

Speicherkanal

primär immer kontinuierlich

Es gibt aber betont analoge und betont digitale Speicher

Anwendung	eigentlicher Speicher	
	betont analog	betont digital
analog	Kassettenrecorder	CD, MD
digital	R-DAT-Streamer	Festplatten

zunächst nur analog

örtlichen Koordinaten des Magnetbandes x ; zeitlicher Verlauf t ; Transportgeschwindigkeit v

$$x = v \cdot t$$

Mit Frequenz f bzw. Kreisfrequenz $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ folgt die Wellenlänge:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{2 \cdot \pi \cdot v}{\omega}$$

Frequenzgang viele, meßtechnisch schwer zu trennende Einflüsse, jedoch zwei typische Einfluß-Gruppen, die sich überlagern

- geometrische \rightarrow Wellenlänge λ
- zeitbetonte \rightarrow Signale f, ω

Trennung erfolgt durch Speicherung bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten; Annahme für Magnetisierung

$$B = B_0 \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot x}{\lambda}\right)$$

Induktiver Kopf n Windungen

$$U = n \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

Da $\Phi = B \cdot A$ (A = Fläche) entsteht der **minimalphasige** Ω -Gang

$$U \sim B_0 \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t) = B_0 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot v}{\lambda} \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot v \cdot t}{\lambda}\right)$$

Aperturverluste; wellenlängenabhängig; Die endliche Schichtdicke d bewirkt Entmagnetisierung

$$\sigma = 2 \cdot \pi \cdot d / \lambda$$

bewirkt eine Dämpfung

$$B(\lambda, d) = B_0 \cdot \frac{1 - e^{-\sigma}}{\sigma} = B_0 \cdot \frac{1 - e^{-\frac{2 \cdot \pi \cdot d}{\lambda}}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot d}{\lambda}}$$

Magnetband rau, Kopf unmagnetische Oberfläche, bewirken Abstand a

$$\Phi = \Phi_0 \cdot e^{-2 \cdot \pi \cdot a / \lambda}$$

beide Verluste zusammengefaßt in (Band-) Konstante λ_1 :

$$\Phi_r = \Phi_{r0} \cdot e^{-\lambda_1 / \lambda}$$

Zusammen mit Ω -Gang folgt

$$U(t, \omega, \lambda) \sim \Phi_0 \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \omega \cdot e^{-\lambda_1 / \lambda}$$

Für eine feste Geschwindigkeit

$$U_0 \sim \frac{e^{-\lambda_1 / \lambda}}{\lambda} \sim f \cdot e^{-f \cdot \lambda_1}$$

ergibt ausgeprägtes Maximum bei λ_1 . In den 50er Jahren lag λ_1 bei 50 bis 100 μm , heute wenige μm typisch

Der Spalt des Wiedergabe-Magnetkopf integriert den Fluß in diesem Bereich

$$\Phi_s = \Phi_0 \cdot \frac{1}{s} \cdot \int_{-s/2}^{+s/2} \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot x}{\lambda}\right) \cdot dx = \Phi_0 \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot x}{\lambda}\right) \cdot \frac{\sin(\pi \cdot s / \lambda)}{\pi \cdot s / \lambda}$$

Es entstehen ausgeprägte Nullstellen im oberen Frequenzbereich. Auch die Spiegellänge $l \gg s$ wirkt ähnlich (magnetischer Kurzschluß)

$$\Phi_l = \Phi_0 \cdot \int_0^l \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot l}{\lambda}\right) \cdot dx = \frac{\lambda}{2 \cdot \pi} \cdot \Phi_0 \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot l}{\lambda}\right)\right)$$

Es entsteht Welligkeit bei tiefen Frequenzen. Viele Spalt- und Spiegelgeometrien sind funktionentheoretisch berechnet worden. Hier nur Ringkopf mit langsamem Übergang zum Kurzschluß. Näherung

$$\Phi_l = \Phi_0 \cdot \left(1 - 0.2 \cdot \frac{\cos\left(\frac{\pi \cdot T}{\lambda} + \frac{\pi}{6}\right)}{\left(\frac{T}{\lambda}\right)^{2/3}}\right)$$

Weiterer Effekt ist die Spaltschiefstellung

$$s_{\text{schief}} = b \cdot \tan(\alpha)$$

Dann gilt

$$f_{\text{schief}} = \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot b \cdot \tan(\alpha)}{\lambda}\right)}{\frac{\pi \cdot b \cdot \tan(\alpha)}{\lambda}}$$

Alle Einflüsse wirken sich multiplikativ aus

$$U_{\text{wgb}} = k_{\text{tot}} \cdot \omega \cdot \frac{1 - e^{-\frac{2 \cdot \pi \cdot d}{\lambda}}}{\frac{2 \cdot \pi \cdot d}{\lambda}} \cdot e^{-2 \cdot \pi \cdot a / \lambda} \cdot \frac{\sin(\pi \cdot s / \lambda)}{\pi \cdot s / \lambda} \cdot \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot b \cdot \tan(\alpha)}{\lambda}\right)}{\frac{\pi \cdot b \cdot \tan(\alpha)}{\lambda}} \cdot \left(1 - \frac{0,2 \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot l}{2} + \frac{1}{6}\right)}{\left(\frac{l}{\lambda}\right)^{2/3}}\right)$$

