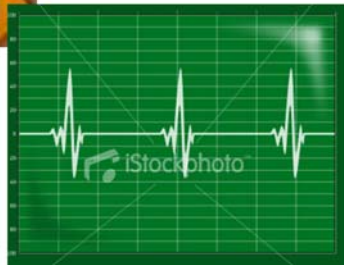
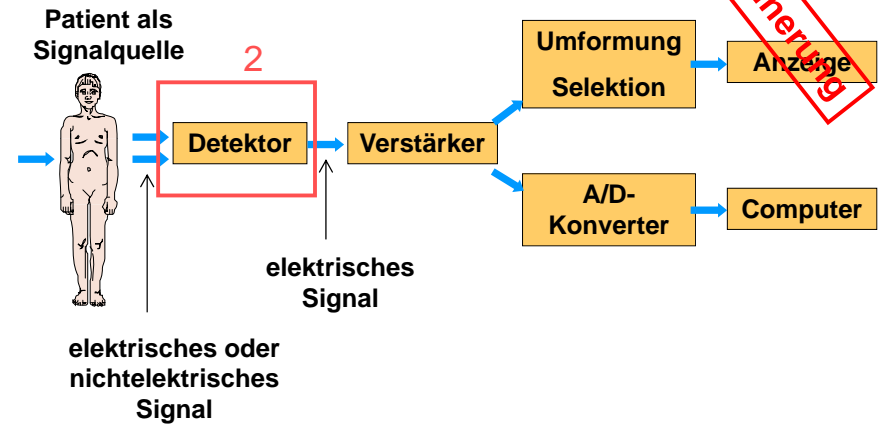


Kleine medizinische Signalverarbeitung II.



1



2

Detektor

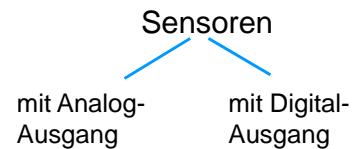
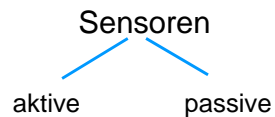
(Sensor, Umformer, Wandler, Transducer, ...)



Umwandlung der nichtelektrischen in elektrischen Signale.



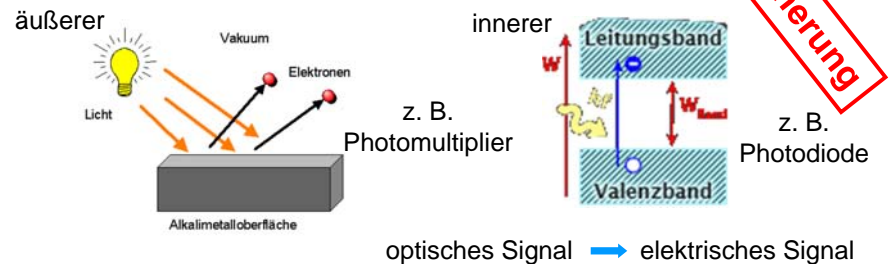
Bei elektrischen Signalen: Detektor → Elektroden



3

Einige Detektor-Effekte

• Lichtelektrischer Effekt (Photoeffekt)



optisches Signal → elektrisches Signal

• Radio-, Röntgenolumineszenz



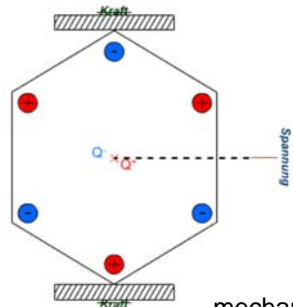
z. B. NaI(Tl)



Strahlungssignal → optisches Signal

4

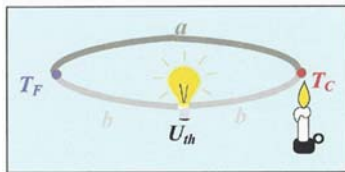
- Piezoelektrischer Effekt (griech. *piézein* - pressen, drücken)



