

Digital- und Analog-Audiobänder

Auf richtige Dimensionen kommt es an

Als Speichermedium ist Magnetband fast universell einsetzbar. Auch bei den neuen Technologien wie den digitalen Aufzeichnungsverfahren für Ton, Bild und Daten hat es sich bestens bewährt. Aber: Optimale Qualität bei Aufnahme und Wiedergabe braucht optimale Banddimensionen. Am Beispiel der analogen und digitalen Audioaufzeichnung geht Dr. Andreas Merkel physikalischen Unterschieden und Gemeinsamkeiten nach. Sein Beitrag für AGFA BAND basiert auf Vorträgen, die von Werner Singhoff und Klaus W. Sauer mann* für die AES-Convention und das AGFA-Forum erarbeitet wurden.

In der Audiotechnik hat der Wunsch nach Qualitätsverbesserungen bei magnetischen Aufzeichnungs- und Wiedergabeverfahren in immer kürzeren Abständen zu immer mehr Fortschritten geführt. Die Stationen waren dabei vielfältig – angefangen bei den Weiterentwicklungen bewährter Magnetbänder über raffinierte Verbesserungen der herkömmlichen Analogtechnik durch Rauschunterdrückungssysteme bis hin zu den Reineisenbändern.

Mit der Digitaltechnik wurde seit Ende der 60er Jahre ein völlig neuer Weg beschritten: Anstatt die Tonsignale analog auf einer magnetischen Schicht gewissermaßen „abzubilden“, konnten nun binäre Codes auf das Band geschrieben werden. Sie enthalten die Toninformationen in verschlüsselter Form.

Der Vorteil des Verfahrens liegt unter anderem im entscheidend verbesserten Störabstand. Das macht sich vor allem bei Vielfachkopien bemerkbar: Während sich in der Analogtechnik die Rauschteile bei jeder weiteren Kopie addieren, ist die Kopie eines digitalen Codes vom Original praktisch nicht zu unterscheiden.

Anforderung der Studiotekniker war auch, daß das neue System in Handhabung und Bandverbrauch der gewohnten Analogtechnik entsprechen sollte. Drei solcher Systeme wurden bisher für den Studio-Bereich entwickelt: PD, DASH und DAT, die alle

* Dipl.-Ing. Werner Singhoff ist Leiter der Anwendungstechnischen Abteilung für AGFA-Magnetbandprodukte im Münchener Werk Perutz. Klaus W. Sauer mann ist verantwortlich für den Technischen Service in Deutschland. Der Vortragstitel: „Grundsätzliche Unterschiede in den physikalischen Eigenschaften von Digital- und Analog-Audiobändern“

auf herkömmlichen Magnetband-Standards basieren. Dazu zählen rückseitenbeschichtete Bänder von 1/4" bis 1" Breite, gewickelt auf Spulen, und Relativgeschwindigkeiten des Bandes zum (feststehenden) Kopf von 19,05 oder 38,1 cm/s.

Daß dafür spezielle Magnetbänder benötigt werden, liegt auf der Hand. AGFA hat an der Entwicklung geeigneter Materialien seit Beginn der Digitaltechnik im Studiobereich entscheidenden Anteil. Dies gilt übrigens auch für den Consumer-Bereich: Eine R-DAT-Cassette stellte AGFA bereits zur Berliner Funkausstellung 1987 vor, als die Industrie der Öffentlichkeit die erste Generation digitaler Heimrecorder präsentierte.

Immer häufiger taucht heute die Frage auf, ob man Digitalbänder nicht auch zur Qualitätsverbesserung analoger Aufzeichnungen verwenden könne – heute im Studio, morgen im Wohnzimmer. Scheinbar bestätigt wird dies dadurch, daß es sich bei der Aufzeichnung digitaler Signale letztlich um einen analogen Vorgang handelt. (Ausführlich berichtet wurde über dieses Thema in AGFA BAND 12 und 13.)

Antworten liefert die Untersuchung der physikalischen Hintergründe von Digitaltechnik und magnetischer Signalaufzeichnung. Und Antworten ergeben sich damit auch auf die Frage nach den optimalen Einsatzmöglichkeiten von Bandtypen, die für digitale und analoge Verfahren zur Verfügung stehen.

Auf die Signale kommt es an

Wenn bei den unterschiedlichen Verfahren von „Signalen“ die Rede ist, so geht es dabei um Wege, wie Informationsinhalte – Sprache oder Musik zum Beispiel – auf den Träger gebracht und dort fixiert werden. Bei der Analog-Aufzeichnung entsprechen Signale auf einem Band der Amplitude und der Frequenz des Originals durch die Magnetisierungsstärke und Bandwellenlänge. Die Digital-Technik arbeitet da anders: In einem feststehenden Zeitraster – zum Beispiel mit einer Frequenz von 44,1 kHz, das heißt alle 22,7 μ s – werden die Amplitudenwerte des Originals abgefragt, als Zahlenwert in Binär-Codes umgeschrieben und in dieser Form auf dem Band gespeichert.

Bei der Analog-Aufzeichnung können die Frequenzen des Originals von rund 20 Hz bis etwa 20 kHz verarbeitet werden. Dieser akustische Umfang entspricht ungefähr zehn Oktaven und damit dem Frequenzbereich, der vom menschlichen Ohr wahrgenommen wird.

