

# GUTER RAT IST BILLIG

# 3

## Grundlagen der Tonbandtechnik



BLAUPUNKT WERKE GMBH · HILDESHEIM

**Guter  
Rat ist  
billig**

Grundlagen  
der Tonbandtechnik

## Inhalt

	Seite
Einleitung	2
Das Tonband-Prinzip	3
Das Tonband	4
Tonköpfe	6
Die Bandwellenlänge	9
Hysteresisschleife und Remanenzkennlinie	10
Aufnahme ohne Vormagnetisierung	15
Vormagnetisierung mit Gleichstrom	16
Vormagnetisierung mit Hochfrequenz	18
Einfluß der HF-Amplitude	20
Der Löschvorgang	21
Wiedergabe	24
Die Selbstentmagnetisierung	25
Einfluß der Spaltbreite	26
Abstand zwischen Hörkopf und Band	27
Unterschiedliche Spaltstellungen	28
Wiedergabe tiefer Frequenzen	29
Linearisierung des Frequenzganges	30

### Einleitung

In diesem Heft werden nur Grundlagen der Tonbandtechnik erklärt. Weitergehende Schaltungsbeschreibungen oder die Beschreibungen mechanischer Geräteteile können den Blaupunkt-Kundendienst-Schriften entnommen werden.

Grundlagenkenntnisse bilden die Voraussetzung für ein erfolgreiches Arbeiten an Tonbandgeräten.

## Das Tonband-Prinzip

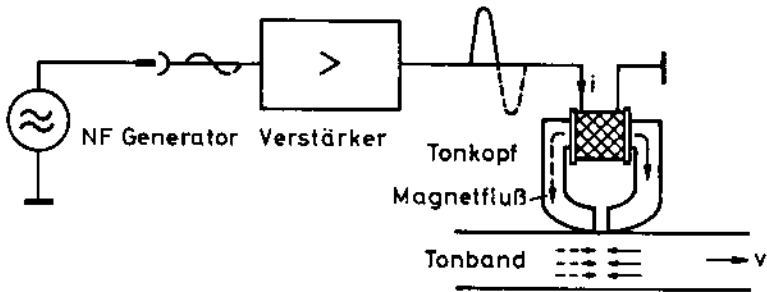


Abb. 1

Der NF-Generator (Mikrofon, Radio, Tongenerator) liefert die NF-Spannung, die verstärkt wird und durch eine Spule des Tonkopfes den Strom  $i$  treibt (Abb. 1). Der Strom in der Spule hat einen Magnetfluß im Eisenkern zur Folge. Am Luftspalt wird das Tonband vorbeigeführt und seine Magnetträger durch den Magnetfluß ausgerichtet. Da das Tonband magnetisch hart ist, bleiben die Magnetträger auch nach Ende des Aufnahmevorganges in dieser Lage. Die vom Generator abgegebene NF ist somit als magnetische Energie auf dem Tonband gespeichert.

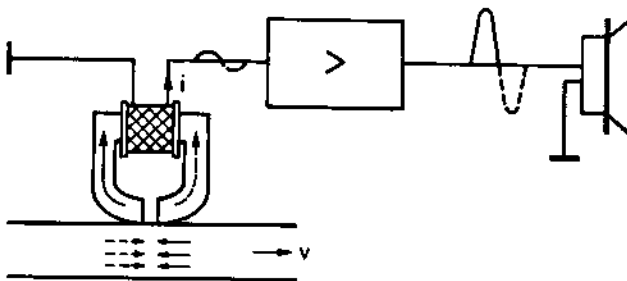


Abb. 2

Bei Wiedergabe läuft der eben geschilderte Vorgang rückwärts ab. Die Magnetträger bauen mit ihrer Energie einen Magnetfluß im magnetisch weichen (d. h. leicht beeinflussbaren) Tonkopf auf, der einen Strom in der Spule bewirkt (Abb. 2). Dieser Strom wird verstärkt und auf einen Lautsprecher gegeben. Damit ist die magnetische Energie in Schall umgewandelt worden.

## **Tonköpfe**

Die Tonköpfe müssen bestimmte Ansprüche für Aufnahme, Wiedergabe und Löschen erfüllen. Obwohl der Aufbau von Sprech-, Hör- und Löschkopf ähnlich ist, ergeben sich doch einige wesentliche Unterschiede.