Zur Erinnerung

mechanisches Signal → elektrisches Signal

- Seebeck-Effekt



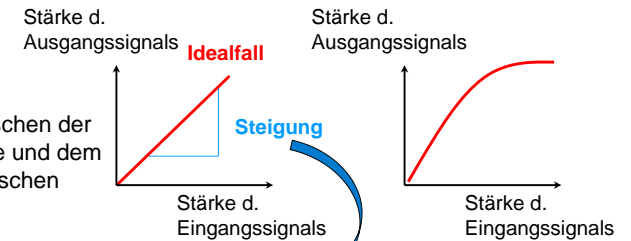
thermisches Signal → elektrisches Signal

5

Kenngrößen des Detektors

- Kennlinie

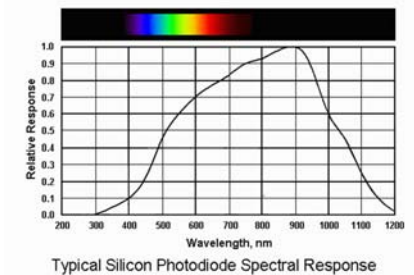
... beschreibt den Zusammenhang zwischen der zu messenden Größe und dem resultierenden elektrischen Ausgangssignal.



- Empfindlichkeit (Sensitivität)

... ist die Steigung der Kennlinie.

- Empfindlichkeitskurve



- Auflösung

zeitliche, räumliche, ...

6

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

7

Beispiel für verschiedene S/R-Werte:

Signal/Rausch = 1

dbiueriddueadeanuskicnedjnuidcdhotqviearla
snttrwgomrdtulaigcoahffümhrhdcaasuwoadsc
dbirecmceqnjsucqhdeonaaautsfichjnuednnm
napcmhfeknj

Signal/Rausch = 5

dbiueideensinednichtviterantwortlicohaffürc
caswadsiemcenscqhenausihnnenmachen

Signal/Rausch = 11

diecidetensindnichtfvmerantwortlichfürdasw
asdiemenschenausihnenmaochenm

8

Signal/Rausch = 5

dbiueideensinednichtviterantwortlicohaffür
dcaswadsiemcenscqhenausiennenmachfen

dbiueideensinednichtviterantwortlicohaffür
dcaswadsiemcenscqhenausiennenmachfen

Filtern

dbiueideensinednichtviterantwortlicohaffür
dcaswadsiemcenscqhenausiennenmachfen

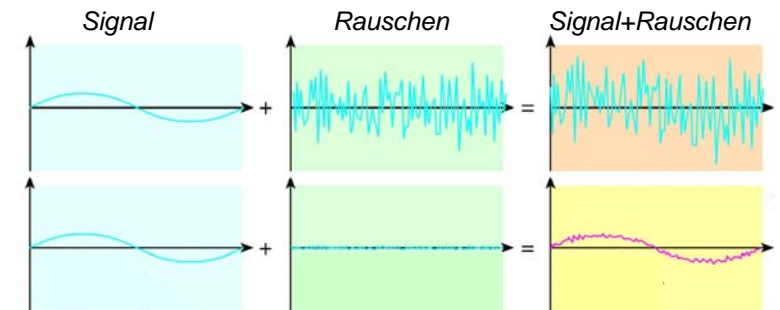
d i eideensin dnichtv erantwortlic h f ür
d a s w a s diem ens c henausiennen mach en

(Werner Heisenberg)