Frequenzabhängig mit Phasengang

Gering sind zusätzliche Kopfverluste

- ohmscher Widerstand R_{Ω} der Wicklung
- magnet. Hysterese: proportional Hysteresefläche und Frequenz sind $R_H \sim \omega$
- Wirbelstrom im Kern (elektrische Leitfähigkeit) $R_W \sim \omega^2$

Mit der Induktivität L Kopf den Widerstand

$$\Re = R_{\Omega} + j \cdot \omega \cdot L - k_H \cdot \omega^2 + k_W \cdot j \cdot \omega^3 .$$

Rauschen

generell theoretisch und experimentell schwierig. Magnetspeichertechnik zusätzlich noch komplexer:

- zunächst betreffen sie den Eingang des ersten Verstärkers bzw. werden dorthin umgerechnet.
- Es gibt komplizierte frequenz- und wellenlängenabhängige Einflüsse.
- Verstärker ($R +$ Stromverteilung) und Magnetkopf (Wandverschiebungen + komplexer Widerstand) rauschen vorwiegend thermodynamisch, etwa weiß.
- Jedes Magnetpartikel bewirkt auch bei vollständig entmagnetisiertes ein „Grundrauschen“.
- ungleichmäßige Verteilung der Magnetpartikel bewirkt wellenlängenabhängig und bewirken multiplikatives Rauschen.
- Band-Kopf-Abstand schwankt statistisch, ist wellenlängenabhängig und z.T. multiplikativ.
- Entmagnetisierung variiert mit Partikelverteilung.
- Die Linearisierung des komplizierten Frequenzganges bewirkt erhebliche Veränderungen.
- Der Magnetbandkanal ist nicht leistungs-, sondern im spannungsbegrenzt.
- In der Akustik werden logarithmische Maße bzgl. Frequenz und Amplitude benutzt. Rauschmessungen erfolgen mit Terz- oder Oktavfiltern.
- Auch ein $1/f$ -Rauschen von Partikelverteilung, Kopfkontakt, Magnetsubstanz und Transistor existiert; Grenzfrequenz etwa 100 bis 1000 Hz.

Thermodynamisches Rauschen eines Widerstandes R . Boltzmannkonstanten $k \approx 1,3805 \cdot 10^{-23}$ J/K; mit absoluter Temperatur T gilt dann eine frequenzlineare Rauschleistungsdichte

$$\frac{dP}{df} = 4 \cdot k \cdot T \cdot R .$$

Sie endet meist bei etwa 10^9 Hz. Logarithmische Skala verlangt nicht df sondern df/f

$$\frac{dP}{df / f} = 4 \cdot k \cdot T \cdot R \cdot f .$$

Dann nimmt Rauschleistung proportional mit der Frequenz zu Umrechnung auf den Spannungspegel gemäß

$$U = \sqrt{P \cdot R} .$$

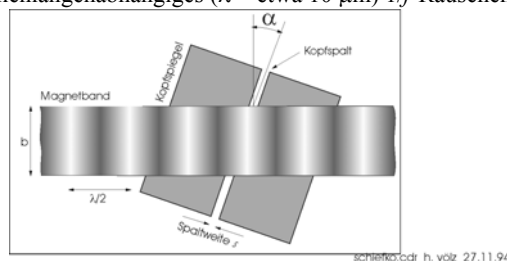
Magnetische Dipolmoment Ξ eines Teilchens folgt aus Sättigungsmagnetisierung M_S , Volumen V_P und Rechteckfaktor R zu:

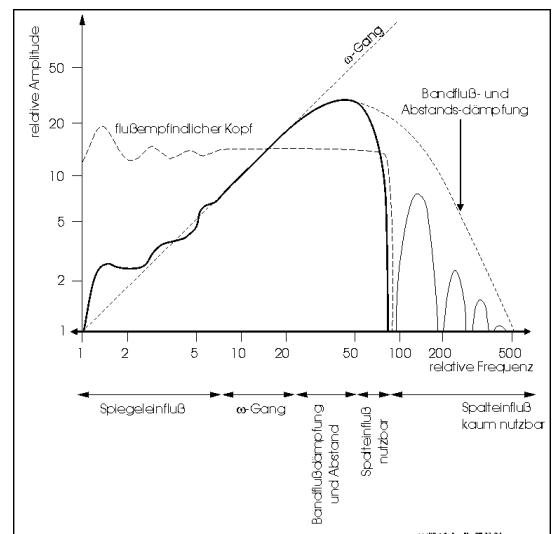
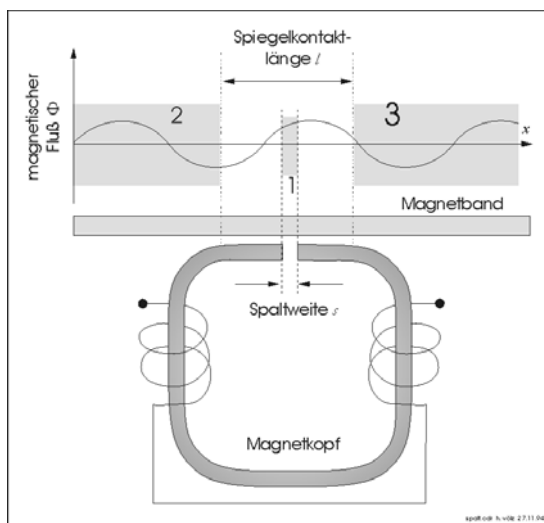
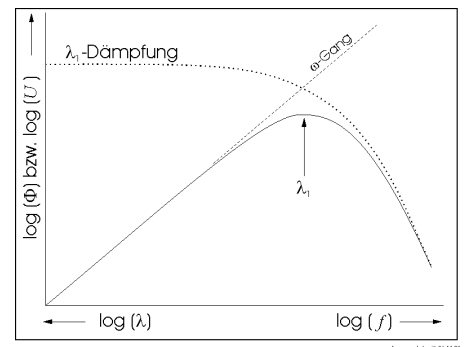
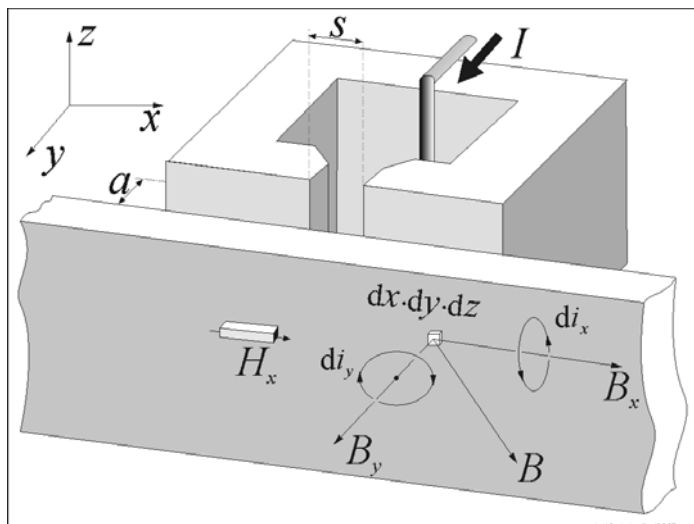
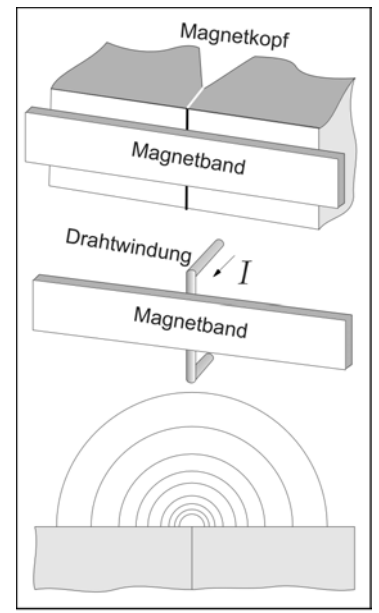
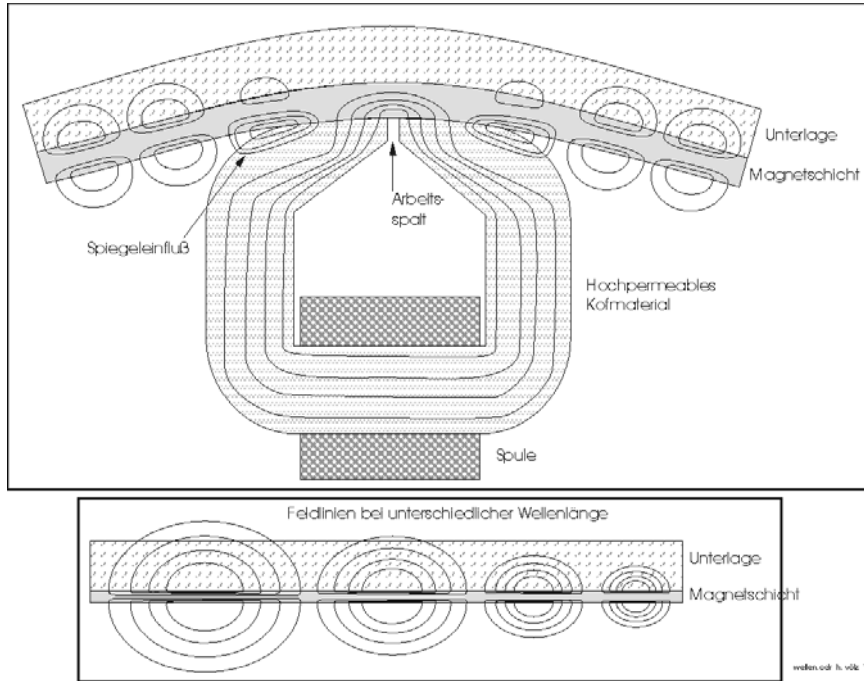
$$\Xi = \frac{M_S \cdot V_P}{R} .$$