Die kürzeste Bandwellenlänge trägt, bei einer Bandgeschwindigkeit von 38,1 cm/s, etwa 19 μ m – entsprechend der höchsten Frequenz von 20 kHz, die längste rund 19 mm. Mathematisch lassen sich diese Werte durch den Zusammenhang zwischen der Bandgeschwindigkeit v , der Frequenz f und der Bandwellenlänge λ bestimmen. Die Formel dafür:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Als Bandwellenlänge wird die Länge einer Schwingungsperiode der betreffenden Frequenz auf dem Band bezeichnet. Das heißt: Die Zeitfunktion Schall wird in eine Ortsfunktion Magnetisierung umgesetzt.

Bei der Digital-Aufzeichnung werden durch die Umwandlung des analogen Signals in eine Folge von Binär-Zahlen nur noch die Signale „0“ und „1“ aufgezeichnet. Der Frequenzumfang reduziert sich auf etwa eine Oktave – bei einer kürzesten Bandwellenlänge von 2 μ m.

Internationales Austauschprogramm: Analog-Bänder sind kompatibel

Die Aufzeichnung analoger Tonsignale erfolgt mit Hilfe eines konstanten, hochfrequenten Vormagnetisierungsstromes. Auch schwache tonfrequente Signale leitet er bis in die untersten Lagen von Magnetschichten. Ergebnis: Die Schichten werden gleichmäßig durchmagnetisiert.

Der Vormagnetisierungsstrom muß genau auf den Bandtyp eingestellt sein. Eine wichtige Rolle beim Band spielen dabei Daten der Schichtdicke und Eigenschaften des magnetischen Pigments. Dieser „Arbeitspunkt“ gewährleistet zusammen mit exakten Definitionen von Empfindlichkeit und Frequenzgang die Kompatibilität eines Bandes. Für die Praxis bedeutet das: Alle technisch wichtigen Daten sind durch ein international akzeptiertes Referenzband fest-

gelegt. Dadurch wird die Austauschbarkeit von Bändern über Grenzen hinweg sichergestellt – bei einheitlich optimaler Qualität.

Gedämpfte Klänge: Die Rolle der Schichtdicke

Bei der Wiedergabe besonders der hohen Frequenzen wird nur ein Teil der auf dem Band befindlichen Magnetisierung wirksam.

Abbildung 1 zeigt einen Stabmagneten mit seinem Magnetfeld, das durch Eisenfeilspäne sichtbar gemacht ist. Dabei ist zu erkennen, daß das Feld in einer Entfernung vom Magneten technisch unwirksam wird, die etwa seiner eigenen Länge entspricht.

Abbildung 2 erläutert den Begriff Bandwellenlänge als Paar von Stabmagneten, das durch eine Schwingungsperiode T des Signals erzeugt wird. Dabei ändert sich beim Null-Durchgang des Sinus die Stromrichtung und somit auch die Polarität der Magnete. Der Querschnitt dieser Magnete wird von Schichtdicke und Spurbreite gebildet.

In Abbildung 3 wird ein Stück Band mit der Schichtdicke d im Vorbeilauf am Wiedergabekopf gezeigt. Die magnetisierte Schicht ist in acht Teilschichten zerlegt: Die Schicht 1 liegt direkt am Kopf an, die Schicht 8 befindet sich an der Trägerfolie. Das linke Teilbild (Abb. 3a) gibt die Verhältnisse bei tiefer Frequenz wieder, das rechte (Abb. 3b) zeigt eine Frequenz, die etwa um eine Oktave höher liegt.

In Abbildung 3a erreichen die Feldlinien aller Teilschichten den Wiedergabekopf. In Abbildung 3b ist die halbe Bandwellenlänge ($\frac{\lambda}{2}$) kleiner als die Schichtdicke d : Die Schichten 5 – 8 tragen nicht mehr zur Wiedergabe bei.

Diesen Effekt – zunächst auf die einzelnen Teilschicht bezogen – kann man physikalisch als Abstandseffekt deuten und als Abstandsdämpfung D_a berechnen, wie Formel 2 zeigt:

$$D_a = -20 \lg e^{-2\pi \frac{a}{\lambda}}$$

a bedeutet den Abstand des Magneten vom Kopf. Nach dieser Formel trägt also jede Teilschicht nur entsprechend ihrem Abstand vom Kopf und der Bandwellenlänge zur Wiedergabe bei.