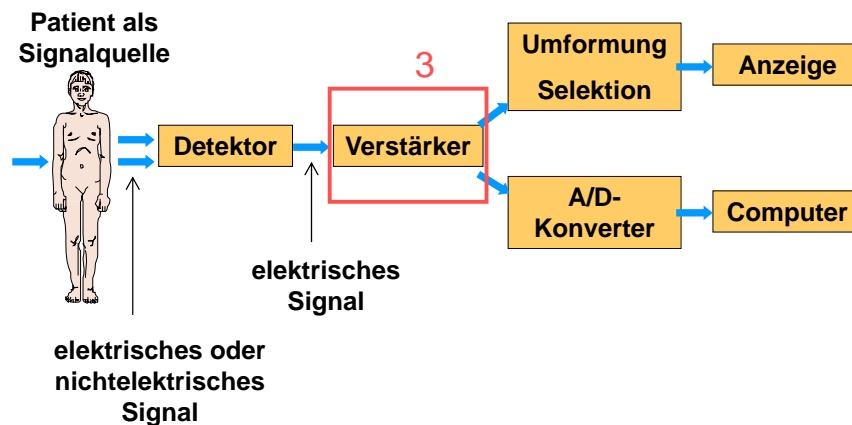
9

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

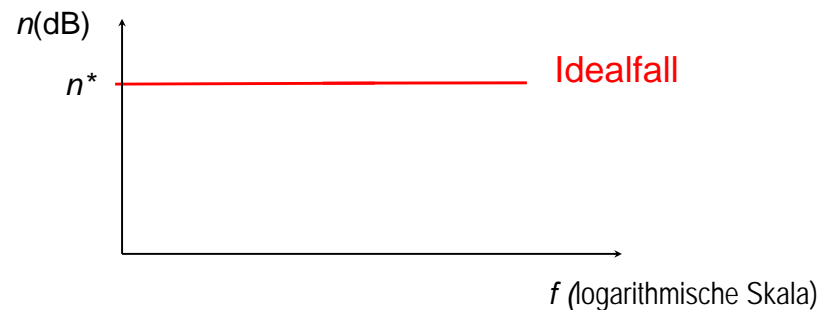
Verstärkung mit Dezibel-Zahl:

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

12

Frequenzübertragungsfunktion

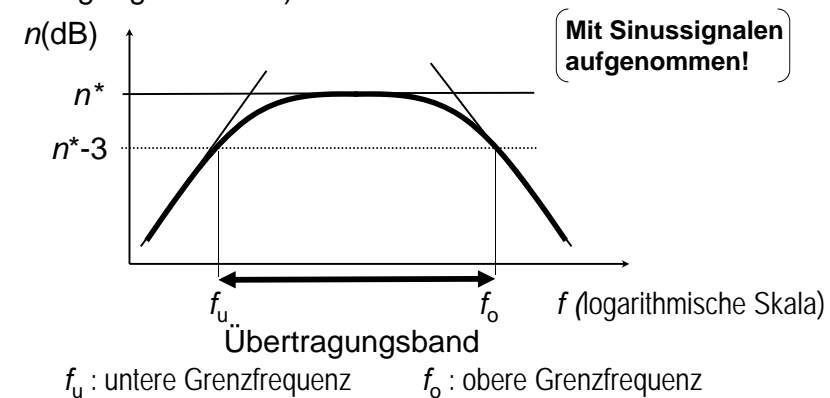
(Frequenzgang, Frequenz-Antwort-Funktion, Übertragungskennlinie)