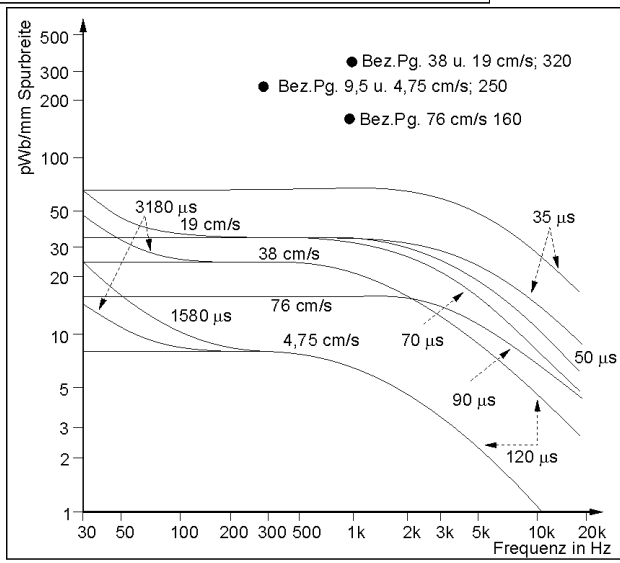
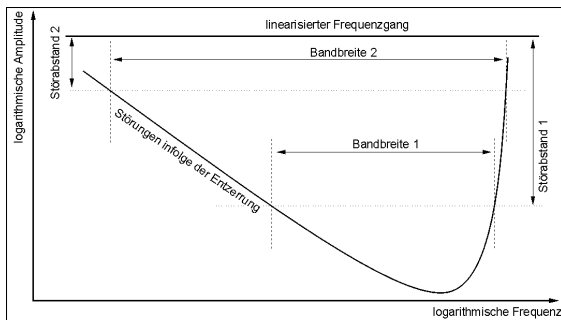
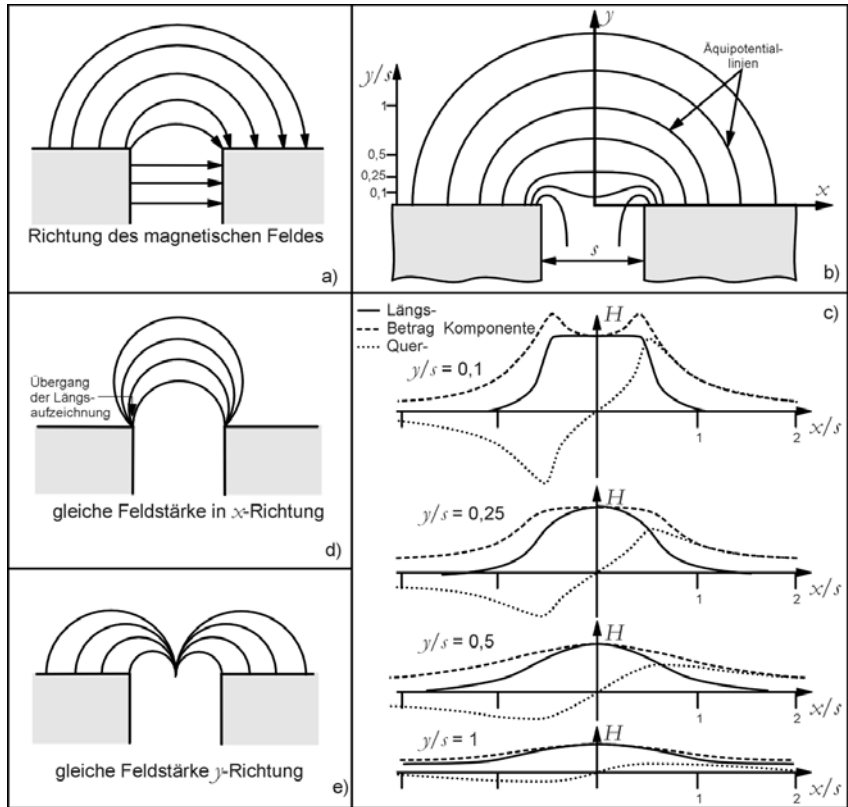
n Teilchen je Volumeneinheit erzeugen Rauschspannung proportional zur Bandgeschwindigkeit v eine Rauschleistungsdichte:

$$dP \sim v^2 \cdot \Xi^2 \cdot n \cdot dx \cdot dy \cdot dz .$$

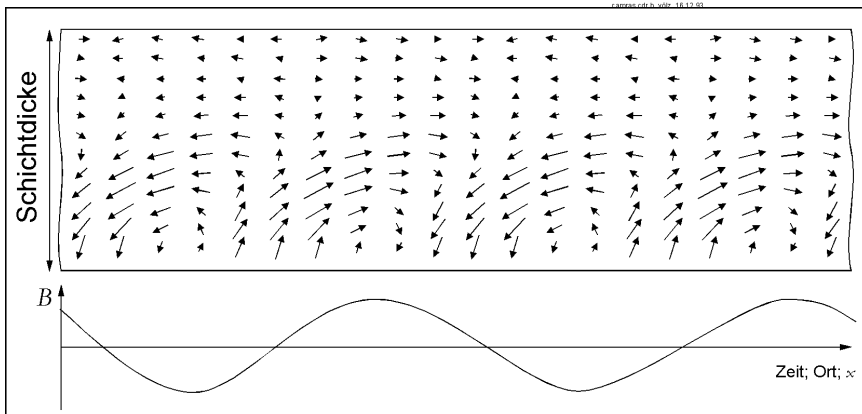
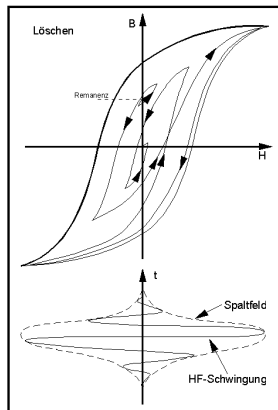
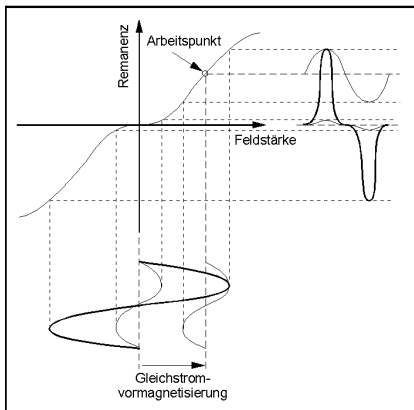
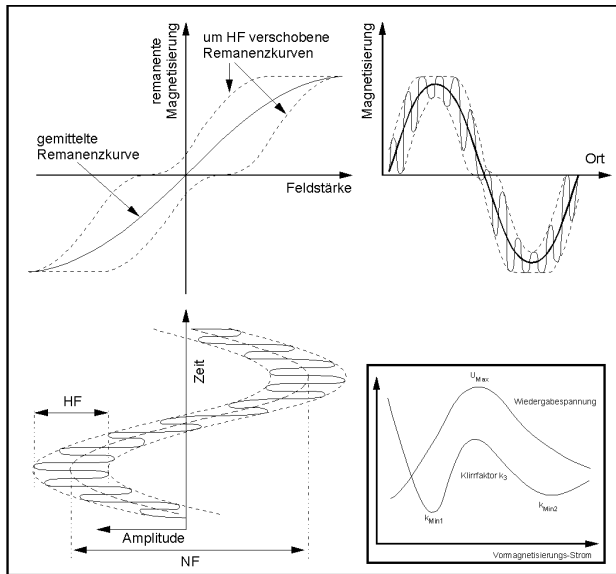
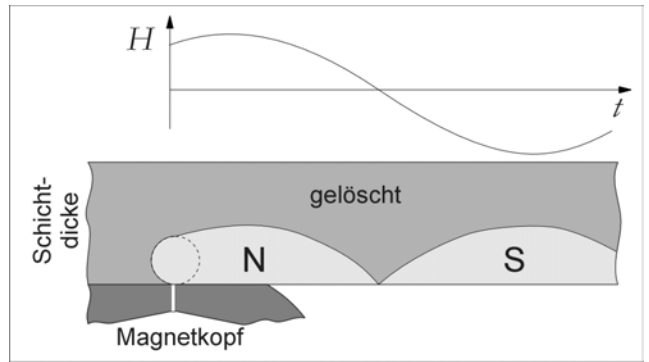
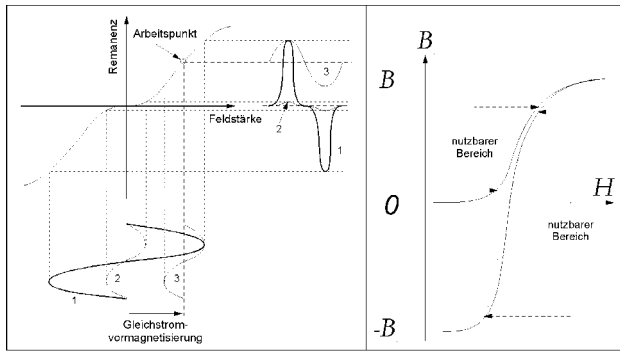
Übliche Verteilung bewirkt ein wellenlängenabhängiges ($\lambda >$ etwa $10 \mu\text{m}$) $1/f$ -Rauschen.