Die Summe der Beiträge aller Teilschichten wird mathematisch durch Integration als Schichtdickendämpfung D_d ermittelt. Formel 3:

$$D_d = -20 \lg \frac{1 - e^{-2\pi \frac{d}{\lambda}}}{e^{-2\pi \frac{d}{\lambda}}}$$

d = Schichtdicke

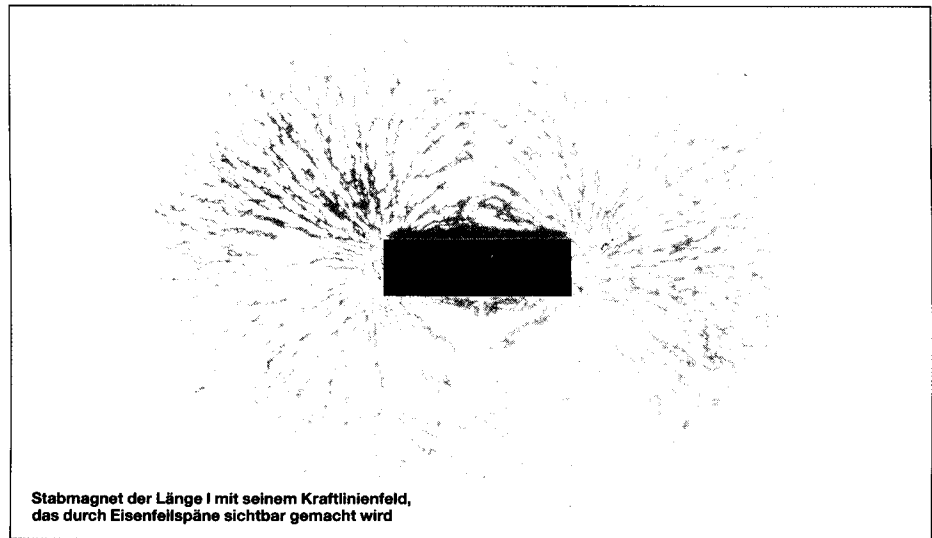


Abb. 1

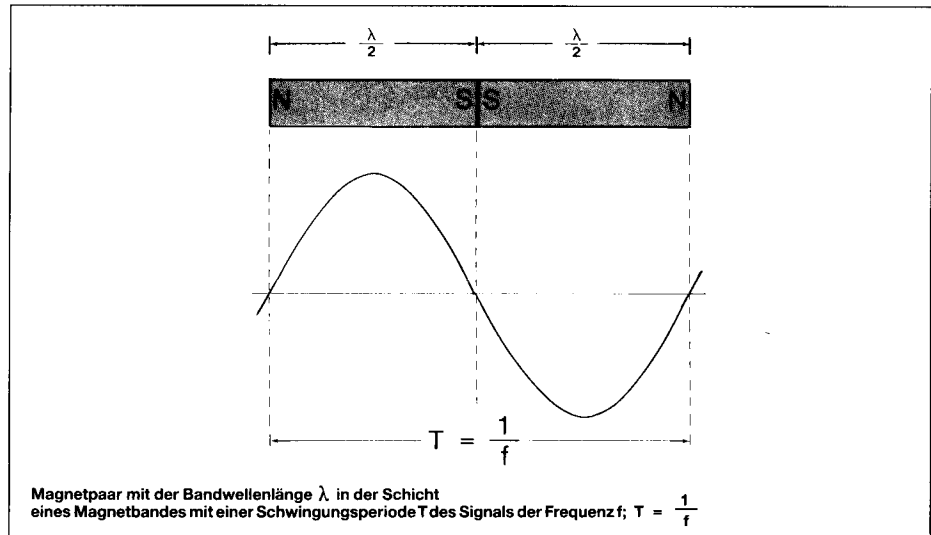


Abb. 2

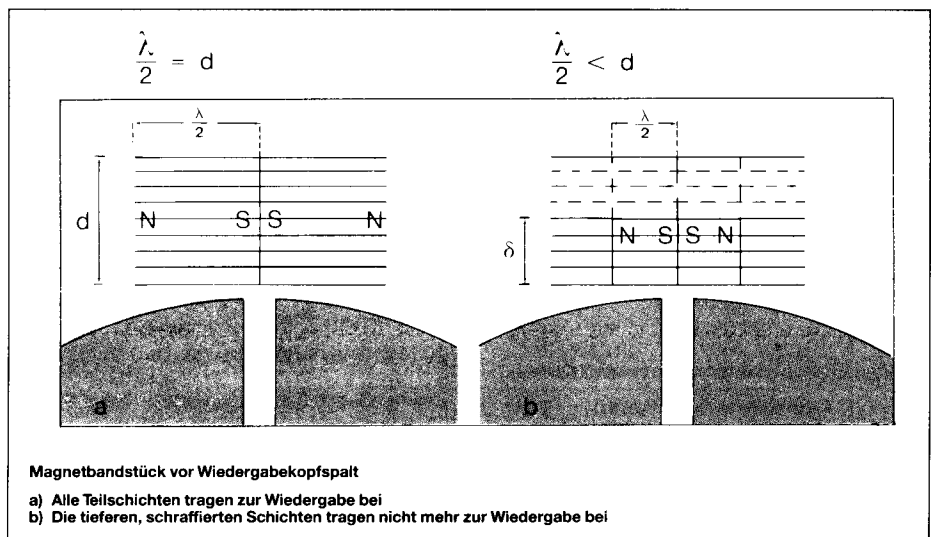


Abb. 3

Genormtes Optimum: Schichtdicke und Entzerrung

Schichtdickendämpfung bedeutet praktisch: Je höher die Frequenz ist, desto dünner wird die für die Wiedergabe wirksame Schicht δ . Die Dicke dieser wirksamen Schicht wird durch folgende Formel berechenbar. Diese ist aus der oben genannten Formel 3 für die Schichtdickendämpfung D_d abgeleitet. Sie ist nur von der tatsächlichen Schichtdicke d und der Bandwellenlänge λ abhängig.
Formel 4:

$$\delta = d \cdot D_d = d \cdot \frac{1 - e^{-2\pi \frac{d}{\lambda}}}{e^{-2\pi \frac{d}{\lambda}}}$$

In Abbildung 4 ist diese Funktion am Beispiel des Studio-Bandes PEM 469 mit einer Schichtdicke von $15 \mu\text{m}$ über dem Hörfrequenzbereich dargestellt.