### **Sprechkopf**

Aufgabe des Sprechkopfes ist es, niederfrequente Ströme in magnetische Energie umzuwandeln und auf das Band zu übertragen. Im wesentlichen besteht der Sprechkopf aus einer Spule und einem lamellierten Eisenkern mit kleinem Luftspalt (Abb. 6). Die Wicklung der Spule ist auf beide Schenkel des Kerns verteilt. Dadurch wird der Einfluß von Fremdfeldern, die ein Brummen verursachen könnten, weitgehend verhindert. Eine Mu-Metall-Abschirmung bewirkt einen zusätzlichen Schutz gegen Störungen.

Die NF-Ströme verursachen in der Spule einen sich wechselnden Magnetfluß im Eisenkern. Durch einen nach außen verjüngten Luftspalt wird der Verlauf des Magnetflusses in die Eisenpartikelschicht des Tonbandes gefördert. Dabei werden die ungeordneten Magnetisierungsrichtungen der Magneteilchen in eine Vorzugsrichtung ausgelenkt. Die Eisenschicht muß im gesamten Frequenzbereich tief vom Magnetfluß durchdrungen werden.

Störungen entstehen durch schlecht anliegende Bänder am Sprechkopf und unterschiedliche Schichtdicken des Bandes. Der magnetische Widerstand wird durch den Luftraum zwischen der Spiegelfläche des Kopfes und dem Band erhöht, so daß das Band weniger magnetisiert wird (Abb. 7). Bringt man im Sprechkopf einen rückwärtigen Luftspalt an, so wird der Gesamtwiderstand des magnetischen Kreises hauptsächlich von diesem gebildet und ist weniger von Störungen am Sprechkopfspalt abhängig. Da der Wirkungsgrad des Sprechkopfes herabgesetzt wird, ist nicht immer ein rückwärtiger Luftspalt eingebaut.

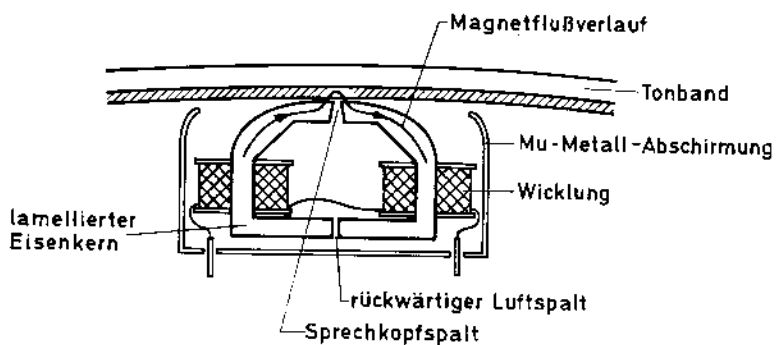


Abb. 6 Aufbau des Sprechkopfes

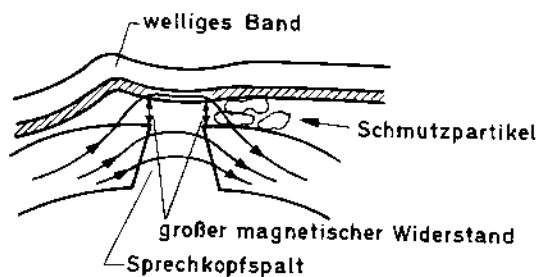


Abb. 7 Ursachen von Aufnahmestörungen

## **Hörkopf**

Mit dem Hörkopf wird die auf das Band aufgesprochene Information wieder abgenommen, indem die vom Tonband austretenden Kraftlinien den Magnetkreis am Luftspalt des Hörkopfes schließen und in der Wicklung eine Spannung erzeugen.

Der Hörkopf hat keinen rückwärtigen Luftspalt und sein vorderer Luftspalt ist kleiner als beim Sprechkopf.

## **Kombikopf**

In Heimtonbandgeräten werden fast ausnahmslos kombinierte Hör- und Sprechköpfe verwendet. Dabei besitzt der Kombikopf mehr die Eigenschaften des Hörkopfes.

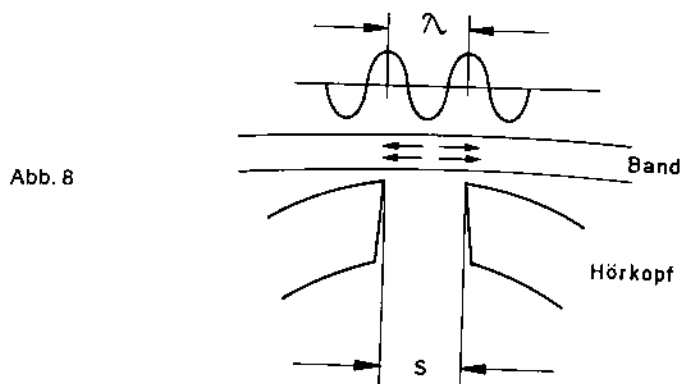
Der Kombikopf wird mit seinen elektrischen Anschlüssen je nach Betriebsart an den Aufnahme- oder Wiedergabeverstärker geschaltet.