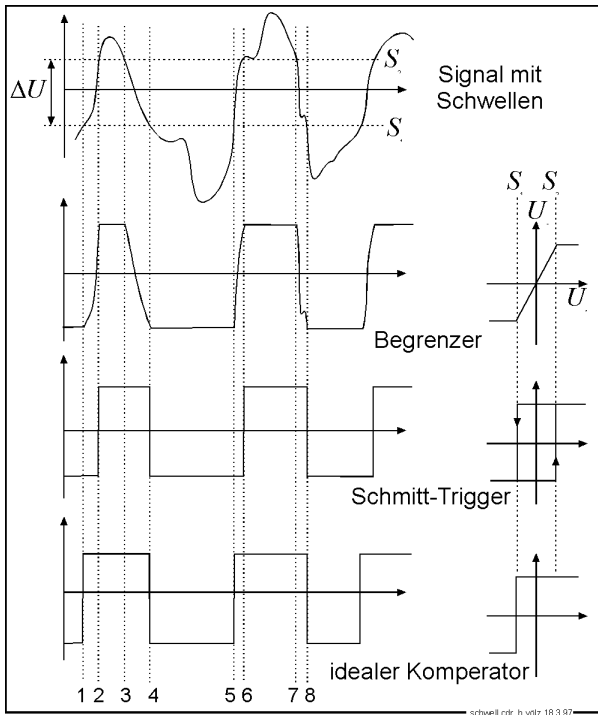
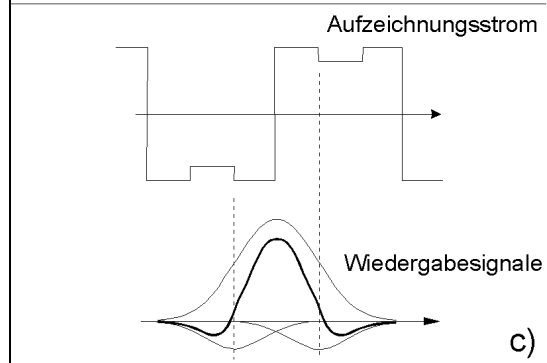
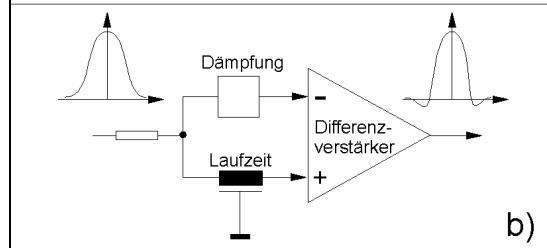
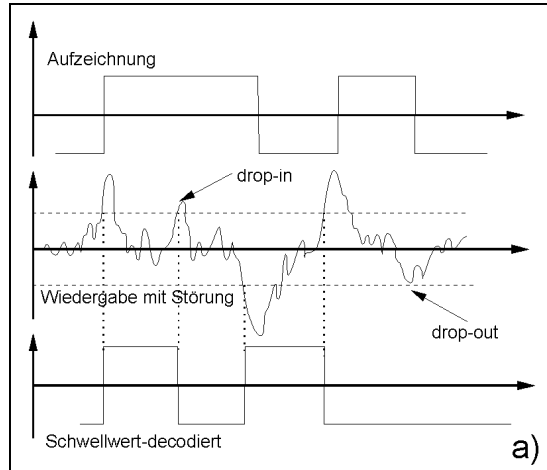
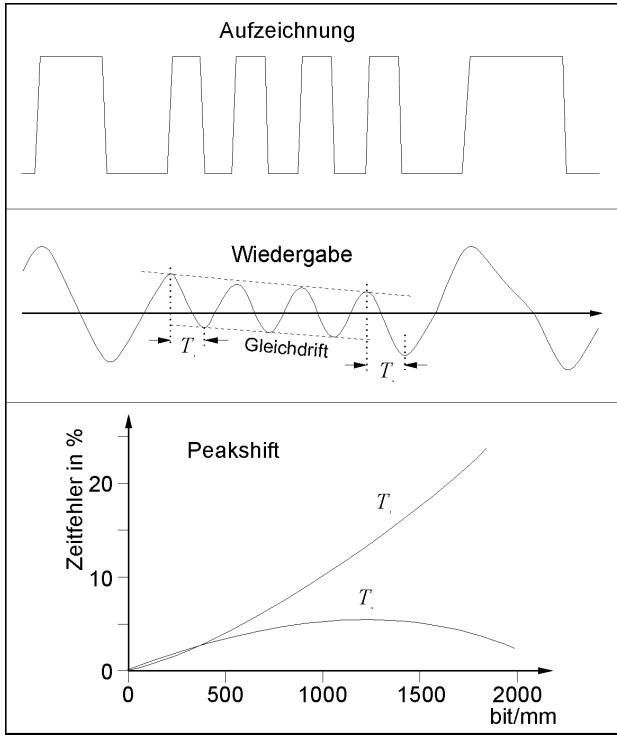