Aus der Grafik läßt sich für Analog-Bänder eine wichtige Forderung ableiten: Ein Studio-Band für $38,1 \text{ cm/s}$ Bandgeschwindigkeit sollte eine Schichtdicke von etwa $15 \mu\text{m}$ haben, um tiefe Frequenzen mit minimalem Klirrfaktor aufzuzeichnen. Andererseits aber wird keine dickere Schicht benötigt, weil bei tieferen Frequenzen ein nennenswerter Gewinn beim Klirrfaktor nicht mehr erreicht wird.

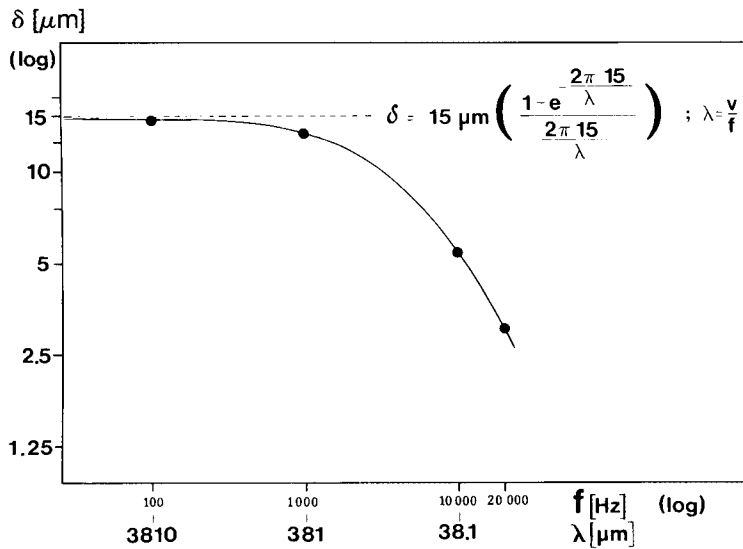
Abbildung 4 zeigt daneben, daß bereits ab einer Frequenz von 100 Hz die wirksame Schichtdicke kleiner als die effektive wird: Bei 20 kHz beträgt die wirksame Schichtdicke nur noch ca. $3 \mu\text{m}$.

Damit nimmt auch der magnetische Fluß im Band ab. Unter der Voraussetzung, daß die Magnetpartikel gleichmäßig in der Schicht verteilt sind, – bei modernen Bändern ist dies durchweg der Fall –, bedeutet die Verringerung der wirksamen Schichtdicke zu höheren Frequenzen hin eine direkt proportionale Verringerung des sogenannten magnetischen Flusses.

Er kann als die Zahl der Feldlinien angesehen werden, die von jedem einzelnen Stabmagneten aus den Wiedergabekopf erreichen und in ihm durch Induktion die Ausgangsspannung erzeugen. Im vorliegenden Fall ist die Ausgangsspannung bei 20 kHz um 14 dB niedriger als bei 1 kHz .

Der Verstärker macht Entzerrung möglich

Dieser Verlust kann nur verstärkerseitig wettgemacht werden – durch Entzerrungsmaßnahmen. Für die Bandgeschwindigkeit



Funktionsverlauf der effektiven Schichtdicke bei PEM 469

Abb. 4

| | max | min | d |
|----------|-----|-----|-----|
| PD, DASH | 7,5 | 2 | 5 |
| DAT | 2,4 | 0,8 | 2,5 |

Bandwellenlängen und Schichtdicken bei den Digital-Systemen PD, DASH und DAT; Schichtdicken d in Mikrometer (μm)

Abb. 5

$38,1 \text{ cm/s}$ ist, damit bespielte Bänder problemlos ausgetauscht werden können, eine Entzerrung mit einer Zeitkonstanten von $35 \mu\text{s}$ international genormt. Die Funktion dieser Entzerrung verläuft etwa invers zu der in Abbildung 4 gezeigten Funktion und weist bei 20 kHz eine Anhebung von etwa 13 dB auf.

Dünne Schichten: Die Digitalbänder

Bei der Digital-Aufzeichnung treten Bandwellenlängen von $2 \mu\text{m}$ auf, und der

Frequenzumfang beträgt ca. eine Oktave. Daher können Digital-Audiobänder mit geringeren Schichtdicken als Analog-Audiobänder hergestellt werden.

Abbildung 5 zeigt die kleinsten und größten Bandwellenlängen bei den drei genannten Systemen mit den entsprechenden Schichtdicken. Ein Digital-Band mit dieser geringen Schichtdicke könnte – wegen des bei tiefen Frequenzen groß werdenden Klirrfaktors und aufgrund des schlechten Störabstandes – für Analog-Anwendung nicht in Frage kommen.

