

Signalverarbeitung in der Medizin I.

Gusztav Schay

Signalverarbeitung in der Medizin

Definition und Informationsgehalt von Signalen

Medizinische Signalkette

einige Beispiele

Kodierung/Dekodierung

Klassifizierung der Signale

Aufarbeitung von Signalen:

Fourier-Theorie

Verstärker

Elektrizitätslehre (siehe Skript!)

elektronische Schaltungen

Digitale Signalverarbeitung (DSP)

Detektoren

Signale in der Medizin

Signale tragen **Information!**

Signal: jede physikalische Größe bzw. ihre Änderung, die Informationen übermittelt.

(Druckwerte, Temperaturwerte, Lautheitswerte, usw.)

Hier auf dem Bild:

Information : Kopf oder Zahl?

Signal:

- ohne Kodierung: einfach schauen
- nach **Kodierung**: 1/0, elektrisch, digital, sms...



Kodierung ist eine
Form der Umwandlung



„Ich wünsche so ruhig zu sein wie J.B.
wenn es zu ernsten Entscheidungen kommt”


Kleine Wiederholung

„informare“ (lat.) = „der Gedanken einen Form geben“

Information als Begriff der Informatik:

Information ist diejenige Bedeutung, welche durch eine Nachricht getragen ist.

Reihenfolge/Struktur der Zeichen, worin die Zeichen mit bestimmten **Wahrscheinlichkeiten** auftreten


$$H = \sum_i p_i \cdot \log_2 \left(\frac{1}{p_i} \right)$$

Informationsgehalt in Bit-Einheiten
(durchschnittlich : Inf.Entropie)

Kodierung:

Speicherung und **Übertragung** der Informationen durch Anwendung eines bestimmten Zeichensystems
(Symbole)

Informationsübertragung – Informationskodierung



generell

Informationsquelle

Kodierung



Übertragungskanal

Dekodierung



Informationsempfänger
(Ziel)

Ein Beispiel

Welche Seite ist nach oben?

Kodierung



Seiten (Kopf oder Zahl)
ins Zahlen: 1,0



Sprache, Schallwellen, SMS, usw

Dekodierung

1,0 → Kopf, Zahl



Entscheidung

Informationsübertragung – Informationskodierung



generell

Informationsquelle

Kodierung

Übertragungskanal

Dekodierung

Informationsempfänger
(Ziel)

Ein Beispiel

Welche Seite ist nach oben?

Kodierung



Seiten (Kopf oder Zahl)
ins Zahlen: 1,0

Sprache, Schallwellen, SMS, usw

Dekodierung

1,0 → Kopf, cZahl



Entscheidung

$$H = p_{Kopf} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{p_{Kopf}} \right) + p_{Zahl} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{p_{Zahl}} \right) = \frac{1}{2} \cdot \log_2 2 + \frac{1}{2} \cdot \log_2 2 = 1 [\text{Bit}]$$

Informationsübertragung – Informationskodierung

Informationsgehalt – Beispiele

Münze werfen, Kopf / Zahl : 1 bit

Welcher Zahn ist beschädigt?

$$p_i = p = 1/32, H = 32 * p * \log_2(1/p) = 5 \text{ bit}$$

1 Nukleotide im DNS (vereinfacht, nur ATCG)

$$H_{1 \text{ Nukl}} = 4 * 1/4 * \log_2(4) = 2 \text{ bit}$$

m Nukleotide im Reihe

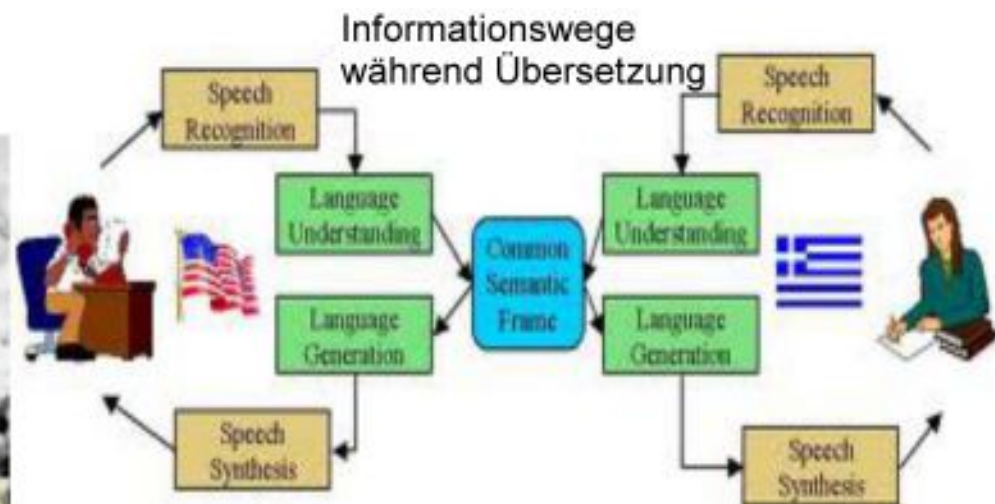
$$H = \sum_k (n_k * H_k) = m * H_{1 \text{ Nukl}} = 2 * m \text{ bit}$$

(siehe Informatik-Vorlesung! allgemein, für k unterschiedliche Ereignisse.
Hier haben wir nur ein Ereigniss-Typ, die Summe ist ein-teilig)

Hausaufgabe: Wie viele Bits brauchen wir, um den Informationsgehalt eines Polypeptides von 120 Elemente zu übertragen?

Signale in der Medizin

ein **Signal** ist etwas, was **Information trägt**

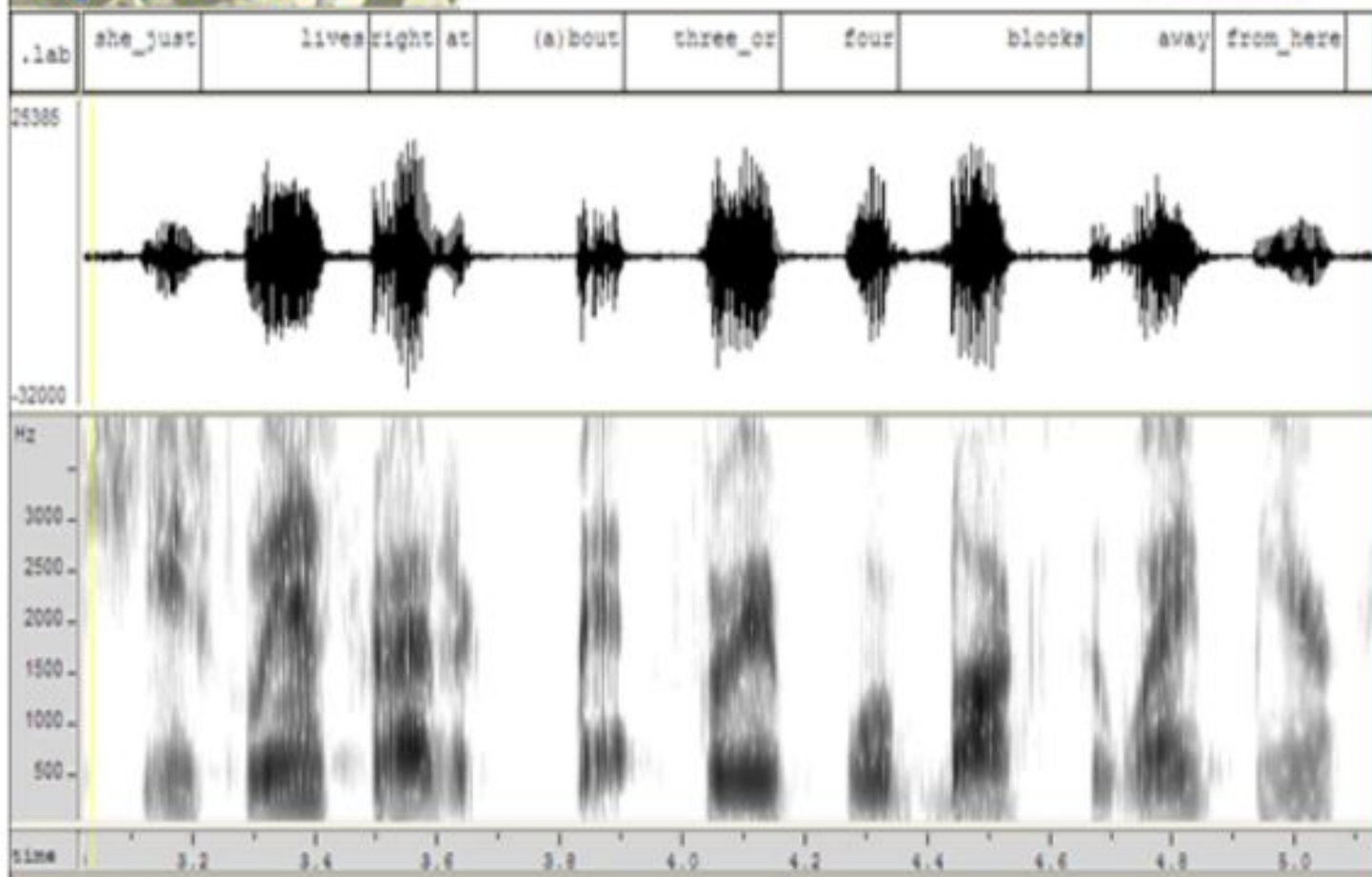


Hier in der Sprache:

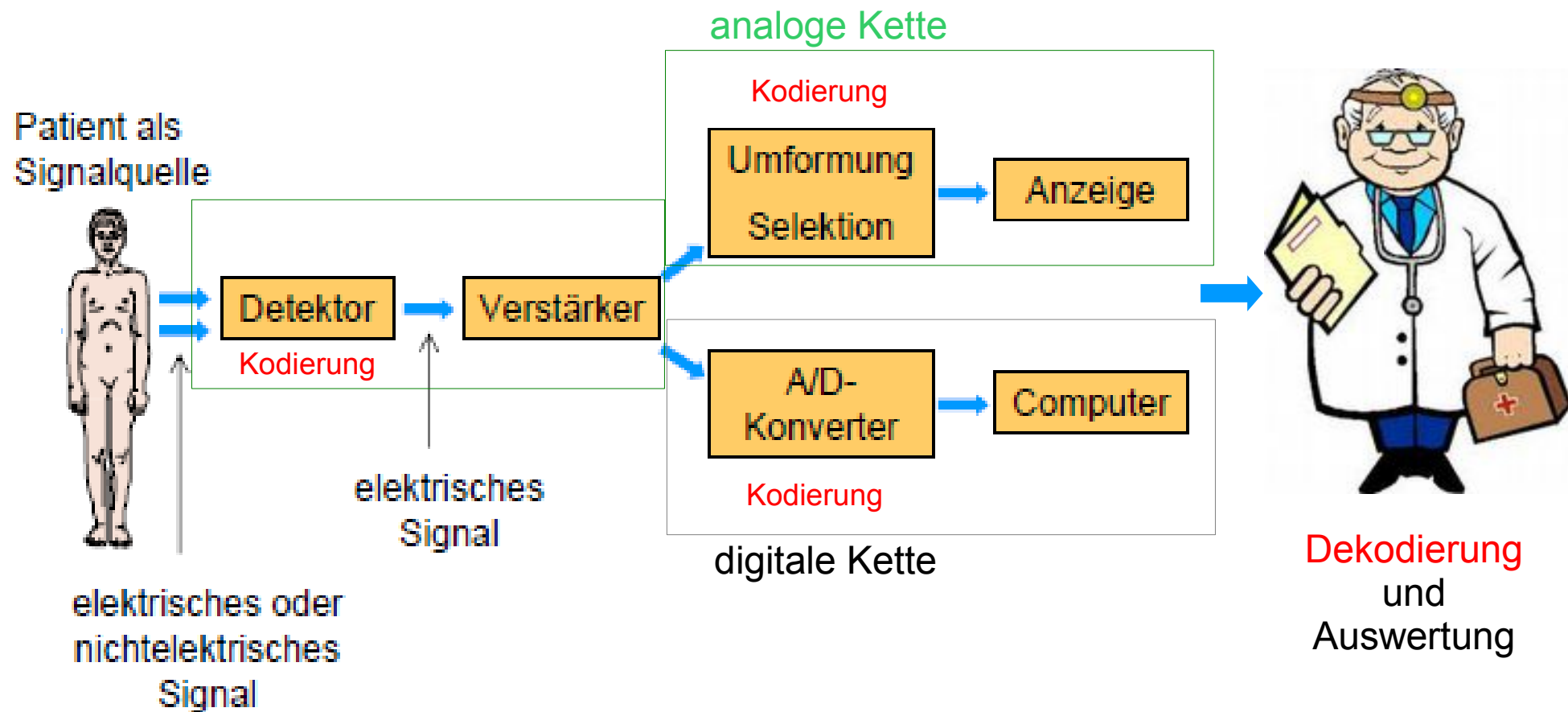
Information : „was sagen Sie?“

Signal:

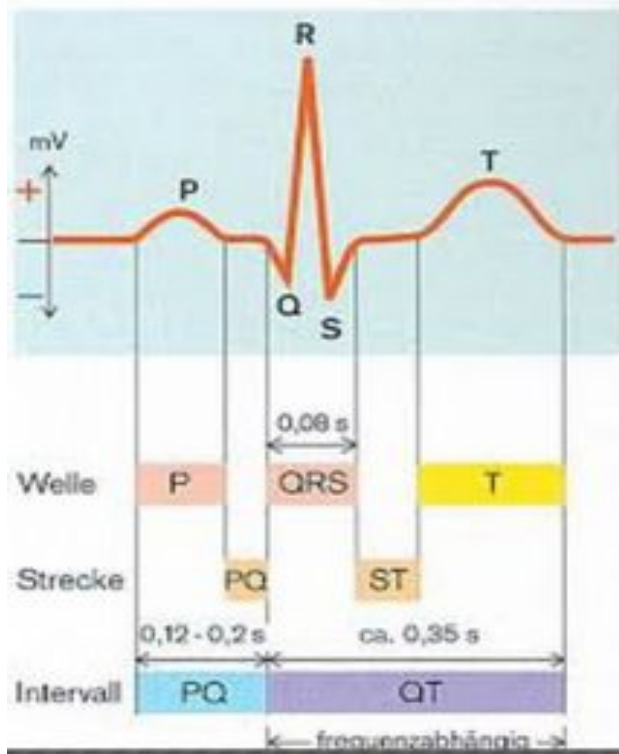
- Audio: Schallwellen
- **Kodierung**: elektrisch: signal des Mikrofons
- **Kodierung**: Grammatik (2. Schritt in der Kodierung)
- Übertragung: Internet, Komputer, Abstrakte Sprachen,...
- **Dekodierung**: Grammatik (neue Sprache)
- **Dekodierung**: Lautsprecher



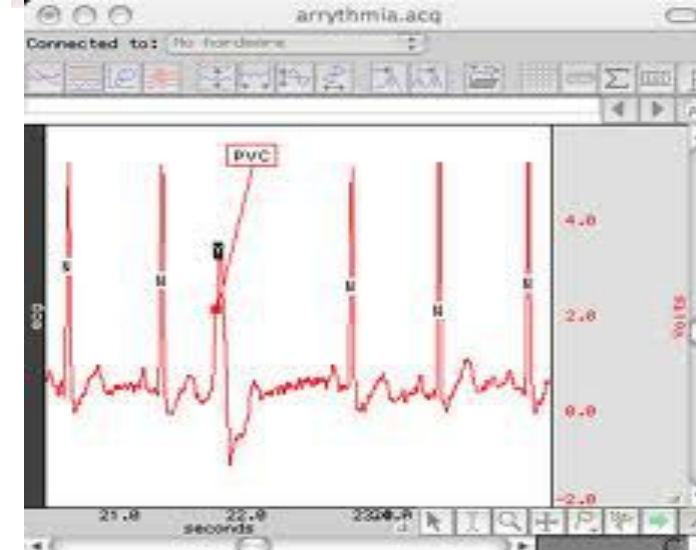
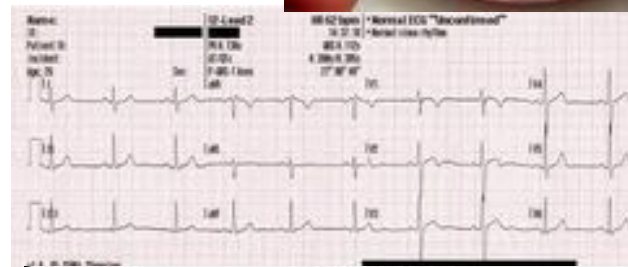
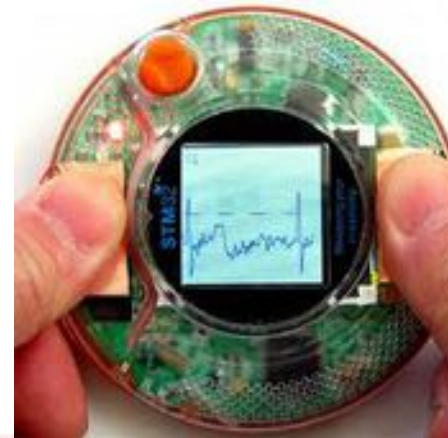
Medizinische Signalkette