13

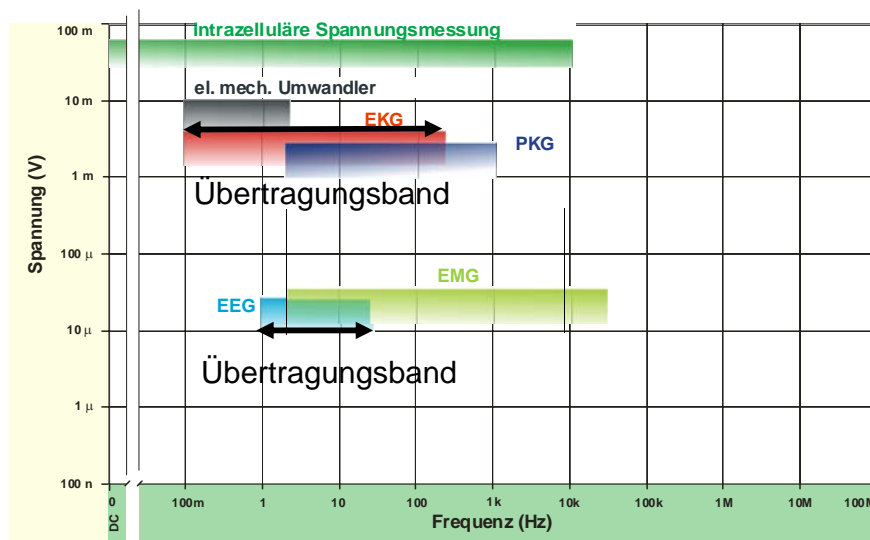
Frequenzübertragungsfunktion

(Frequenzgang, Frequenz-Antwort-Funktion, Übertragungskennlinie)



→ n^*, f_u, f_o

14



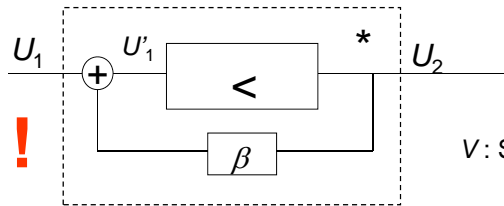
15



"... and whose idea was it to ask for employee feedback?"

16

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):

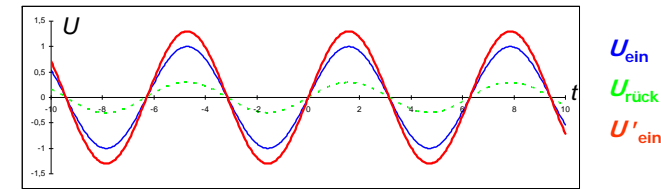
$$\beta < 0, V_R < V$$

17

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

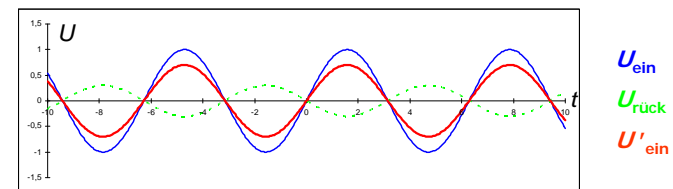
$\beta > 0, V_R > V$ → Sinusoszillator ($\beta V = 1$, Verstärkung: „unendlich“)

→ Ultraschall(generator), Wärmetherapie(gen.)

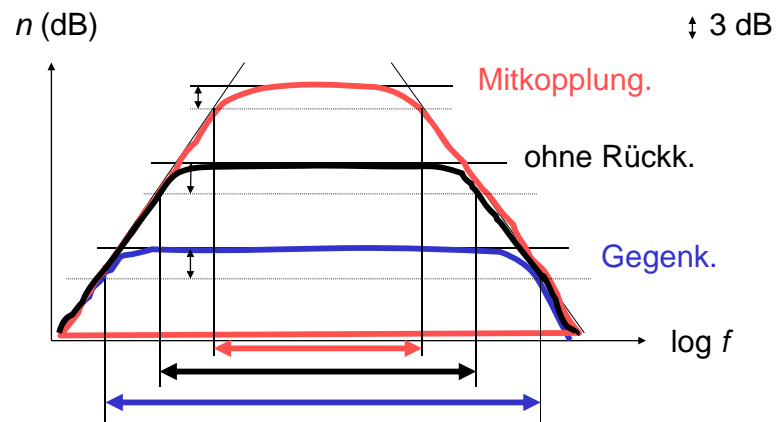


Gegenkopplung (negative R.k. – entgegengesetzte Phase):