Aber nicht nur in der Schichtdicke unterscheiden sich Digital- und Analog-Bän-

der. Im Zusammenhang mit der Aufzeichnung sehr kurzer Bandwellenlängen ergibt sich eine besondere Forderung an das magnetische Material der Schicht.

Auf kurze Wellen spezialisiert: Hochkoerzitive Pigmente

Kurze Bandwellenlänge heißt auch, daß das Verhältnis von Länge zu Dicke der Stabmagneten Werte von 1 und darunter aufweist. Dabei wird der Effekt der Selbstentmagnetisierung relevant – auch bekannt als „Scherung“ der Hysterisis-Kennlinie des magnetischen Materials.

Abbildung 6 zeigt qualitativ einige typische Hysterisis-Kennlinien, die die Magnetisierung B in Abhängigkeit von der Feldstärke H beschreiben:

Die ungescherte Kennlinie eines normalen Eisenoxids zeigt die Abbildung 6a, wobei die Probe ein großes Längen-/Dickenverhältnis aufweist.

Abbildung 6b enthält die Kennlinie für ein Material mit gleicher Koerzitivkraft H_C . Das Längen-/Dickenverhältnis ist sehr klein, die Kurve daher „geschert“. Man erkennt daraus, daß bei „kurzen“ Magneten zur Erreichung eines bestimmten Magnetisierungszustandes oder einer bestimmten Remanenz B_R ein stärkeres Magnetfeld als bei „langen“ Magneten erforderlich ist.

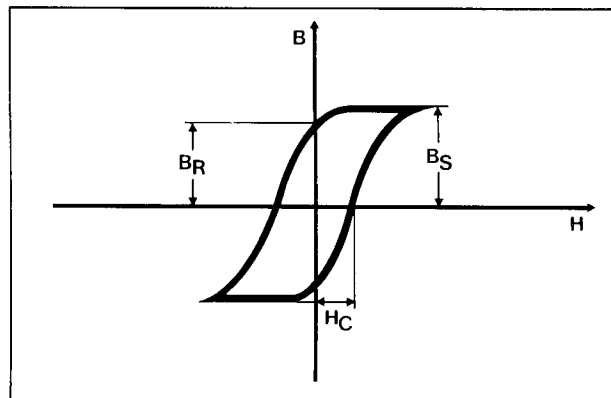
Die Abbildung 6c zeigt qualitativ die Hysterisis-Kurve eines magnetischen Pigmentes mit höherer Koerzitivkraft als in Abbildung 6a.

Da am Aufzeichnungskopf nur Magnetfelder bestimmter Stärke zur Verfügung stehen, kann der Effekt der Scherung gemildert werden: durch magnetische Materialien (Pigmente) mit hoher Koerzitivkraft. Während für Analog-Bänder heute Pigmente mit etwa 380 Oersted sich als technisch optimal erwiesen haben, gelten für die Digital-Bänder höhere Werte: für PD zum Beispiel 650 Oe und für DAT sogar 1 200 Oe.

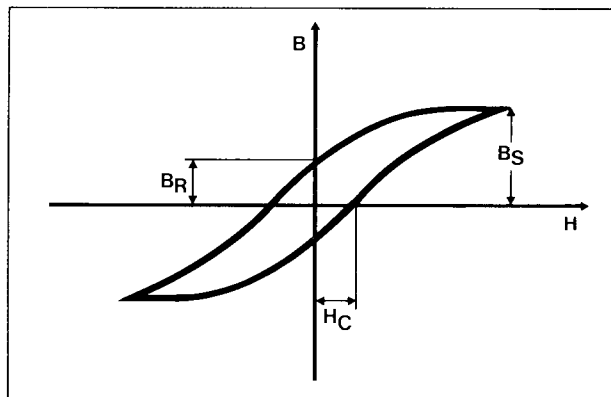
Neue Normen und Standards: Digital kompatibel

Die Kompatibilitätseigenschaften von Analog-Bändern sind charakterisiert durch Arbeitspunkt, Empfindlichkeit und Frequenzgang. Digital-Bänder hingegen werden kompatibel durch normierte Werte von typischem Schreibstrom, mittlerem Wiedergabepegel und Auflösung.

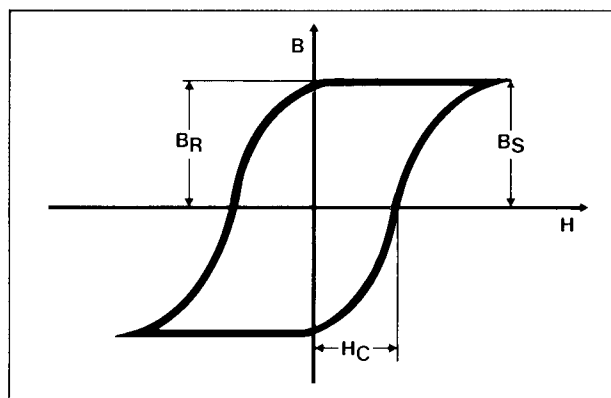
Diese Eigenschaften haben deutliche Entsprechungen, wenn auch in diesem Zusammenhang noch ein großer Unterschied