Signale in der Medizin: Beispiel 1



Information: Herztätigkeit



Signal:
Original: Spannung
Kodierung: Keine,
aber Filterung ist nötig

50 Hz Unterdrückung

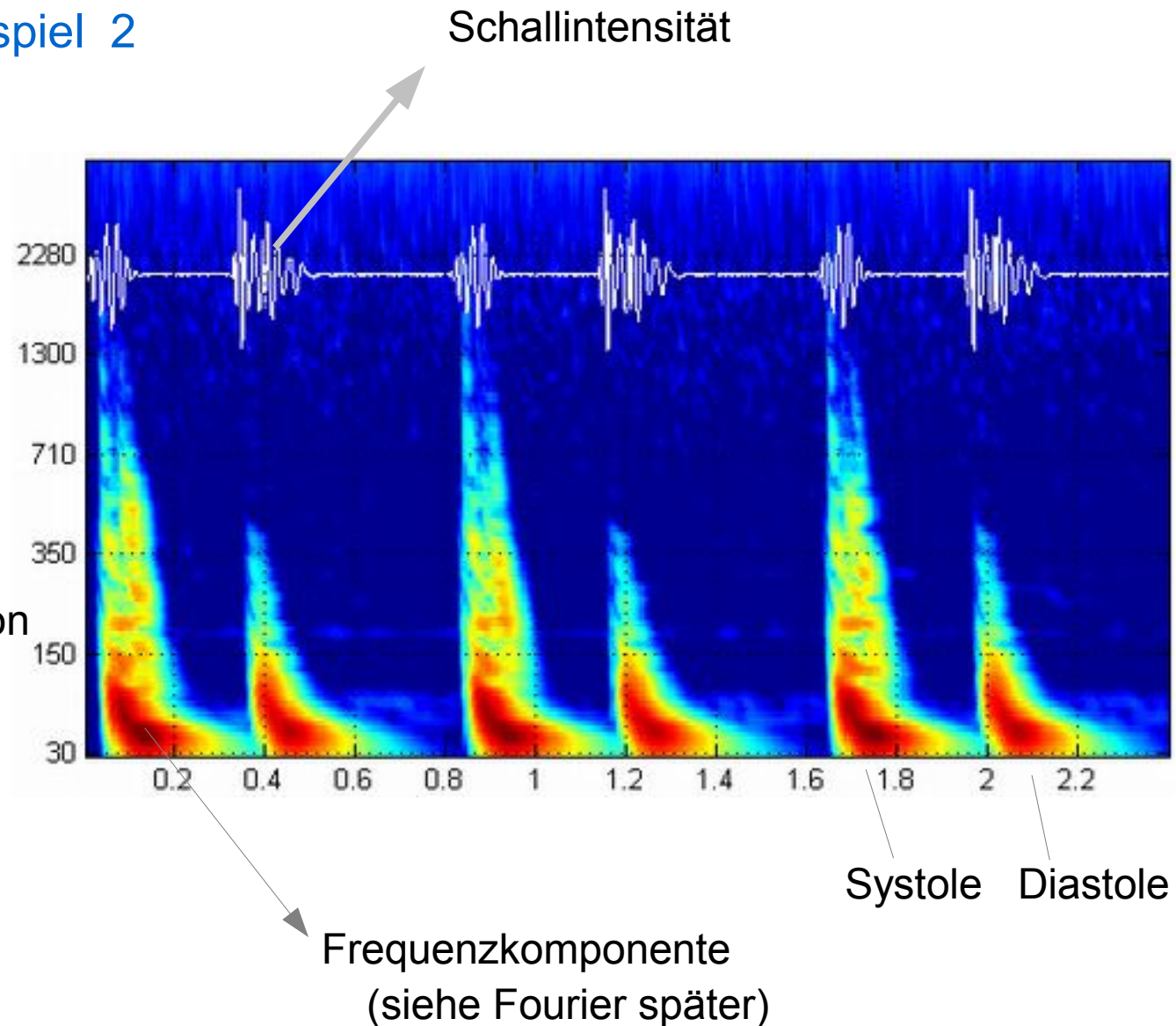
Signale in der Medizin: Beispiel 2

Herztöne

Signal:
Original: Schallwellen

Kodierung: Mikrofon

Kodierung: Fourier-Transformation



Information: Herzzyklus, mögliche anatomische und Strömungsprobleme

Signale in der Medizin: Beispiel 3

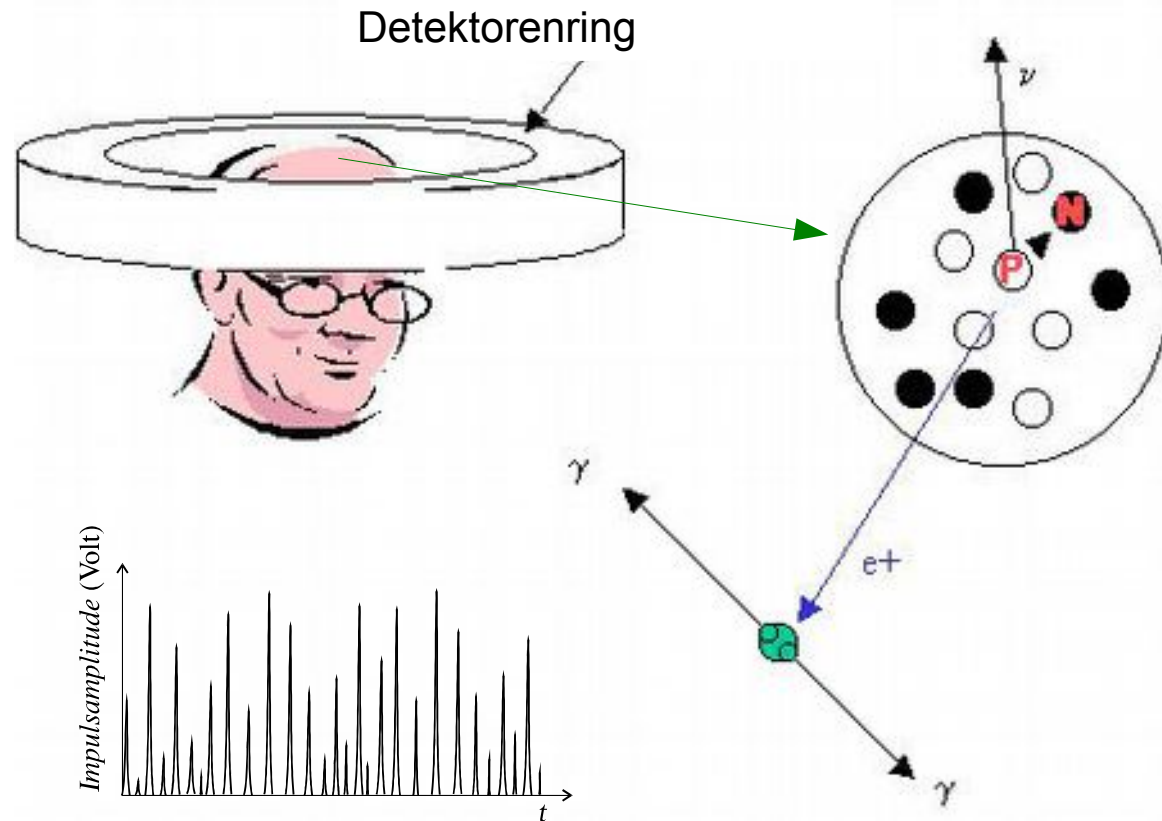
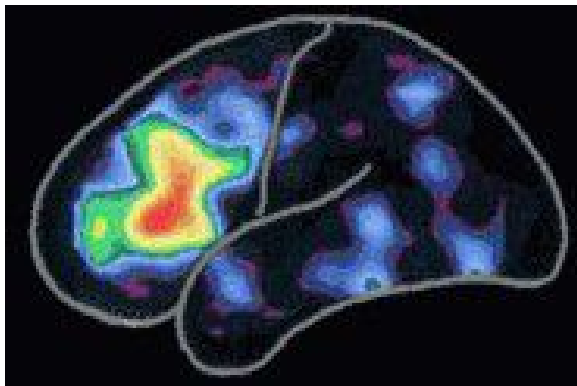
PET: PositronEmissionsTomografie

Signal:

Original: γ -Photonen

Kodierung: elektrische Impulse

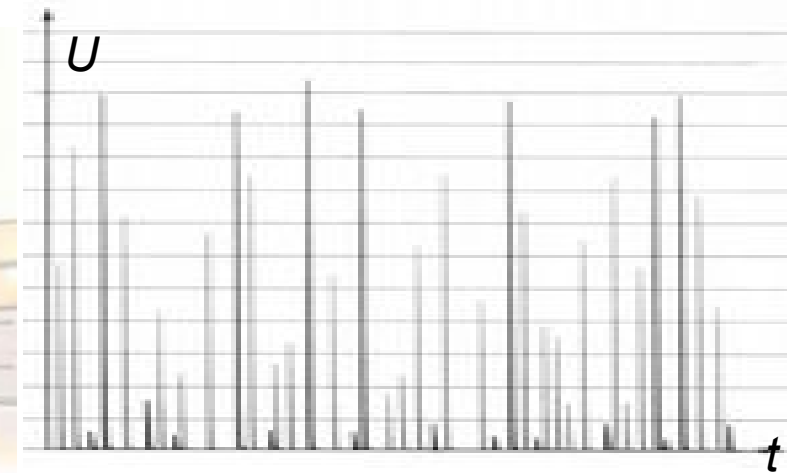
Kodierung: Bildrekonstruktion



Information: zeitliche und räumliche Verteilung der Moleküle

Signale in der Medizin: Beispiel 4

SPECT-CT:
Einzelphotonenemissions-
spektrometrie
Komputertomografie



Signal:

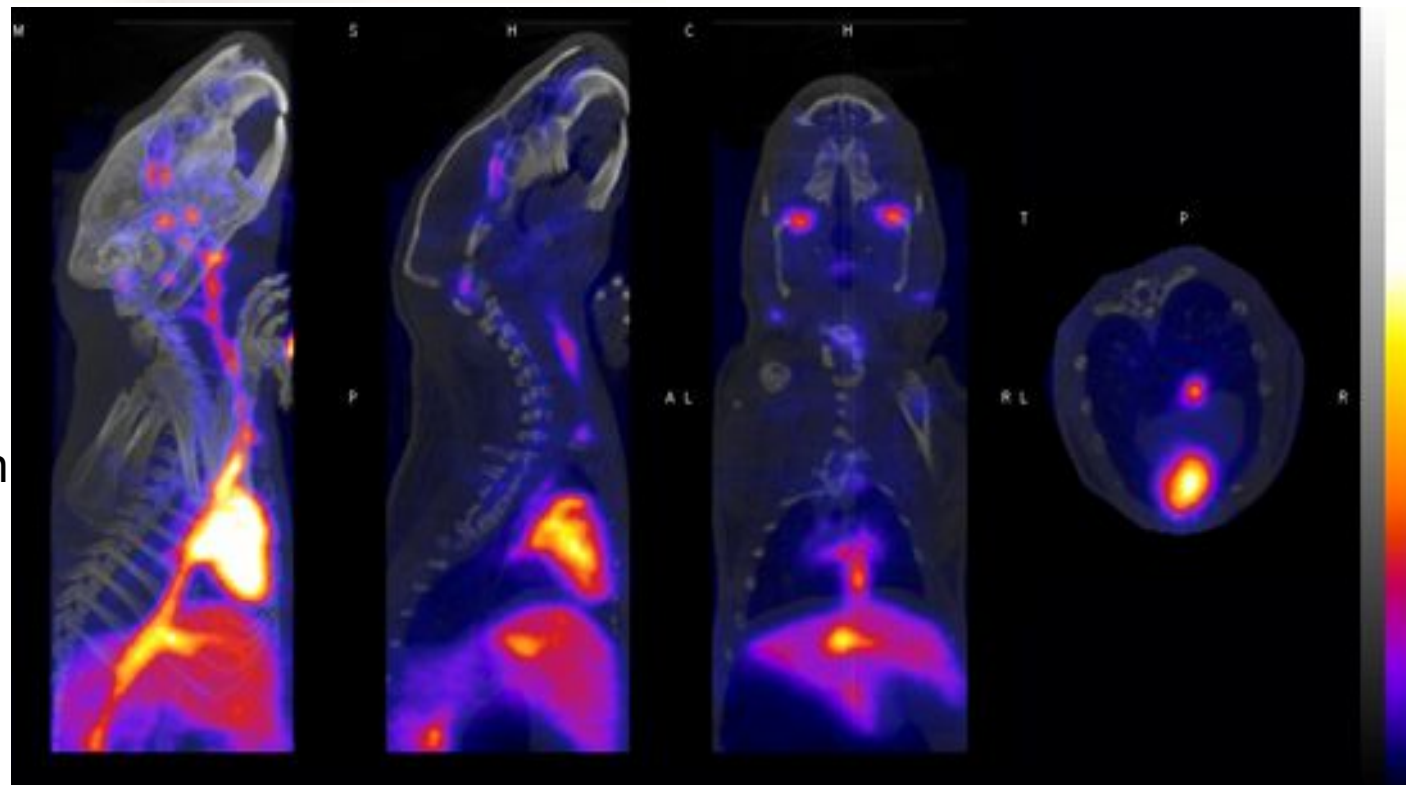
Original: γ -Photonen
Rtg.-Photonen

Kodierung: elektrische
Impulse

Kodierung: Bildrekonstruktion

Information:

Anatomie (Rtg)
Funktion (Isotopdiagnostik)



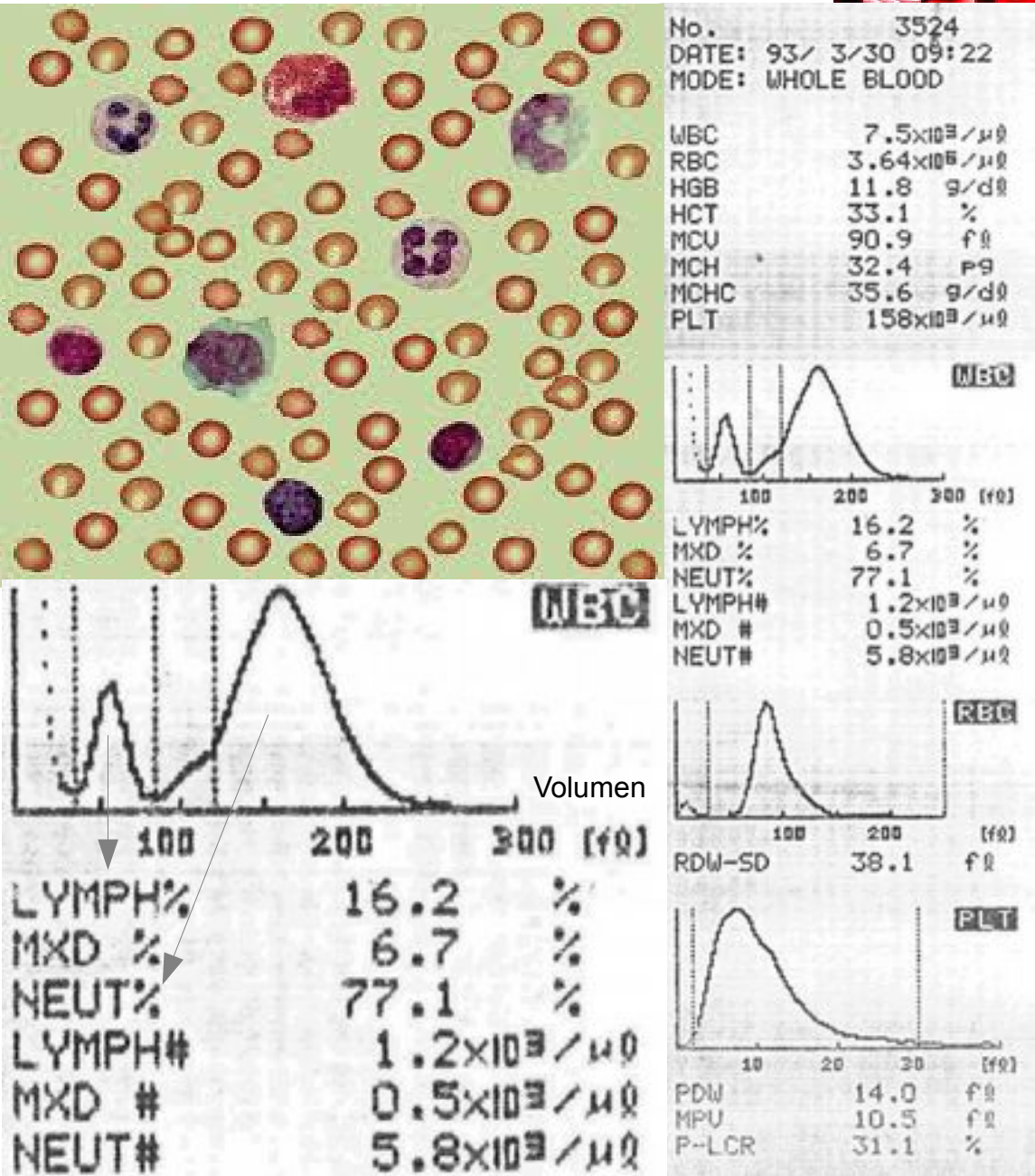
Signale in der Medizin: Beispiel 5



Coulter-Zähler

Signal: Zellenvolumen

Kodierung: elektrische Impluse
Kodierung: Histogramm



Information: Blut-Zusammensetzung



Signalverarbeitung, Aufarbeitung von Signalen

Signaltype

elektrische Signale – analoge Signalkette

Elektrizitätslehre (Wiederholung + Ergänzung)

Verstärker, Frequenzübertragungsfunktion, Fourier

Digitale Signalverarbeitung (DSP)

Klassifizierung der Signale

- | | |
|------------------------|------------------------|
| nichtelektrisches S. | – elektrisches S. |
| statisches S. | – zeitabhängiges S. |
| (quasi)periodisches S. | – nichtperiodisches S. |
| stochastisches S. | – deterministisches S. |
| kontinuierliches S. | – impulsförmiges S. |
| analoges S. | – digitales S. |