## **Löschkopf**

Mit dem Löschkopf werden die geordneten Magnetisierungsrichtungen der Eisenpartikel aufgehoben, so daß die Bandaufzeichnung gelöscht ist. Das Kernmaterial besteht aus Ferrit und ist an seiner Kopfoberfläche sehr verschleißfest. Wicklung und Kern sind mit einer Masse vergossen und nicht weiter abgeschirmt. Der Löschspalt ist breiter als der Sprechkopfspalt.

## Die Bandwellenlänge

Die Wiedergabe hoher Frequenzen ist u. a. abhängig von der Spaltbreite des Hörkopfes und der Bandwellenlänge. Wenn die Bandwellenlänge ( $\lambda$ ) genauso groß ist wie die Spaltbreite ( $s$ ) des Hörkopfes, so heben sich die Magnetisierungsrichtungen auf und es wird keine Spannung in die Wicklung induziert (Abb. 8). Die Forderung muß also sein, daß die Bandwellenlänge größer ist als die Spaltbreite.



Berechnung der Bandwellenlänge:

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

$\lambda$  = Bandwellenlänge [cm]  
 $f$  = Frequenz [Hz  $\triangleq$  1/s]  
 $v$  = Bandgeschwindigkeit [cm/s]

Man erkennt an der Formel, je höher die Frequenzen sind, die vom Band wiedergegeben werden sollen, um so mehr muß die Bandgeschwindigkeit erhöht oder die Spaltbreite des Hörkopfes verringert werden.

Beispiel:  $v = 9,5$  cm/s und  $f = 15$  kHz

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{9,5 \text{ cm/s}}{15 \cdot 10^3 \text{ 1/s}} = 0,63 \cdot 10^{-3} \text{ cm} = 6,3 \mu\text{m}$$

Die Spaltbreite muß für eine Aufzeichnungsfrequenz von 15 kHz kleiner als  $6,3 \mu\text{m}$  sein.

## Hysteresisschleife und Remanenzkennlinie

Grundlage der magnetischen Aufzeichnung bilden Kenntnisse der Hysteresisschleife, da diese die Eigenschaften ferromagnetischer Stoffe kennzeichnet.

Auf der waagerechten Achse (Abb. 9) ist die Feldstärke  $H$  aufgetragen, die dem Tonkopfstrom direkt proportional ist. In Abhängigkeit zur Feldstärke ist senkrecht die magnetische Induktion  $B$  aufgetragen, die den Magnetfluß pro Flächeneinheit angibt. Ausgehend von einem unmagnetischen Band befinden wir uns zunächst im Koordinatennullpunkt (1). Der Strom durch die Tonkopfwicklung und damit die Feldstärke wird erhöht: die magnetische Induktion  $B$  steigt im Band langsam an (2), dann schneller (3) und erreicht schließlich die Sättigungsgrenze (4). Ab diesem Punkt  $+S$  steigt die magnetische Induktion trotz höherer Feldstärke nicht mehr an.

Dieser eben beschriebene Kennlinienverlauf ist irreversibel, d. h. nicht wieder umkehrbar. Im Gegensatz hierzu ist die Kennlinie einer Diode reversibel: innerhalb der Grenzwerte ergibt sich immer der gleiche Zusammenhang von Strom und Spannung. Ein immer gleiches Verhältnis von Feldstärke und magnetischer Induktion ist bei der Hysteresisschleife nicht gegeben. Hier ist der Kennlinienverlauf von der Vorgeschichte des Materials abhängig, ob es unmagnetisch ist oder bis zu einem gewissen Grade magnetisiert wurde.

Den Kennlinienverlauf der Neukurve über die Punkte 1-2-3-4 erhält man nur, wenn das Material vorher unmagnetisch war. Hat man die Sättigung  $+S$  erreicht und verringert die Feldstärke wieder auf null, so verbleibt eine Restmagnetisierung oder Remanenz  $+B_r$  (5). Sie ist beim Tonband erwünscht (dagegen nicht beim Tonkopf) und beinhaltet später die Aufzeichnungsamplitude.