a) Niederkoerzitives Material



b) Kurve a geschert (B_R kleiner als in a)



c) Hochkoerzitives Material

Hysterese-Schleifen
Magnetisierung B als Funktion des erzeugenden Feldes H

Abb. 6

zwischen Analog- und Digital-Aufzeichnung herausgestellt werden muß: Die Digital-Aufzeichnung erfolgt ohne hochfrequenten Vormagnetisierungsstrom. Das zur Magnetisierung des Bandes erforderliche Feld wird am Aufnahmekopf (Schreibkopf) nur vom Signalstrom (Schreibstrom) erzeugt. Wie der Arbeitspunkt beim Analog-Band ist er unter anderem abhängig von der Koerzitivkraft des Bandmaterials. Daneben wird auch für den Signalstrom ein Optimalwert festgelegt.

Diese Fixierung liegt im Rahmen der Standardisierung des Digital-Bandes. Erarbeitet wurde sie von einer Arbeitsgruppe im Technischen Komitee 60 A der IEC (International Electrotechnical Commission), in der auch Mitarbeiter von AGFA mitwirken.

Zur Messung der Kompatibilitätseigenschaften ist nach IEC-Regeln folgendes Verfahren festgelegt (Abb. 7):

Auf dem Band wird zunächst eine Folge von Impulsen aufgezeichnet, so daß sich 1 000 Flußwechsel/mm Bandlänge ergeben (Testdichte B). Ein Flußwechsel, in der englischen Literatur als „flux change (fc)“ oder „flux transition (ft)“ bezeichnet, entspricht einer halben Bandwellenlänge und damit einer einmaligen Änderung der magnetischen Polarität auf dem Band. Zur Aufnahme der Kurve (Abb. 7) wird der Schreibstrom schrittweise gesteigert.

Die Schreibstromwerte werden auf der Abszisse aufgetragen. Der gleichzeitig gemessene Wiedergabepegel (in Volt, Spitze – Spitze) wird auf der Ordinate aufgetragen; er durchläuft dabei ein Maximum. Wegen der Breite des Maximums ist der zugehörige Schreibstrom nur ungenau zu definieren. Man wählt deshalb den Schreibstrom, bei dem 95 Prozent vom Maximum des Wiedergabepegels erreicht werden – ermittelt an der ansteigenden Flanke der Kurve. Dieser Strom wird typischer Schreibstrom genannt (typical writing current, I_{wtyp}). Er stellt die erste Kompatibilitätseigenschaft dar.

Um aber in der Praxis das Band mit optimalem Ruhegeräuschspannungsabstand und maximaler Auflösung zu betreiben, also möglichst nahe dem Maximum der 1000-Flußwechselkurve (Testdichte B), muß ein höherer Schreibstrom definiert werden. Die Erfahrung hat gezeigt, daß dieser Strom beim 1,25fachen des typischen I_{wtyp} liegt. Er wird Aufnahmestrom I_{rec} genannt.

Bei diesem Strom werden die beiden anderen Eigenschaften gemessen. Dieses Verfahren zeigt Parallelen zur Einstellung des Arbeitspunktes beim Analog-Band mittels der ΔE -Methode.

So ist die zweite Kompatibilitätseigenschaft, der mittlere Wiedergabepegel, definiert als die Ausgangsspannung für Testdichte B (V_{Brec}) beim Schreibstrom I_{rec} . Sie ist