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



18



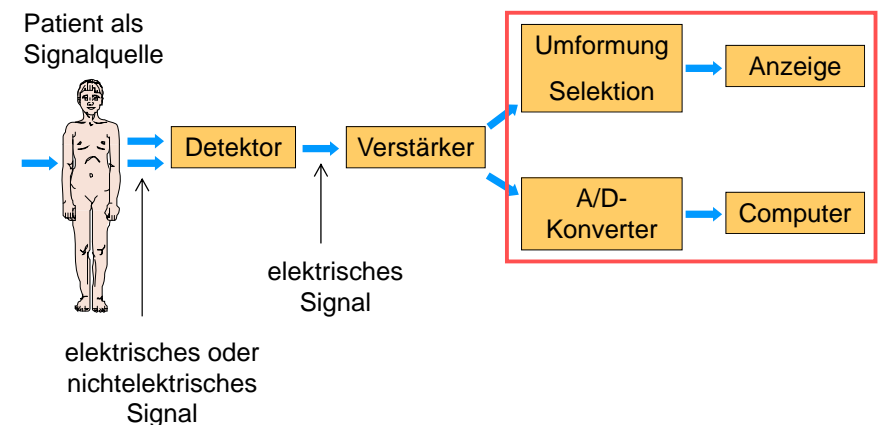
Mitkopplung: Übertragungsband – schmaler (Nachteil)

Gegenkopplung: Übertragungsband – breiter (Vorteil)

19

Medizinische Signalanalysekette

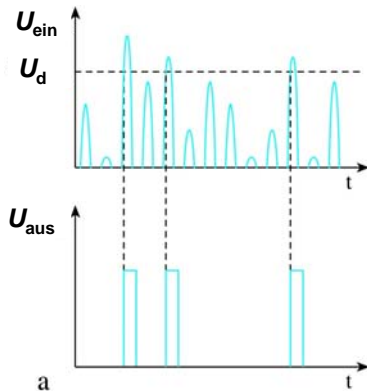
4



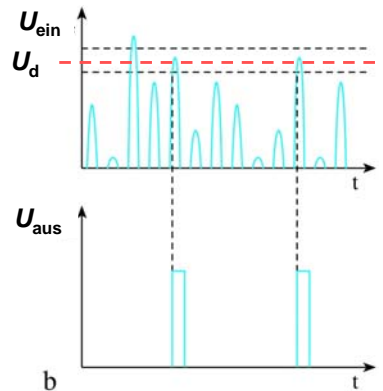
20

Selektierung von Impulssignalen

Integralkriterium (ID)

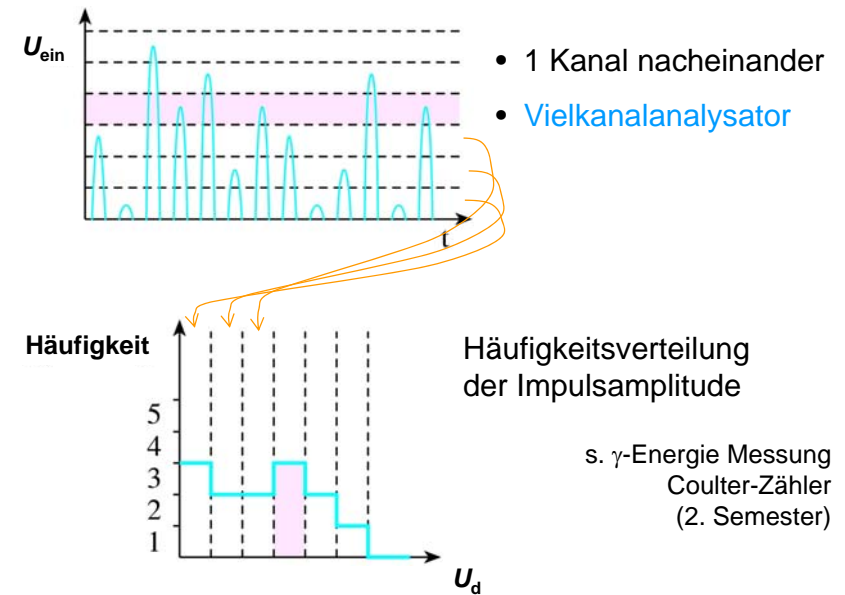


Differenzialkriterium (DD)



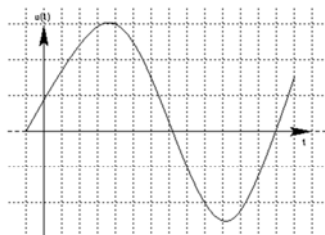
s. monostabiler Multivibrator (2. Semester)