Signaltype

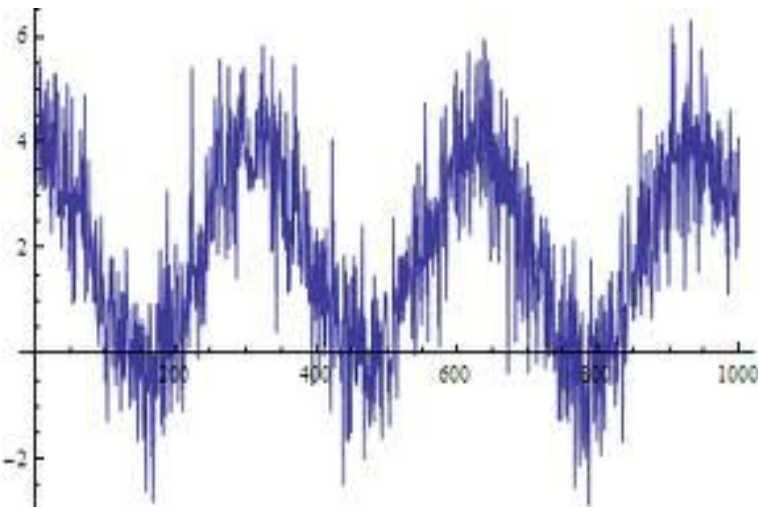
elektrisch

EKG

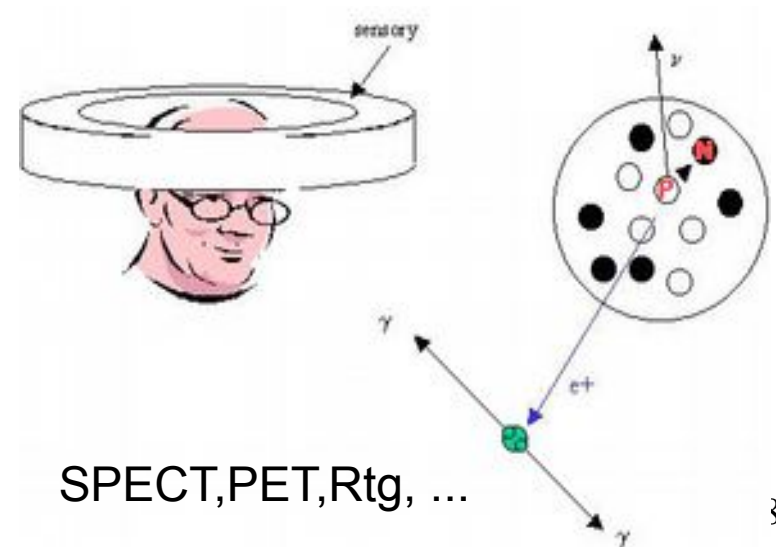


nichtelektrisch

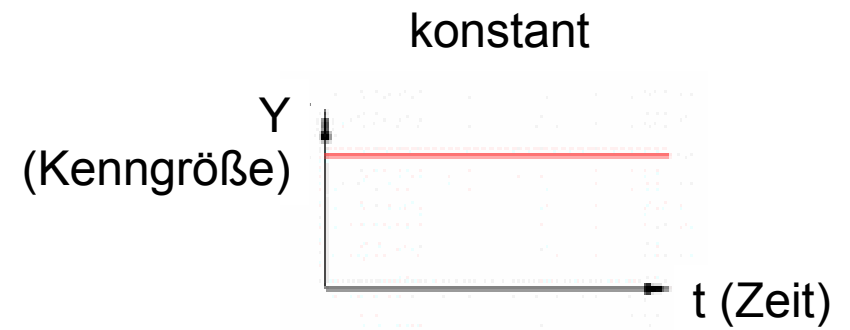
Schall



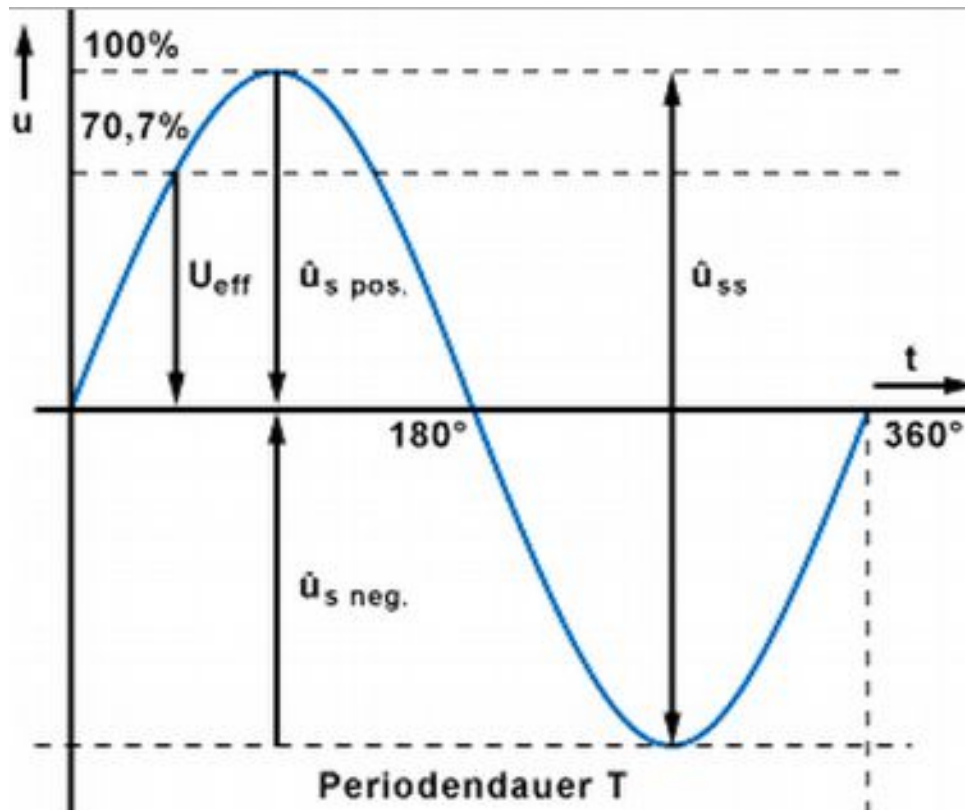
Wechselstrom



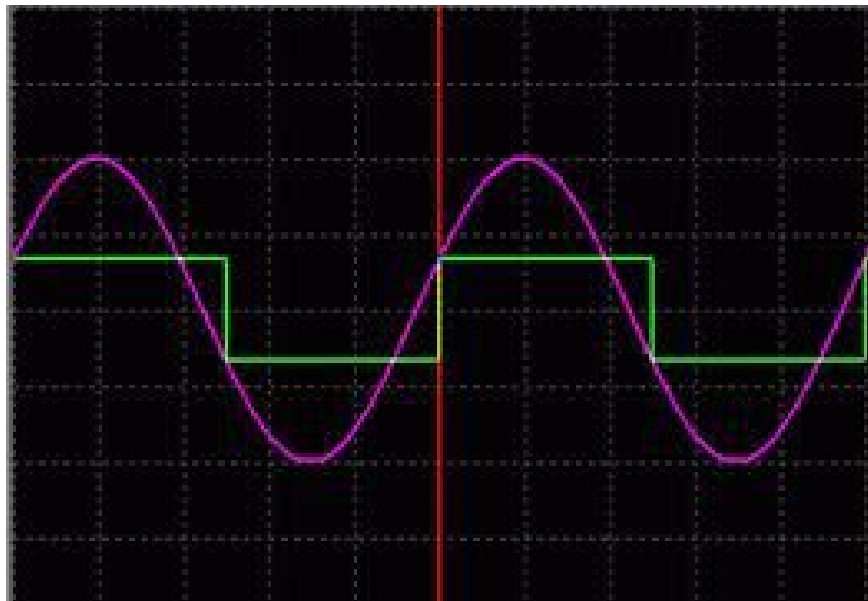
SPECT, PET, Rtg, ...



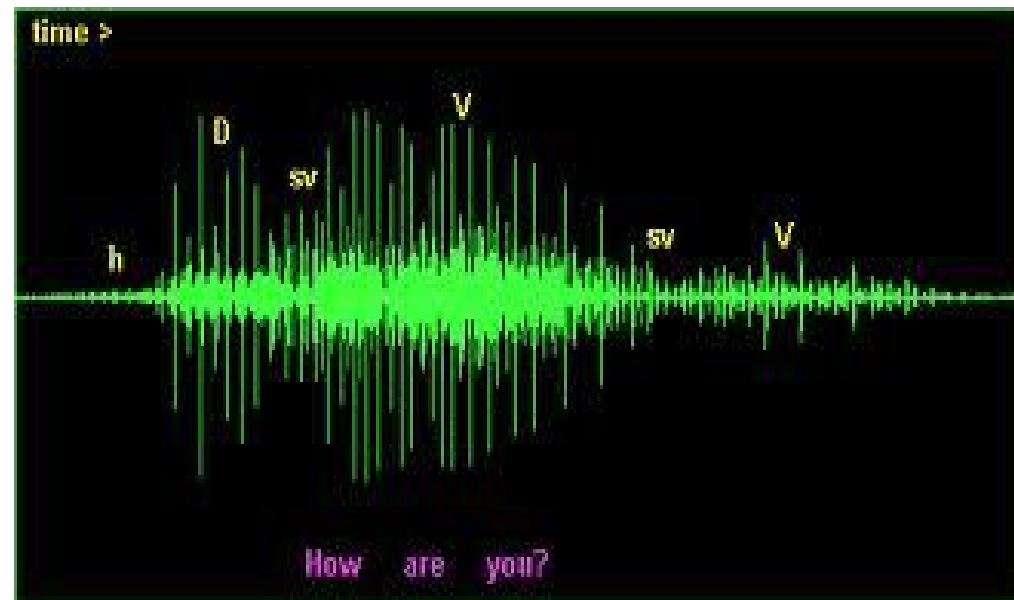
zeitabhängig (z.B. sinus-Signal)



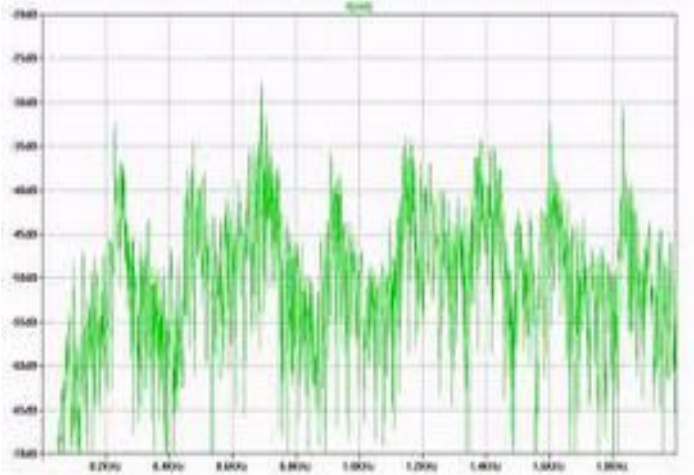
periodisch



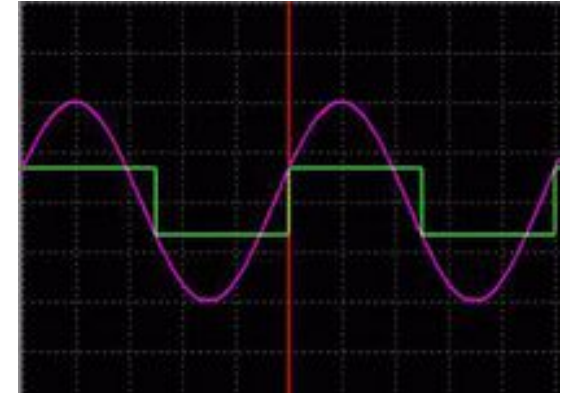
nichtperiodisch



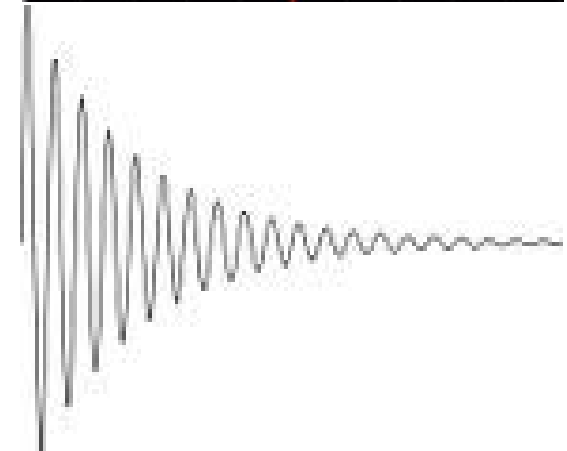
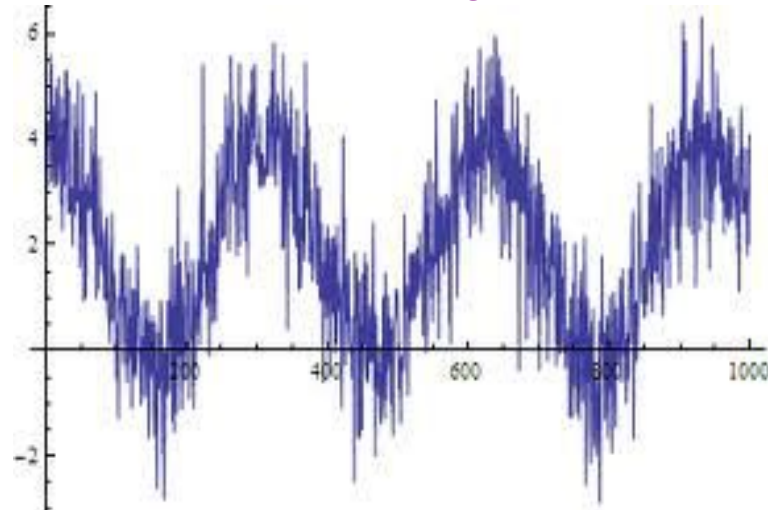
stochastisch