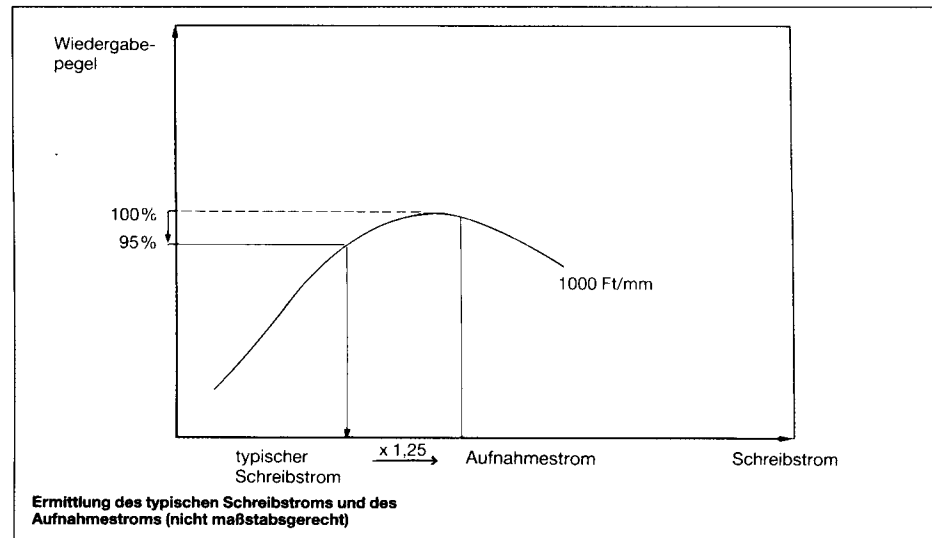


Abb. 7

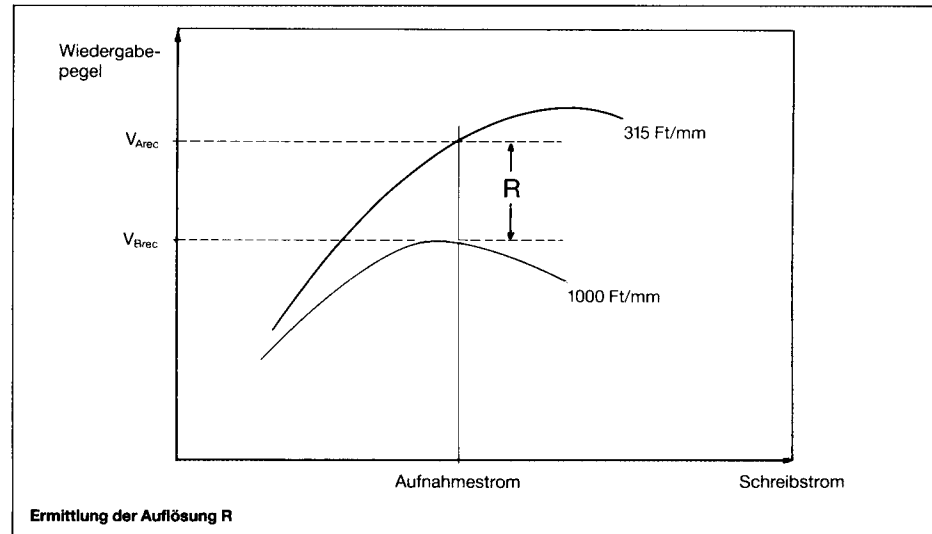


Abb. 8

| | Mittlere Wiedergabespannung bei 1000 Ft/mm [dB] | Auflösung R [dB] |
|--------------------|---|------------------|
| Untersuchte Bänder | - 0,5 bis + 2,5 | - 1 bis + 1 |
| PEM 291 D | + 1 | - 0,5 bis + 0,5 |

Typische Meßwerte für Wiedergabespannung und Auflösung in dB

Abb. 9

im allgemeinen nicht identisch mit dem oben erwähnten Maximum.

Die dritte Kompatibilitätseigenschaft erfordert die Anwendung einer zweiten Testfrequenz, nämlich 315 Flußwechsel/mm (Testdichte A). In Abbildung 8 ist der Verlauf der Wiedergabespannungen für die Testdichte B und A über dem Schreibstrom aufgetragen. Die Kurve für Testdichte A zeigt ebenfalls ein Maximum.

Das Verhältnis der Wiedergabepegel für die Testdichten B und A beim Aufnahme-Strom I_{rec} wird Auflösung R genannt. Formel 5:

$$R = \frac{V_{Brec}}{V_{Arec}}$$

Die Auflösung wird in Prozenten des Pegelverhältnisses ausgedrückt und sollte bei 80 % bis 90 % liegen. Die Entsprechung zwischen Auflösung und Frequenzgang ist offensichtlich.

Wie beim Analog-Band gibt es auch beim Digital-Band das Kompatibilitätsproblem hinsichtlich der Koerzitivkraft des Pigmentes: In Abbildung 7 würden die beiden Kurven für Testdichte A und Testdichte B bei einem niederkoerzitativen Band weiter nach links, zu niedrigeren Schreibströmen hin, verschoben sein.

Demnach haben Bandtypen unterschiedlicher Koerzitivkraft auch unterschiedlichen typischen Schreibstrom und unterschiedliche Auflösungsgrade, so daß Bänder mit niedrigerer Koerzitivkraft nicht oder nur mit hohen Fehlerraten auf Maschinen betrieben werden können, die auf höherkoerzitative Bänder eingemessen sind.

Hieraus wird deutlich, daß zur Erreichung einer optimalen Aufnahme-Wiedergabekompatibilität, wie sie in der Analog-Technik realisiert ist, ein international akzeptiertes Referenz-Band erforderlich ist. Bei festgelegter Koerzitivkraft muß es die Bezugswerte für Schreibstrom, Wiedergabepegel und Auflösung liefern. Bei diesem Band heißt der Schreibstrom Teststrom I_{wtest} . Dieses Band ist vom Ampex-Typ 467 abgeleitet.

Abbildung 9 gibt die Bereiche für mittlere Wiedergabespannungen (bei Testdichte B) und Auflösung wieder, in denen einige von uns untersuchte marktübliche Bänder im Vergleich zum AGFA PEM 291 D liegen. Unser Band erfüllt danach bestens die Kompatibilitätsforderungen.

Oberflächen mit Bedeutung: Die mechanischen Eigenschaften

Bei den mechanischen Eigenschaften wie plastisch/elastischer Dehnung, Zugfestigkeit und thermischer Längenänderung

gibt es keine grundsätzlichen Unterschiede zwischen Analog- und Digital-Bändern. Ganz wesentlich werden diese Merkmale von den für beide Bandtypen gleichartigen Polyester-Folien bestimmt.