Um die Remanenz  $+B_r$  zu beseitigen, ist eine Feldstärke entgegengesetzter Richtung erforderlich. Die hierfür benötigte Feldstärke wird als Koerzitivkraft bezeichnet ( $-H_c$  im Punkt 6). Sie ist gleichfalls ein Maß dafür, ob ein Material als magnetisch hart (Tonband, Permanentmagnet, Abb. 10 a) oder als magnetisch weich (Tonkopfkern, Transformatorblech, Abb. 10 b) zu betrachten ist.

Erhöht man die negative Feldstärke  $-H$  weiter, so erreicht man ebenfalls eine Sättigungsgrenze  $-S$  (7), bei der sämtliche Eisenpartikel einheitlich im Tonband ausgerichtet sind. Beim Abschalten des Tonkopfstromes wird die Feldstärke zu null und hinterläßt auf dem Band eine negative Remanenz  $-B_r$  (8), die wieder mit einer positiven Koerzitivkraft  $+H_c$  (9) beseitigt werden kann. Man erkennt, daß die Remanenz beseitigt ist, aber die Feldstärken von (1) und (9) differieren. Ursache ist die vorher erwähnte Vorgeschichte des Materials: einmal war es unmagnetisch (1) und beim andermal magnetisch (9). Die Sättigung wird in beiden Fällen bei gleicher Feldstärke erreicht. Damit der Koordinatennullpunkt überhaupt wieder erlangt werden kann, muß im Punkt 10 die Feldstärke abgeschwächt werden: die Kennlinie 10-1 geht in den Nullpunkt. Auf diese Weise kann die Neukurve 1-2-3-4 erneut durchlaufen werden.

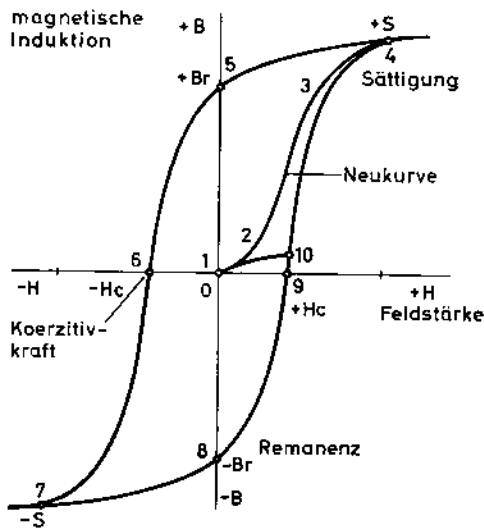


Abb.9 Hysteresisschleife

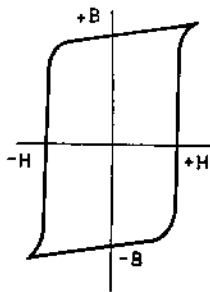


Abb.10a Magnetisch harter Werkstoff

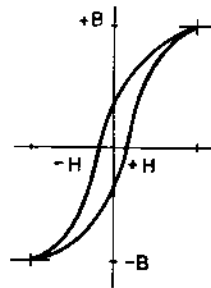
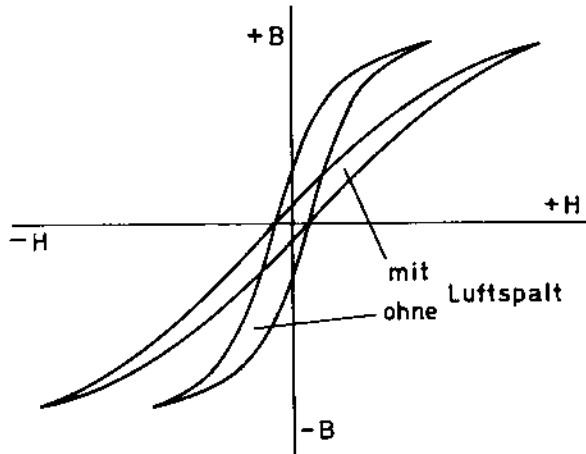


Abb.10 b Magnetisch weicher Werkstoff

Die Sättigungsgrenze verschiebt sich zu höheren Feldstärken, wenn der magnetische Kreis durch einen kleinen Luftspalt unterbrochen wird (Abb. 11). Mit dieser Scherung wird der Verlauf der Hysteresisschleife linearisiert.