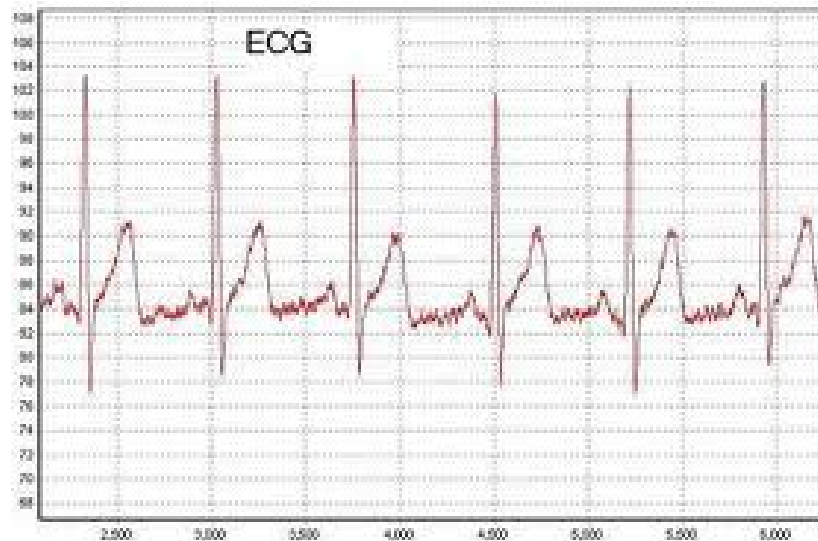
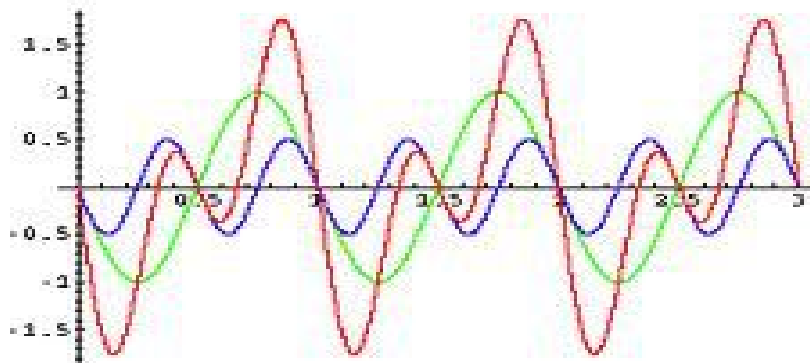
deterministisch



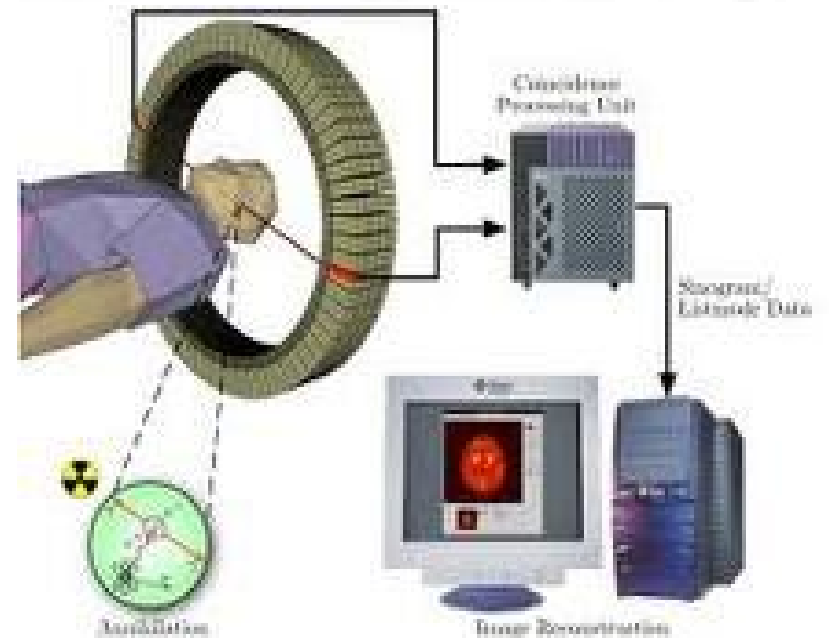
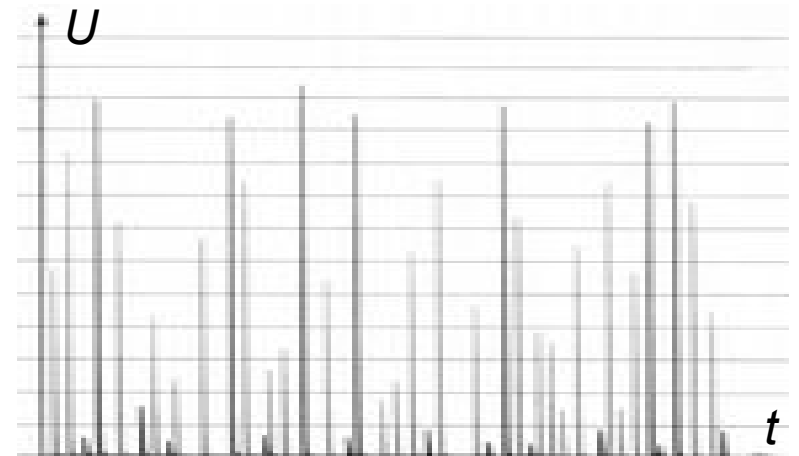
Fast immer gemischt!



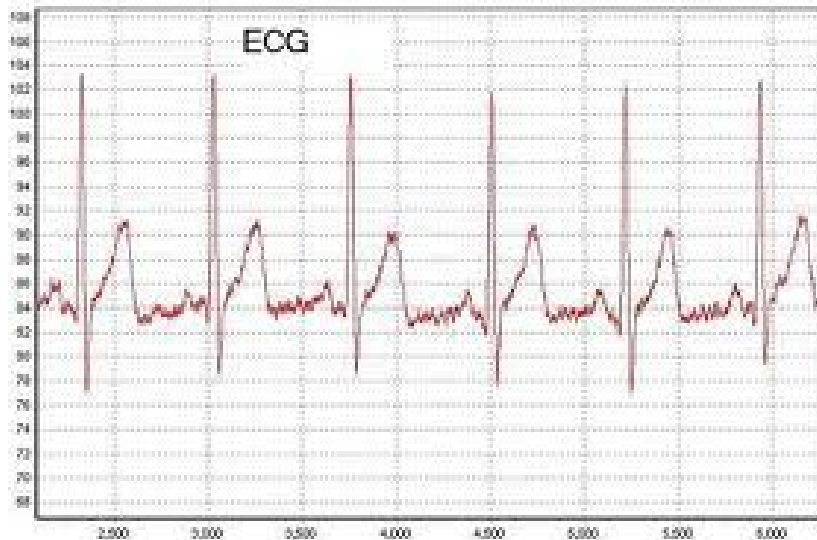
kontinuierlich



impulsförmig



Analog

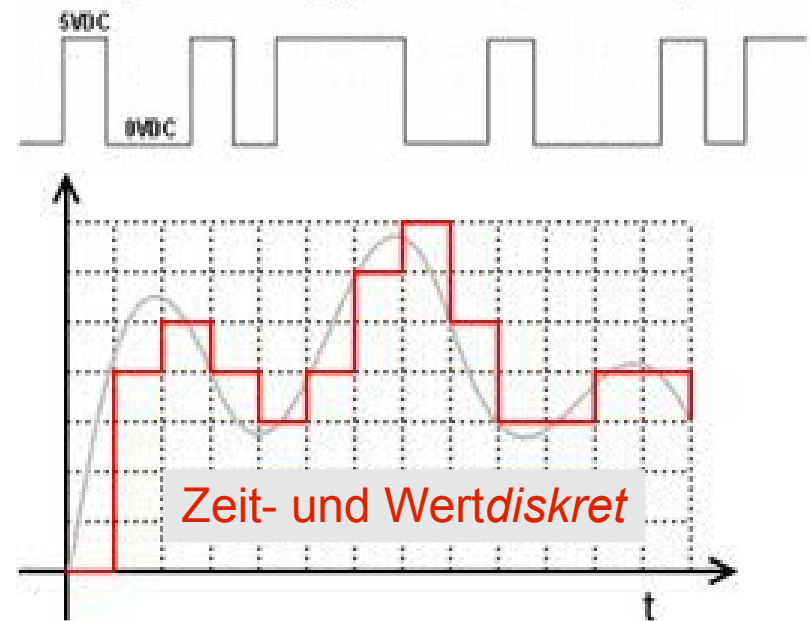


unbeschränkte Auflösung
(nur theoretisch)

Digital

1 0 0 1 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1

Unipolar Coding ("1" = +V , "0" = 0V)