Unterschiede jedoch gibt es im Wickelverhalten, einer mechanischen Eigenschaft. In hohem Maße beeinflußt wird das Wickelverhalten von den Rauigkeitsverhältnissen der Magnetschicht und der Bandrückseite. Bereits die „klassischen“ Studio-Bänder mußten mit einer Rückseitenbeschichtung versehen werden. Denn die Anwender wollten im Studio keine Spulen, sondern nur flanschlose Kerne verwenden. Dazu ist Voraussetzung, daß in jeder Betriebsart ein einwandfreier Wickel entsteht.

Dieser wird dadurch erreicht, daß die Oberflächenstruktur der Rückseite relativ rau ist; die beim Wickelprozeß zwischen zwei Bandlagen eingewickelte Luft kann dann besser entweichen. Dadurch wird ein „Schwimmen“ der Bandlagen aufeinander vermieden.

Bei den Digitalbändern fällt neben der hochkalandrierten (glänzenden) Magnetschicht die sehr glatte Rückseite auf. Das Wickelverhalten dieser Bänder ist entsprechend schlechter und erfordert die Anwendung von Flanschspulen sowie ein sorgfältiges Wickeln.

Der Grund für die Wahl einer glatten Rückseite bei den Digitalen liegt im plastisch/elastischen Verhalten der Magnetschicht. Denn im Bandwickel überträgt sich das Profil der Rückseite auf die Magnetschicht.

Beim Analog-Band führen die von rauher Rückseite verursachten Unebenheiten zu Schwankungen des Band-Kopf-Kontaktes, die sich in tolerierbaren Pegelschwankungen von etwa $\pm 0,2$ dB bewegen (bei 10 kHz und 38 cm/s).

Aus den Pegelschwankungen von $\pm 0,2$ dB läßt sich mit Hilfe der Formel 2 eine mittlere Abstandsänderung zwischen Bandoberfläche und Kopf von $\pm 0,15 \mu\text{m}$ errechnen, deutbar als Abweichung von der mittleren Rauigkeit der Magnetschicht.

Überträgt man diese Abstandsänderung von $\pm 0,15 \mu\text{m}$ nach der Formel auf die Verhältnisse beim Digital-Band mit Bandwellenlängen von ca. $2 \mu\text{m}$, ergeben sich Pegelschwankungen von $\pm 3,7$ dB. Fast unvermeidlich treten als Folge hohe Fehlerquoten auf, die nicht mehr tolerierbar sind. Die glatte Bandrückseite ist deshalb für die Digital-Bänder unumgänglich.

Für den Benutzer heißt das: beim schnellen Wickeln können einzelne Lagen oder Pakete von Lagen ausschließen; herausstehende Kanten können leicht beschädigt werden und das Band damit unbrauchbar machen.

AGFA liefert Digital-Bänder deswegen auf Präzisionsspulen, die besonders starke Flansche haben. Schäden an herausstehenden Windungen werden so weitgehend vermieden. Zusätzlich ist zu empfehlen, die Bänder vor längerer Lagerung langsam umzuspulen: Die Luft zwischen den Bandlagen hat dann genügend Zeit zu entweichen.

Verschenkte Kraft: hochkoerzitive Analogbänder

Eine letzte Betrachtung sei noch zu folgender Frage angestellt:

Warum keine hochkoerzitativen Bänder für Analog-Aufzeichnungen? Dafür gibt es mehrere Gründe:

- Hoch- und niederkoerzitative Bänder erfüllen, wenn sie nebeneinander in der Analog-Technik eingesetzt würden, nicht die Forderung der Arbeitspunktcompatibilität, da der Arbeitspunkt mit der Koerzitivkraft erhöht werden muß.
- Die Pigmentteilchen mit den in der Digital-Technik eingesetzten hohen Koerzitivkräften sind kleiner. Im Zusammenhang mit der Größenverteilung solcher Teilchen kann ein solches Pigment schlechtere Kopierdämpfung aufweisen. Bei der Analog-Technik wäre das nicht zu akzeptieren, bei der Digital-Technik stört es nicht.
- Die höhere Koerzitivkraft erfordert einen höheren Arbeitspunkt. Bei den dickeren Schichten der Analog-Bänder gilt dies erst recht. Da der Vormagnetisierungsstrom der wesentliche Stromanteil im Sprechkopf ist, wäre Sättigung des Kopfmateriale die Folge, die ihrerseits zu erhöhtem Klirrfaktor führt.
- Schließlich sind die Bandwellenlängen bei der Analog-Aufzeichnung mit einer Bandgeschwindigkeit von 38 cm/s so groß, daß die höhere Koerzitivkraft überhaupt keinen Vorteil bringt. (Völlig anders allerdings liegen die Verhältnisse bei einer Bandgeschwindigkeit von 4,75 cm/s.)

Analoge und digitale Magnetaufzeichnung – beide Verfahren werden in Zukunft eine große Bedeutung haben. Der Qualitätsfortschritt bei der Digitaltechnik fördert indirekt auch die dauernden Bemühungen um weitere Verbesserungen bei Analog-Bändern. Bei AGFA wird an beiden Bandtypen auch in Zukunft intensiv gearbeitet werden. ◆

Ausführlich sind die theoretischen Zusammenhänge in dem Buch „Technik der Magnetspeicher“, herausgegeben von F. Winckel bei Springer, 1960, behandelt; darin speziell das Kapitel „Die Theorie des Magnetspeichers“ von Dr. F. Krones.