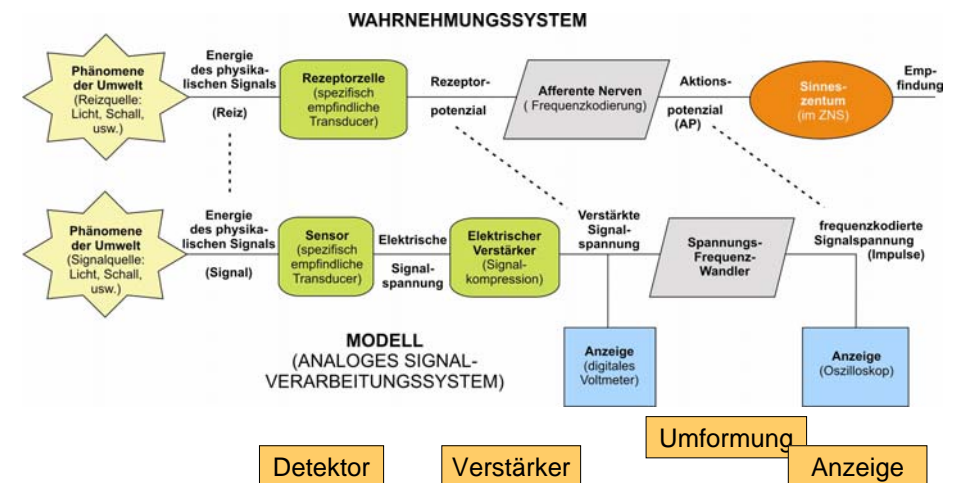
Flüssigkristallbildschirm (LCD)

Aufbau und Funktion einer Zelle:



31

Analogie zwischen Signalanalysekette und Wahrnehmungssystem



32