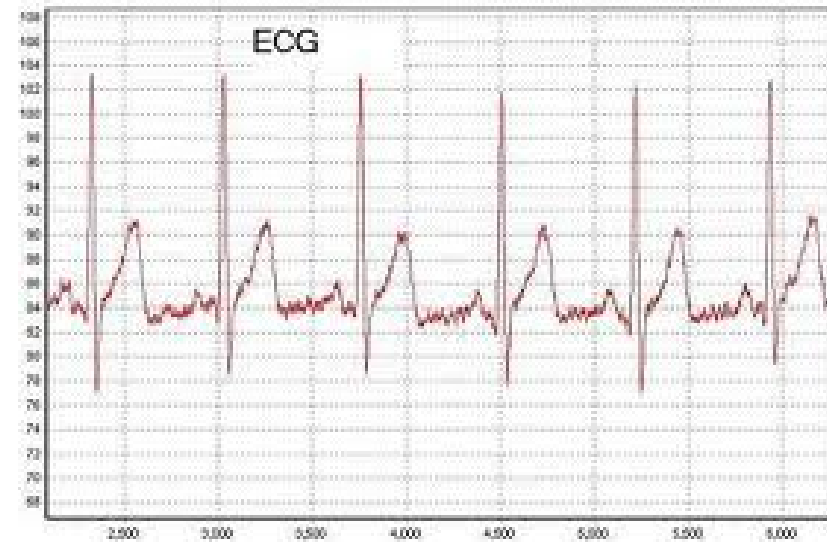


Digital: repräsentiert mit Zahlen
beschränkte Auflösung

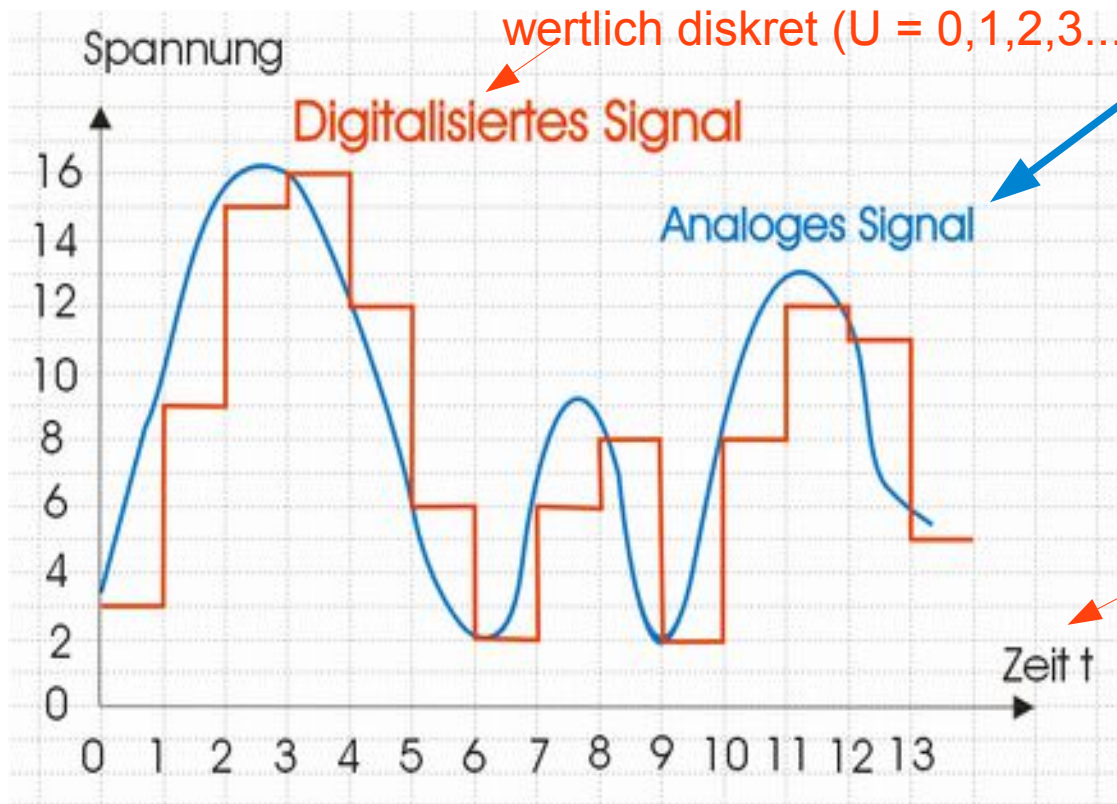
digitale Signale sind eine Form der **Kodierung**
Kodierung : digital zu elektrisch (DAC)₂₃
elektrisch zu digital (ADC)

Vergleichung des Informationsgehaltes

analoge Signale – unendlicher Informationsgehalt?



unbeschränkte Auflösung
in der Zeit und Größe
(theoretisch)

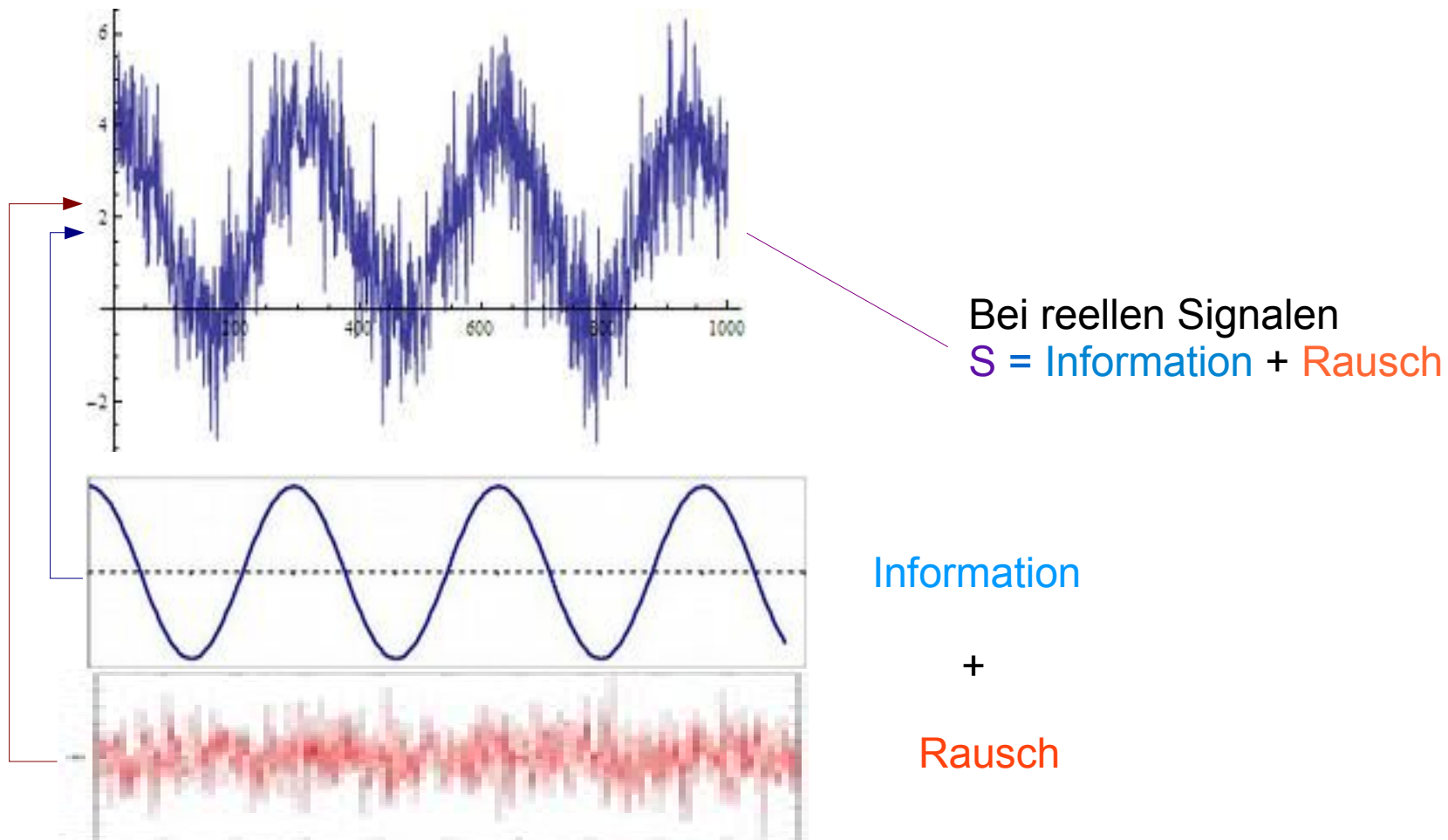


digitales Signal:
beschränkter Informationsgehalt
wegen zeitliche und wertliche
Diskretisierung

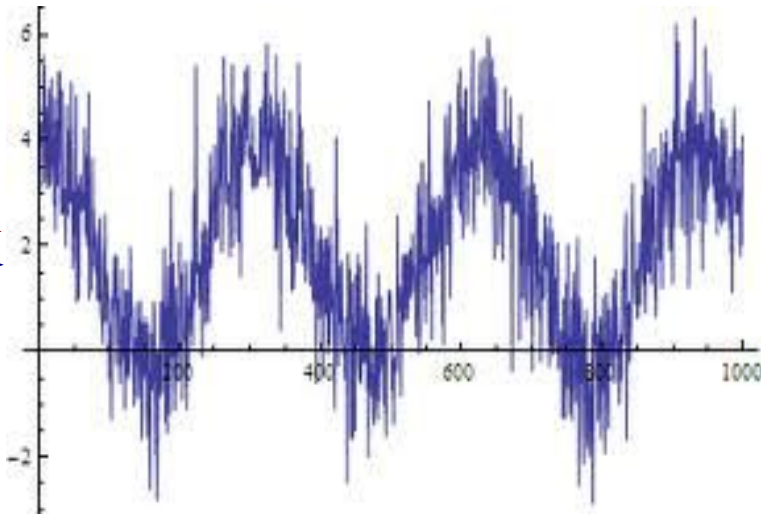
analoge Signale – unendlicher Informationsgehalt wegen unbeschränkte Auflösung?

Brauchen wir es?

Haben wir es überhaupt? —————> **Nein!**



analoge Signale – unendlicher Informationsgehalt wegen unbeschränkte Auflösung?



Wir haben **Information** + **Rausch**

Ziel: den **Informationsgehalt erhalten und weitergeben**
ohne den **Rausch** dabei zu vergrößern

