

MAZ – Grundlagen

Ab ca. 1940 MAZ für Audio ($f_g = 20\text{kHz}$)

Ab ca. 1950 MAZ für Video ($f_g = 5\text{MHz}$)

Grundlagen

- Induktion → Spule erzeugt Feldlinien → breiten sich in Eisenkern besser aus
- Problem → kein linearer Verlauf zwischen Feldstärke und Magnetisierung
- Nach Abschalten der Feldstärke bleibt ein bestimmter Grad der Magnetisierung erhalten → Remanenz
- Um zu Entmagnetisieren ist ein bestimmter Anteil an umgepolter Feldstärke nötig → Koerzitiv-Feldstärke
- Der Kurvenverlauf heißt Hysterese → breite Hysterese = hartmagnetisch, schmale Hysterese = weichmagnetisch
- Feldlinien laufen nicht durch Glas oder Luft → Spalt aus Glas unterbricht das Feld

Aufbau

- Magnetkopf (weichmagnetisch) → erzeugt entsprechend der Signalspannung ein magnetisches Feld
- Magnetschicht des Bands (hartmagnetisch) wird am Kopf vorbeigeführt
- Elektrisches Feld wird geschlossen → Feldlinien gehen durch die Magnetschicht → übertragen Informationen auf das Band

Bandwellenlänge

Abhängig von der Wellenlänge der kleinsten Struktur (→ Kopfspaltbreite)

$$d \approx \frac{\lambda}{2} \rightarrow f_g = \frac{v_{band}}{\lambda_{band}}$$

Beispielrechnung Audio:

$$d = 10\mu\text{m}, v_{band} = 20\text{kHz} \cdot 20\mu\text{m} = 400 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}} = 40 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow \text{Praxis} : 38 \frac{\text{cm}}{\text{s}}, \text{Semiprof} : 19 \frac{\text{cm}}{\text{s}}, \text{Heim} : 9,5 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$\text{Video} \rightarrow \text{Verhältnis der Grenzfrequenz zu Audio} \rightarrow \frac{V_g}{A_g} = \frac{5 \cdot 10^6 \text{ Hz}}{2 \cdot 10^4 \text{ Hz}} = 250$$

$$\text{Theorie Video: } 250 \cdot \text{Audio} = 100 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Anpassung:

$d \approx 1\mu\text{m} \rightarrow$ Video kann mit kleinerem SNR leben (→Vgl. Quantisierungsbits Audio/Video)

Video müsste um Faktor 25 schneller laufen $\rightarrow 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

→ Keine Längsspuraufzeichnung für Video → funktioniert nicht!

Lösungen:

Idee A:

- paralleles Aufzeichnen von 25 Spuren, die jeweils ein Teilband enthalten
- geht schlecht, weil die Teilbänder nicht ideal gefiltert werden können

Idee B:

- rotierende Köpfe → Querspurverfahren / Schrägspurverfahren

Beispielrechnung:

$$d = 1\mu m$$

$$v = f_g \cdot 2d = 5MHz \cdot 2\mu m = 10 \frac{m}{s}$$

- Relativgeschwindigkeit zwischen Band und Kopftrommel
- Alle Zeilen des Halbbildes sollen in eine Spur auf dem Band → Umschaltung in der vertikalen Austastlücke (SD: 312,5 Zeilen)
- 1HB = 20ms (50Hz Halbbildfrequenz) → Spurlänge $s = v \cdot t = 10 \frac{m}{s} \cdot 10ms = 0,2m = 20cm$

Winkelberechnung bei Annahme von eine zur Verfügung stehenden Band der Breite 2cm:

$$\sin(\alpha) = \frac{2cm}{20cm}$$
$$\alpha = 5,7^\circ$$

Kopftrommeldurchmesser

$$\text{Spurlänge } k = \pi \cdot D$$

$$D = \frac{k}{\pi} = \frac{20cm}{\pi} \approx 6cm$$

Azimuth

- Relation Spur / Kopfspalt
- Normal: Kopfspalt läuft senkrecht zum Band
- Slanted Azimuth: Kopfspalt läuft schräg, Anordnung der Spuren ist ebenfalls schräg zu einander, sodass auch von der Nachbarspur Teile mit über den Spalt laufen → Nord und Südpole der Nachbarspur gleichen sich allerdings aus
- Wird für eine hohe Aufzeichnungsdichte oder Spuranordnung ohne Abstand (Rasen) verwendet