Abb. 11  
Scherung der  
Hysteresisschleife



Für die Tonaufzeichnung auf Band ist letztlich interessant, welcher Magnetismus (Remanenz) in Abhängigkeit von der Feldstärke auf dem Band verbleibt. Dieser Zusammenhang ist der Remanenzkennlinie zu entnehmen. Man muß allerdings darauf achten, ob die Remanenzkennlinie aus der Hysteresisschleife oder aus der Neukurve konstruiert wurde. Die richtige Wahl der Kennlinie ergibt sich aus der Kenntnis des Löschvorganges. Wird mit Hochfrequenz gelöscht, so muß die Remanenzkennlinie aus der Neukurve konstruiert sein (Abb. 12). Andernfalls, wenn mit Gleichstrom gelöscht wird, ist die Konstruktion aus der Hysteresisschleife zu wählen (Abb. 13).

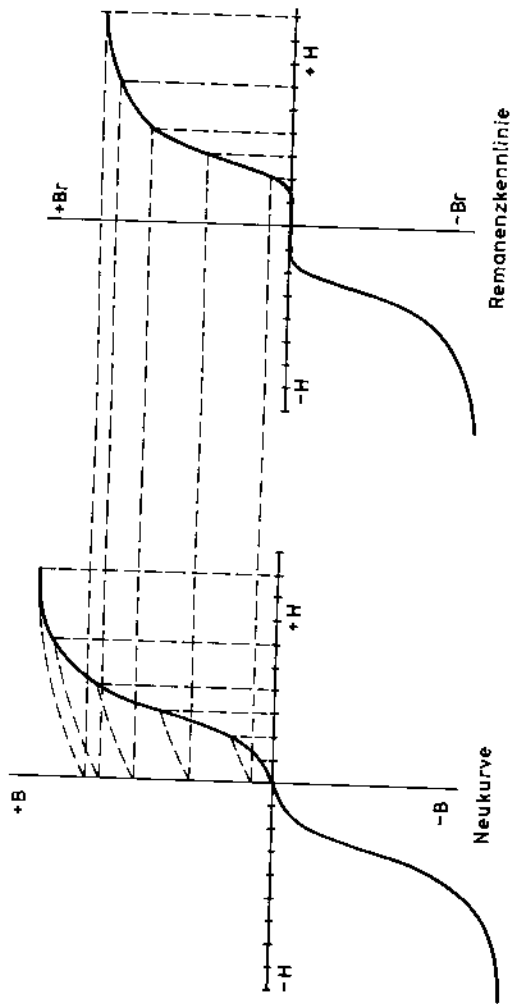


Abb. 12 Remanenzkennlinie, konstruiert aus der Neukurve

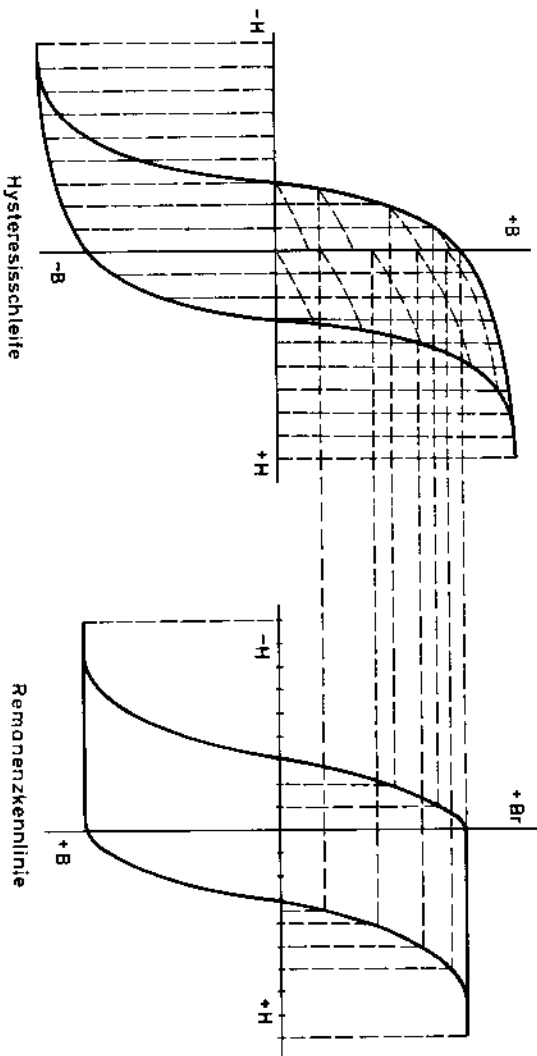


Abb.13 Remanenzkurve, konstruiert aus der Hysteresisschleife

## Aufnahme ohne Vormagnetisierung

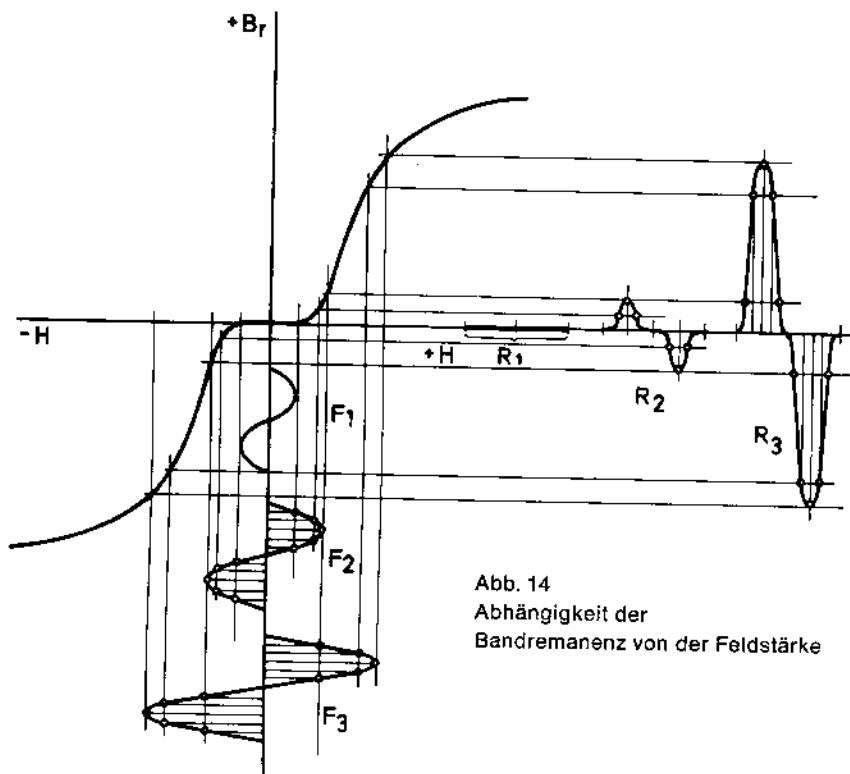


Abb. 14  
Abhängigkeit der  
Bandremanenz von der Feldstärke

Bevor man das Tonband am Sprechkopf vorbeiführt, wird es grundsätzlich immer gelöscht. Danach werden die Eisenpartikel des Bandes von den austretenden Feldlinien am Sprechkopfspalt magnetisiert.

Würde man als Arbeitspunkt für die Bandaufzeichnung den Koordinatennullpunkt wählen, so würde der sinusförmige Feldstärkeverlauf  $F_1$  auf dem Band keine Aufzeichnung verursachen (Abb. 14). Die Remanenz  $R_1$  ist null, da mit diesem Feld die Koerzitivkraft des Bandmaterials noch nicht überschritten wird.