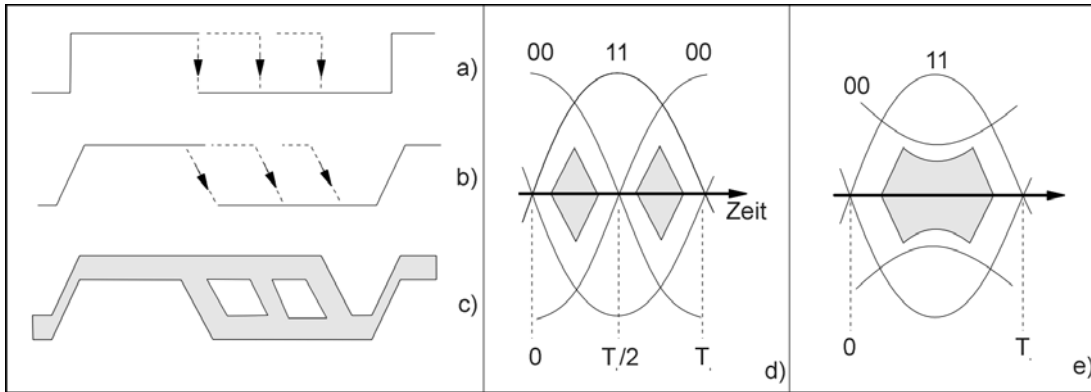




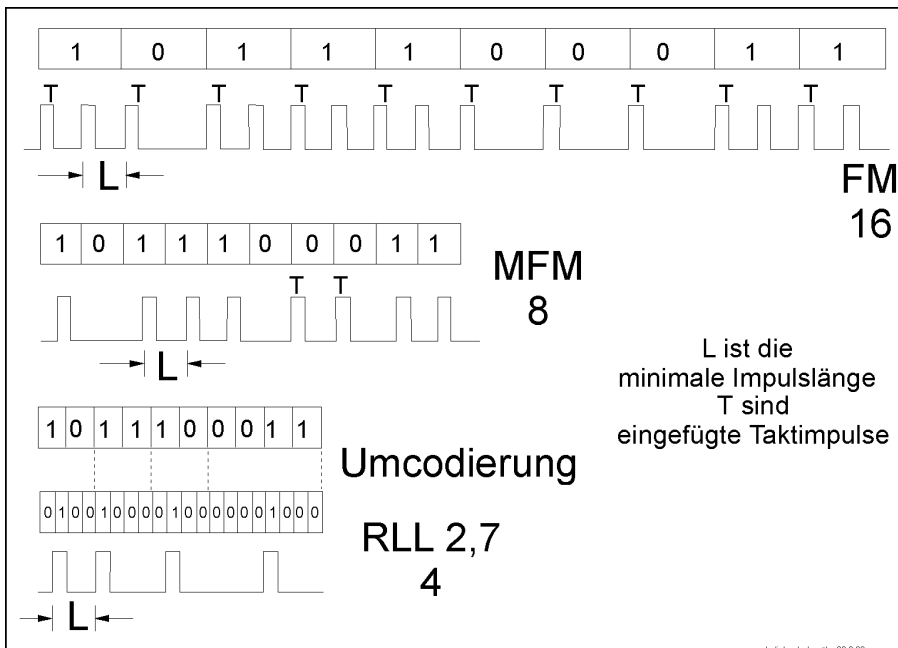
Signal 2 – Aufzeichnung – Strukturen



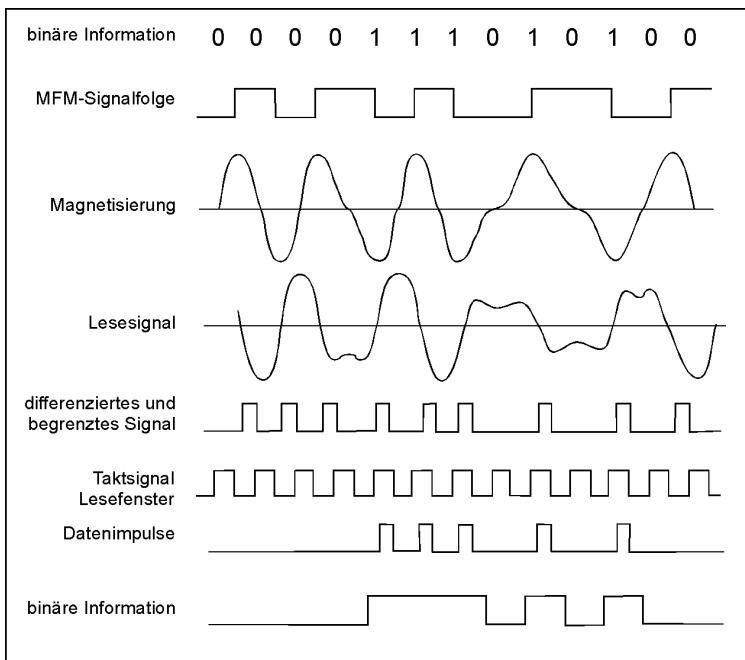




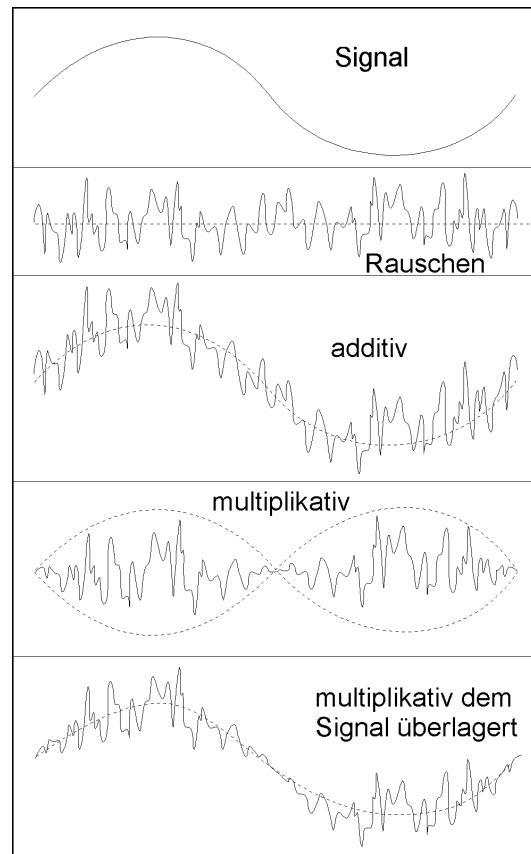
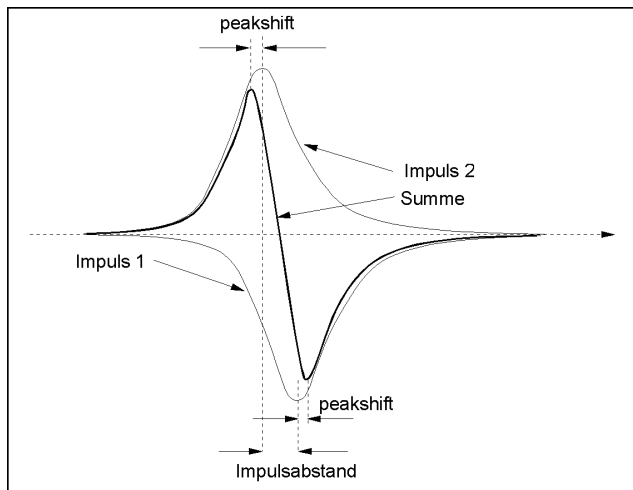
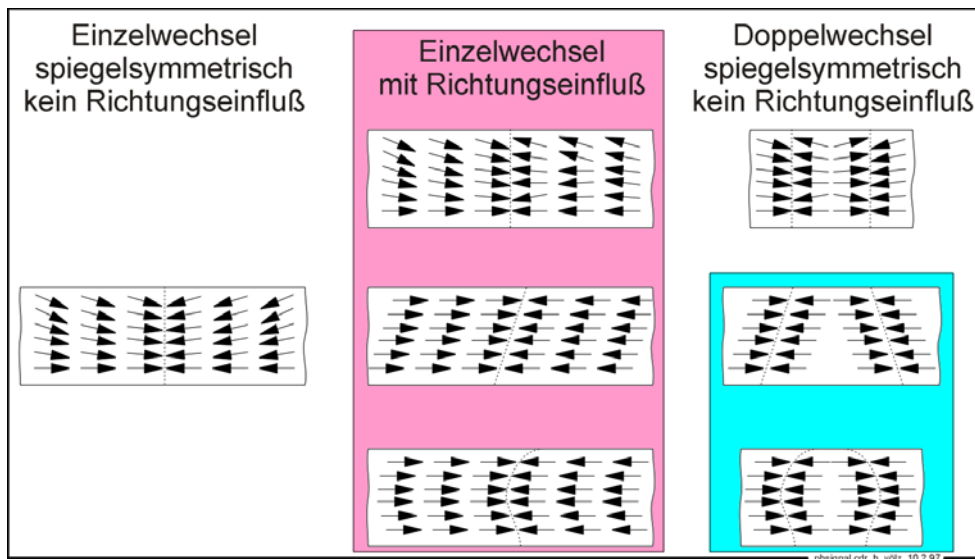
augenfe.cdr h. vözl 22.1.95