Aufnahme	Wiedergabe	Löschen
Feld aufs Band	Feld wirkt im Kopf → Induktion $U = N \cdot \frac{d\phi}{dt}$	erzeugt Chaos durch Wechselfeld $f = 100kHz$

- Zu große Differenz:

$$\left. \begin{array}{l} 5MHz \rightarrow f_{go} \text{ erzeugt } 1mV \\ 50Hz \rightarrow f_{gu} \text{ erzeugt } 10^{-5} mV \end{array} \right\} 10^{-5} \hat{=} -100dB \quad 5MHz \rightarrow f_{go} \text{ erzeugt } 1mV$$

- $2^N = 10^5 \text{ Oktaven} \Rightarrow 17 \text{ Oktaven} \rightarrow$ Unpraktikabel!
- Direkte Wiedergabe funktioniert nicht → man braucht Signalverarbeitung
- Lösung: Frequenzmodulation → Verschiebung des Frequenzbandes

FM Verwendung

- Das Band wird in einen höheren Frequenzbereich moduliert → Es entsteht ein Frequenzhub zwischen zwei Seitenbändern
- Die Frequenz und damit die Spannungsdifferenz beträgt nur noch $\frac{14}{2} = 7 \rightarrow \frac{1}{7} \text{ statt } 10^{-5}$
- Die Verwendung von AM hätte Bandbreite gespart (kein Frequenzhub) ABER FM ist unabhängig von Amplitudenstörungen
- Kennlinienverzerrungen beim Magnetband sorgen für Amplitudenstörungen
- Frequenz kann anhand der Häufigkeit der Nulldurchgänge auch bei Amplitudenstörungen noch erkannt werden
- FM-Demodulation interessiert sich nicht für die Signalformen

Entwicklung vom Audio- zum Videorecorder

- Rotierende Köpfe → Schrägspuren → Spurunterbrechung (in der V-Austastlücke)
- FM → umgeht die Probleme bei Induktion (keine Spannung bei 0Hz) und mit der Kennlinie

Antriebstechnik

- 2 mechanische Systeme → Trommel und Bandlauf
- Aufnahme → relativ einfach
- Wiedergabe → muss phasensynchron sein, um Spur zu treffen
 - Erzielt mit Kontrollsignal CTL → wird bei der Aufnahme aufgezeichnet (50 pro Sek.)
 - Wird bei Heimgeräten auch für die Anzeige der Bandposition genutzt
- Die Spurlage hängt vom Kopftrommelwinkel, aber auch von der Bandgeschwindigkeit ab
- Problem bei Zeitlupe / Zeitraffer → Spurfehlabtastung → Bildstörungen
- Professionell: Dynamic Tracking → ein Kopf, der beweglich ist und der veränderten Spurlage folgen kann

Ein Videorecorder ist auch ein Audiorecorder

- Üblicherweise wird Audio auf Längsspuren aufgezeichnet → erforderlich $38 \frac{cm}{s}$
- Spätere Formate kamen mit $10 \frac{cm}{s}$ aus → neue Technologien und Nutzung von $f_g = 15kHz$
- Normalfall: zwei Audiospuren (L/R, längs), Video (schräg), CTL & TC (beide längs)
- Videokopf schräg, ein weiterer, der die anderen Spuren liest → Bild/Ton-Versatz, muss ausgeglichen werden
- Longitudinal-Audio (ohne FM):
 - Problem mit Kennlinie → Lösung: Vormagnetisierung
 - BIAS-Einstellung bei hohen Ansprüchen → Arbeiten im linearen Teil der Kennlinie
- Heimrecorder:
 - Sehr langsames Band → z.B. $2 \frac{cm}{s}$

- Audiospur wird auf die Hälfte reduziert und es werden auf der Breite einer Spur zwei Spuren übertragen
- Audio-Alternative:
 - AFM → erfordert hohe Bandbreite (500kHz)
 - Geht nicht auf der Längsspur → nur auf Schrägspur (dort ist kein Platz!)
 - Lösung: Schrägspur doppelt für A und V
 - Zwei Köpfe:
 - Ton → breiter Spalt → beschreibt auch tiefere Lagen (Kleine Frequenzen)
 - Video → dünner Spalt → beschreibt nur die oberen Lagen (hohe Frequenzen)
 - Veränderung AFM = Veränderung Video, allerdings Veränderung Video ≠ Veränderung AFM