Ein größerer Sprechkopfstrom mit der Feldstärke  $F_2$  überwindet mit seinen Spitzen zwar die Koerzitivkraft, wird aber stark verzerrt mit der Remanenz  $R_2$  aufgenommen. Auch die Feldstärke  $F_3$  läßt in der Umgebung der Nulldurchgänge  $R_3$  Verzerrungen erkennen. Noch größere Feldstärken werden durch die Eisensättigung in ihren Amplituden begrenzt.

Ein Vorteil der zu überwindenden Koerzitivkraft ist, daß Fremdfelder keine Aufnahmestörungen verursachen können (s. Abb. 14:  $F_1$ - $R_1$ ).

## Vormagnetisierung mit Gleichstrom

Ein im Koordinatennullpunkt gewählter Arbeitspunkt führte zu verzerrten Aufnahmen. Man muß also dafür sorgen, daß sich der Arbeitspunkt für die Bandaussteuerung bei einer Feldstärke befindet, die größer als die Koerzitivkraft ist. In den Anfängen der Tonbandtechnik wurde der Arbeitspunkt mit einem Gleichstrom festgelegt. Da das Band ebenfalls mit Gleichstrom gelöscht wurde, betrachten wir die weiteren Vorgänge anhand der nach Abb. 13 konstruierten Remanenzkennlinie (Abb. 15).

Die Feldstärke  $H$  muß mindestens den Punkt (1) oder (4) erreichen, um das Band zu magnetisieren. Ein angenommener Arbeitspunkt in (1) würde nur die positive Halbwelle einer Sinuskurve aufzeichnen können. Kennlinienteil (1)-(6) bewirkt keine negative Remanenz (Drehung der Magnetisierungsrichtung um  $180^\circ$ ), da hierzu eine Umagnetisierungsarbeit notwendig ist. Sie ist durch Feldstärkeumkehr (4) möglich, aber nicht mit der Gleichstrom-Vormagnetisierung realisierbar. Für eine symmetrische Aussteuerung wird deshalb der Arbeitspunkt  $A_1$  oder  $A_2$  gewählt. Sie liegen in der Mitte des geraden Kennlinienteiles (1)-(2) bzw. (4)-(5).