21

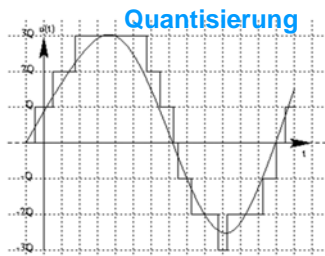


22

A/D-Konversion

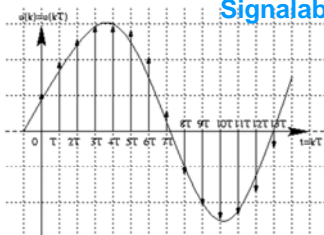


analoges Signal: zeit- und wertkontinuierliches S.



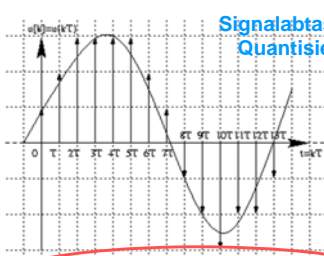
wertdiskretes, zeitkontinuierliches S.

Signalabtastung



zeitdiskretes, wertkontinuierliches S.

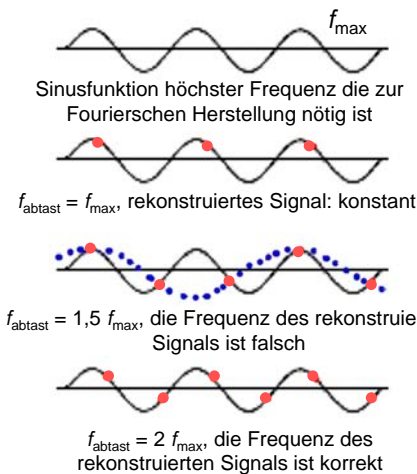
Signalabtastung + Quantisierung



digitales Signal: zeit- und wertdiskretes S.

23

zeitdiskretes Signal: man kennt den Signalwert nicht in allen Zeitpunkten

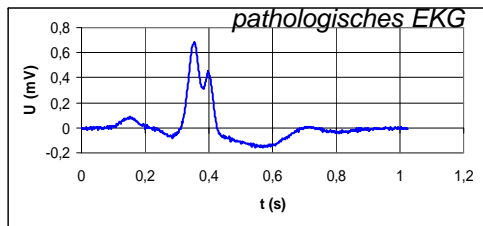


Nyquist-Shannon Abtasttheorem:

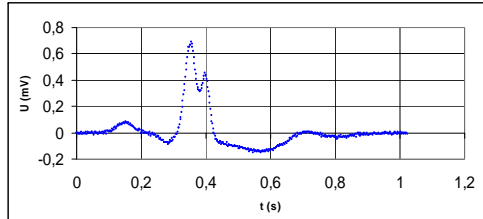
Ein Signal einer Maximalfrequenz f_{max} muss mit einer Frequenz größer als $2f_{\text{max}}$ abgetastet werden, damit man aus dem so erhaltenen zeitdiskreten Signal das Ursprungssignal ohne Informationsverlust rekonstruieren kann.