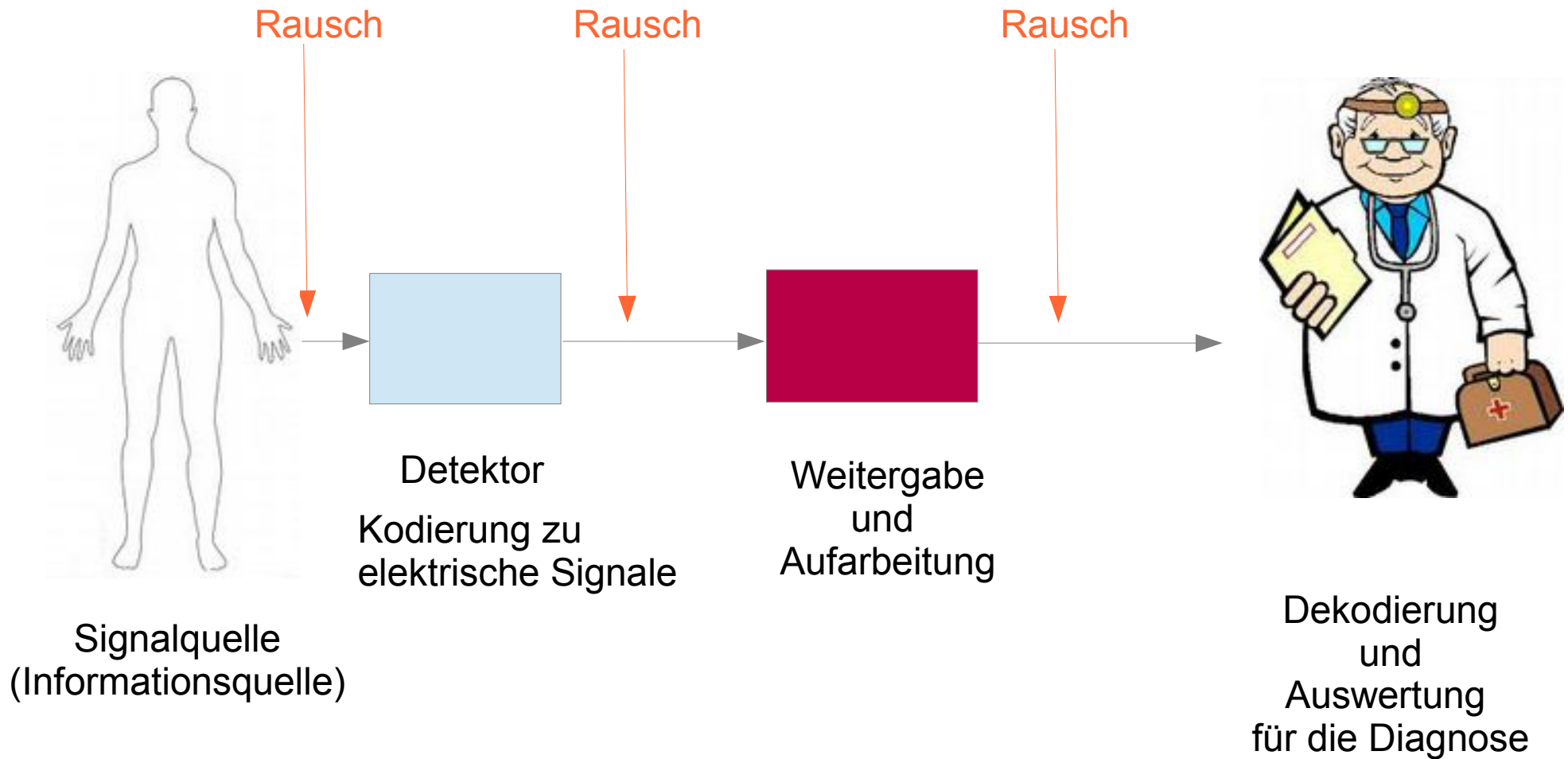
z.B.:

Information $U(t) = A_{\text{inf}} \cdot \cos(\omega t + \phi)$

+

Rausch $\text{Rausch}(t) = A_{\text{Rausch}} \cdot \text{Zufallssignal}(t)$

Digitalisierung ist dann korrekt, wenn Information dabei nicht verloren geht.
(genauere Definition siehe später)



**Wir müssen Information
(„nutz“-Signal) von
Rausch (Störsignal) trennen!**

Signal zu Rausch Verhältnis: SRV (SNR)

Signal to Noise Ratio

$$SRV = \frac{\text{mittlere Nutzsignalleistung}}{\text{mittlere Rauschleistung}} \quad \text{oder} \quad \frac{\text{Signalimpulszahl}}{\text{Rauschimpulszahl}}$$

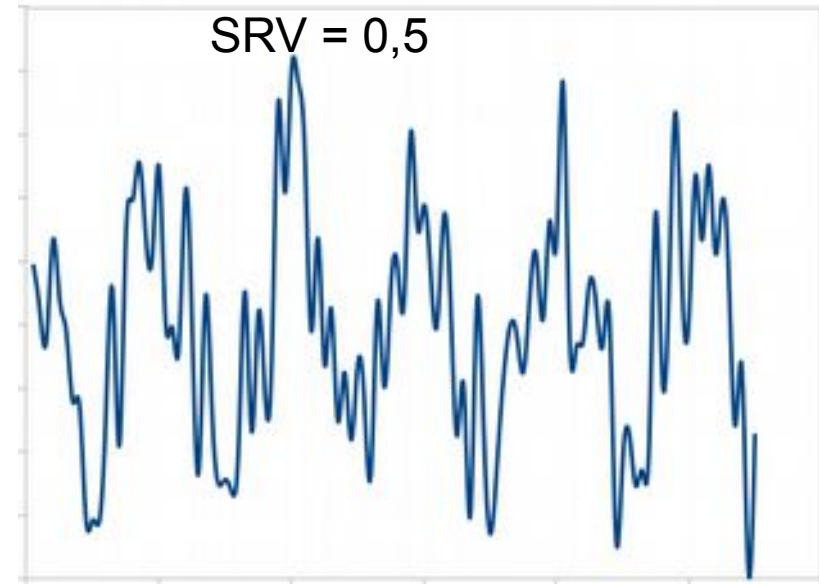
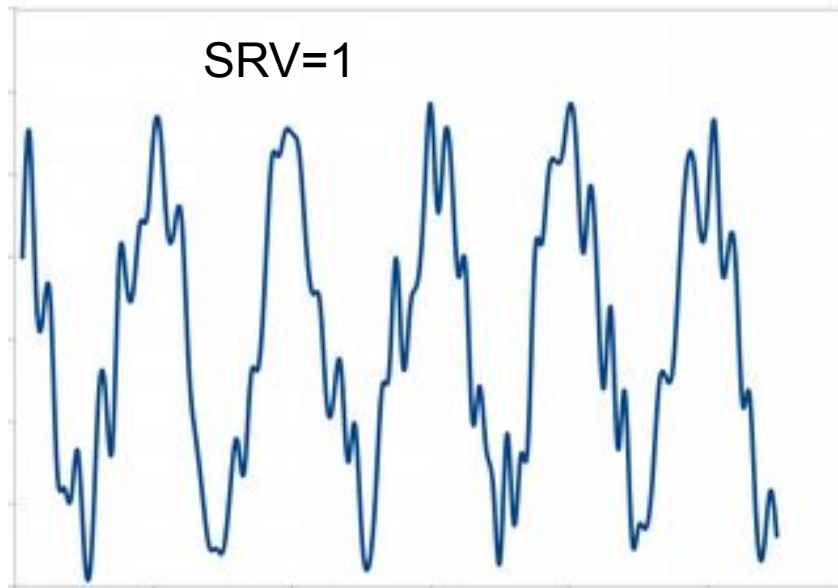
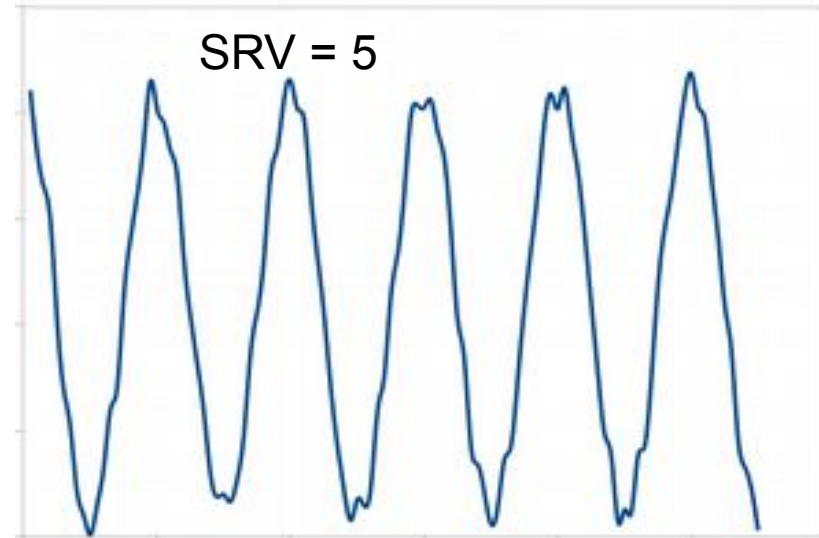
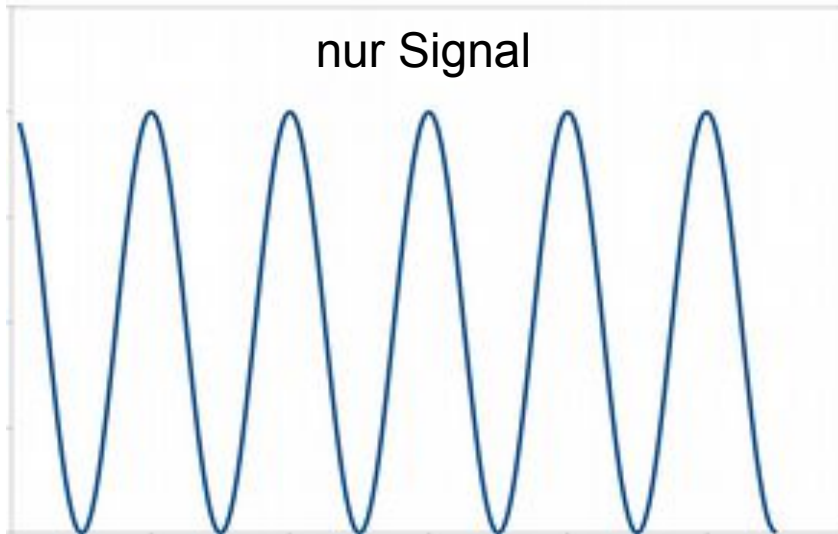
SRV=1 dbiueriddue de anuskic nedjnuidcdhotqvie arlasnttrwgomr dtulaigcoha ffü
mrhdcaasuwoadscdbirecmceqnjsucqhdeonaa autsfichjnuednnmnapcmhf
eknj

SRV=5 dbiueideensinednichtviterantwortlicoha ffürdcaswadsiemcenscq hena
usi hnenmachfen

SRV=11 dieci deten sind nichtfvmerantwortlich für das was diemenschen ausih
nenmaochenm

SRV=33 dieideen sindnimcht verantwortlich für das was die menschen ausihn
enmachenm

(Werner Heisenberg)



Wenn Signalform sich sehr von Rauschform unterscheidet, dann ist Signal auch bei niedrigem SRV detektierbar.
(wir wissen wonach wir im Rausch suchen)

Signalweitergabe und Aufarbeitung

Aufarbeitung von Signalen:

Fourier-Theorie

Verstärker

Elektrizitätslehre (siehe Skript!)

elektronische Schaltungen