Die Wahl des Arbeitspunktes  $A_1$  oder  $A_2$  hängt davon ab, welche Polarität der Remanenz das gelöschte Band aufweist. Ist die Remanenz negativ (6), so kann diese mit dem Gleichstrom  $I_V$  beseitigt werden und es ergibt sich der Arbeitspunkt  $A_1$ . Andernfalls, bei positiver Remanenz (3), muß der Arbeitspunkt  $A_2$  gewählt werden. Für die Aufzeichnung spielen die Kennlinienteile 2-3-4 und 5-6-1 keine Rolle; mit ihnen wird lediglich angegeben, wie groß die Feldstärke sein muß, um die Remanenz eines vorher gesättigten Eisens zu beseitigen.

Die Sprechkopfwicklung wird vom Gleichstrom  $I_V$  mit überlagertem Signalstrom  $I_{Si}$  durchflossen. Auch wenn nur der Vormagnetisierungsstrom  $I_V$  fließt, ist bei Wiedergabe ein Rauschen zu hören. Als Ursache ist die nicht vollkommen gleichmäßige Magnetisierung des Bandes zu nennen. Es ergeben sich der magnetischen Vorzugsrichtung überlagerte statistische Magnetisierungsschwankungen.

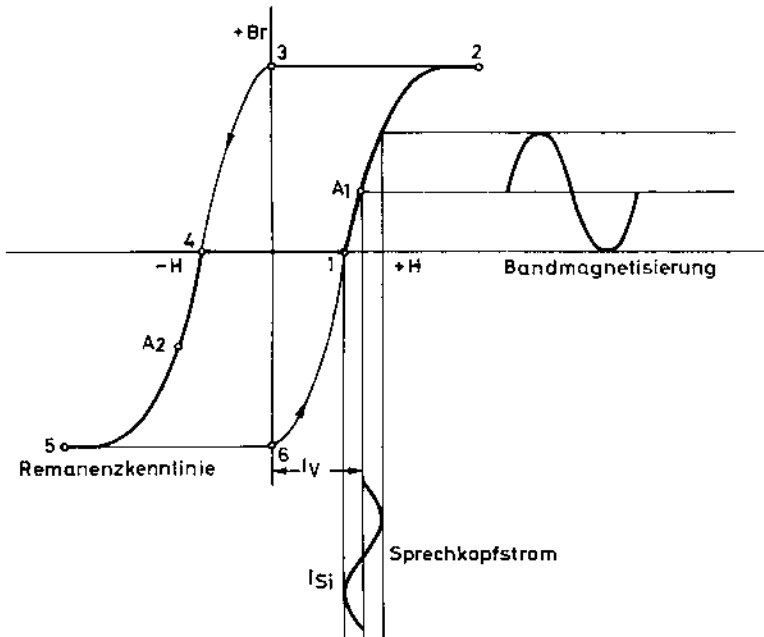


Abb.15 Gleichstromvormagnetisierung

## Vormagnetisierung mit Hochfrequenz

Die Vorteile der Hochfrequenz- gegenüber der Gleichstrom-Vormagnetisierung sind die höhere Aussteuerbarkeit des Bandes durch die Ausnutzung beider Remanenzkennlinienteile und der geringere Rauschpegel. Das Prinzip der Hochfrequenz-Vormagnetisierung liegt in der Arbeitspunktbestimmung durch die Spitzen der Hochfrequenzspannung. Damit keine störenden Differenzfrequenzen aufgezeichnet werden, diese entstehen zwischen der Signal- und der Hochfrequenz, muß man die Hochfrequenz wesentlich größer als die höchste Signalfrequenz wählen (ca. 60 kHz).

Unter der Voraussetzung, daß das Band mit Hochfrequenz gelöscht wurde und völlig unmagnetisch ist, gilt die Konstruktion der Remanenzkennlinie nach Abb. 12.