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

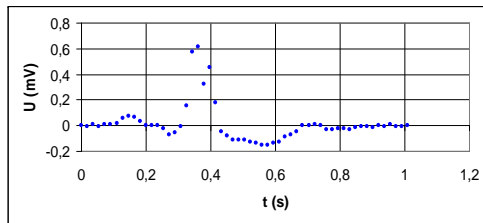
24



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



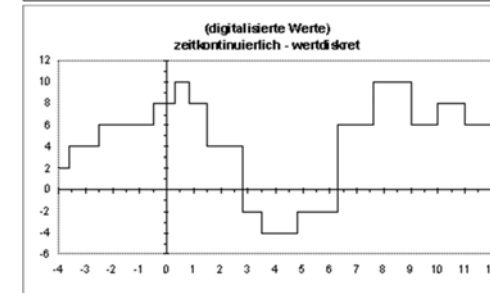
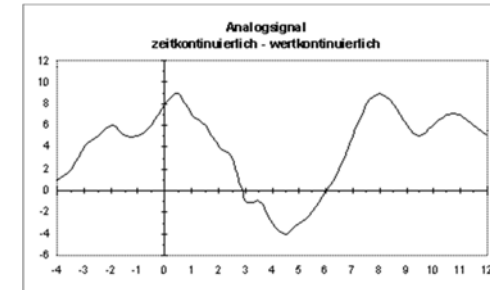
zeitdiskretes Signal
 $f_{\text{abtast}} = 500 \text{ Hz} > 2 f_{\max}$



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

25

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

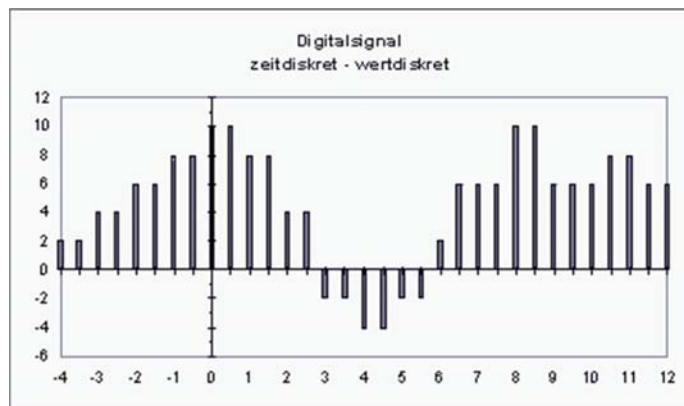
3 bit \rightarrow 8 Werte 2^3

...

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

26

Digitalsignal: zeit- und wertdiskretes Signal

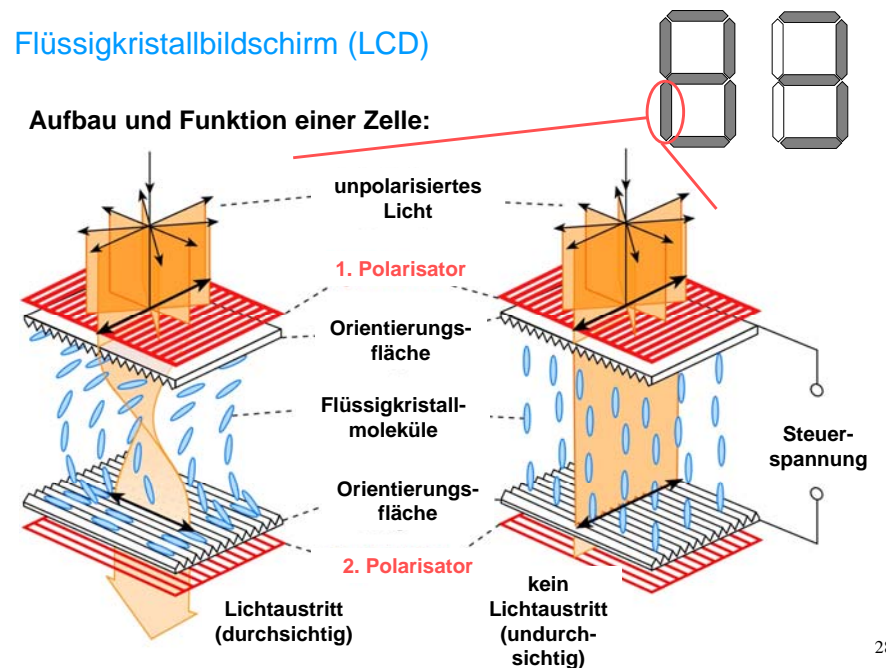


- wesentlich geringere Störanfälligkeit
- eine fast vollständige regenerierbarkeit entlang der Übertragungsstrecke

27

Flüssigkristallbildschirm (LCD)

Aufbau und Funktion einer Zelle:



28