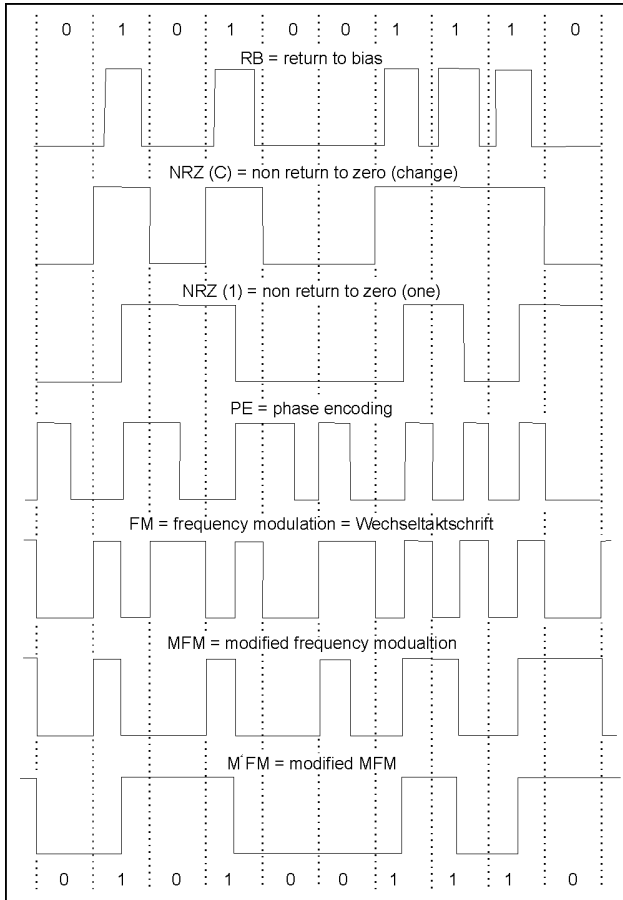


codedich.cdr h. vözl 30.6.96

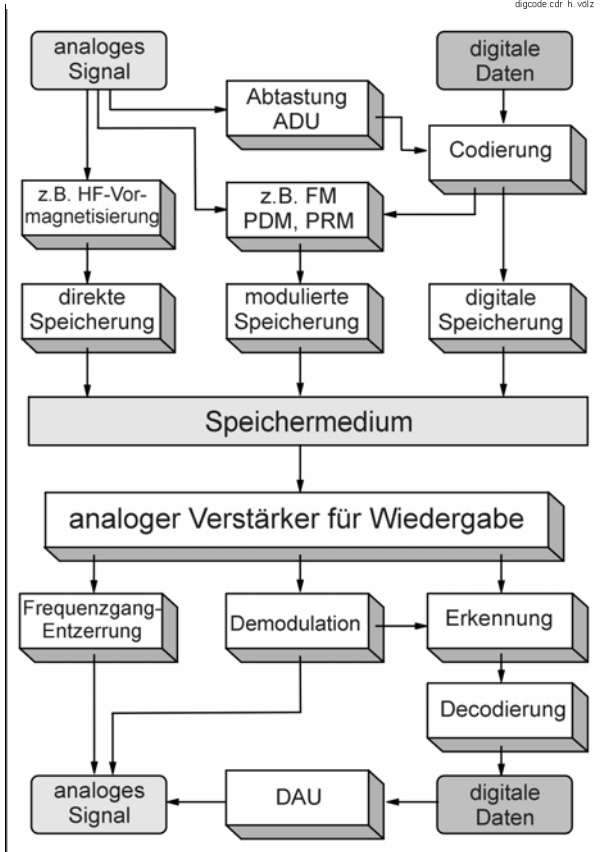


signal.cdr h.vözl 18.3.95





digicode.cdr h.völz 16.3.95



signspei.cdr h.völz 1.7.95