Damit im stark gekrümmten Anfangsteil der Remanenzkennlinie keine verzerrte Bandaufzeichnung stattfindet, wählt man die Amplitude des Vormagnetisierungsstromes  $I_v$  größer als die Feldstärken  $+H_1$  und  $-H_1$  (Abb. 16). Obwohl die Feldstärken  $+H_2$  und  $-H_2$  nach dem Kennlinienverlauf eine geringe Remanenz auf dem Band hinterlassen müßten, entsteht durch die Selbstentmagnetisierung (siehe bei Wiedergabe hoher Frequenzen) keine Aufzeichnung.

Das NF-Signal  $I_{Si}$  wird so aufgezeichnet, daß zunächst der Signal- und der Vormagnetisierungsstrom überlagert werden: Die Wechselstromnulllinie der Hochfrequenz schwankt im Rhythmus des NF-Stromes ( $I_v + I_{Si}$ ). Im Abschnitt  $F_a$  hinterlassen die Amplitudenspitzen der HF positive Bandremanenzen. Eine Selbstentmagnetisierung kann wegen der fehlenden negativen Aussteuerung nicht erfolgen. Die über die Bandlänge  $l$  aufgezeichnete Remanenz entspricht der positiven ( $F_a/R_a$ ) und der negativen ( $F_b/R_b$ ) Halbwelle des NF-Signals.

Bei der exakten Konstruktion der Bandremanenz ergeben sich um den Nulldurchgang (5) der Sinuskurve die Teilstücke 1-2 und 3-4. Durch Addition der positiven und negativen Remanenzanteile verläuft die Kennlinie in dem Bereich 3-2 verzerrungsfrei (ähnlich wie bei einer NF-Gegentaktendstufe).

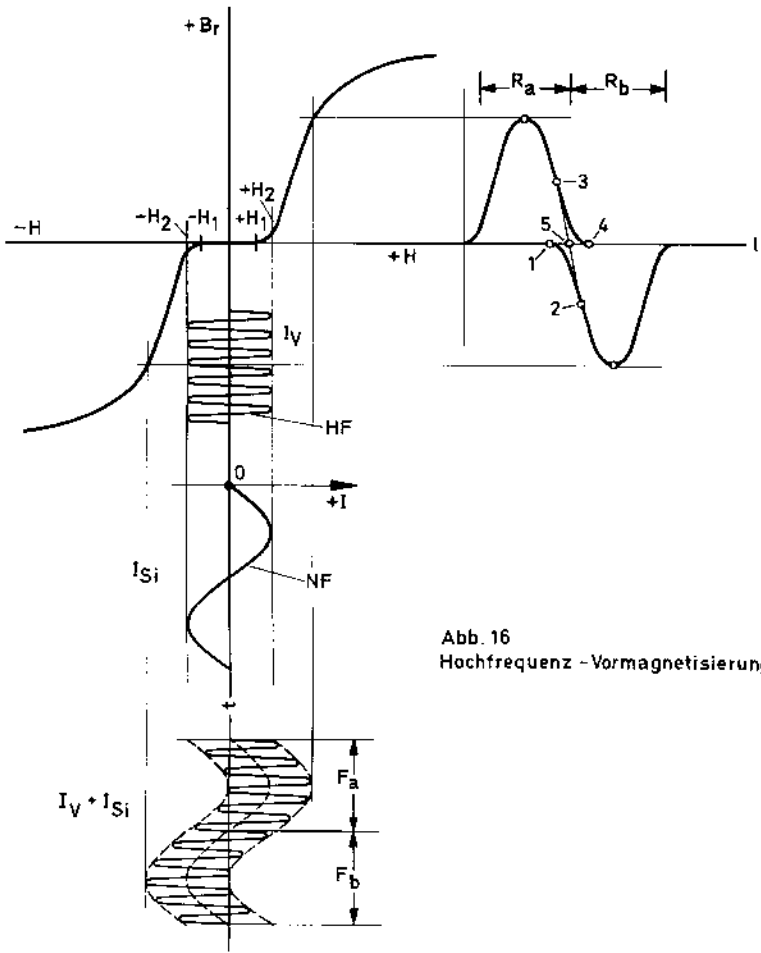


Abb. 16  
Hochfrequenz - Vormagnetisierung

## Einfluß der HF-Amplitude auf Klirrfaktor und Frequenzgang

Eine genaue Einstellung des Vormagnetisierungsstromes ist nicht nur für einen geringen Klirrfaktor erforderlich, sondern er beeinflusst auch den Frequenzgang. Der Klirrfaktor ist besonders groß, wenn die Aussteuerung des Bandes im gekrümmten Kennlinienanfang mit geringer NF-Amplitude oder im Sättigungsgebiet stattfindet. Um diese Zusammenhänge zu erkennen, betrachten wir Abb. 17.

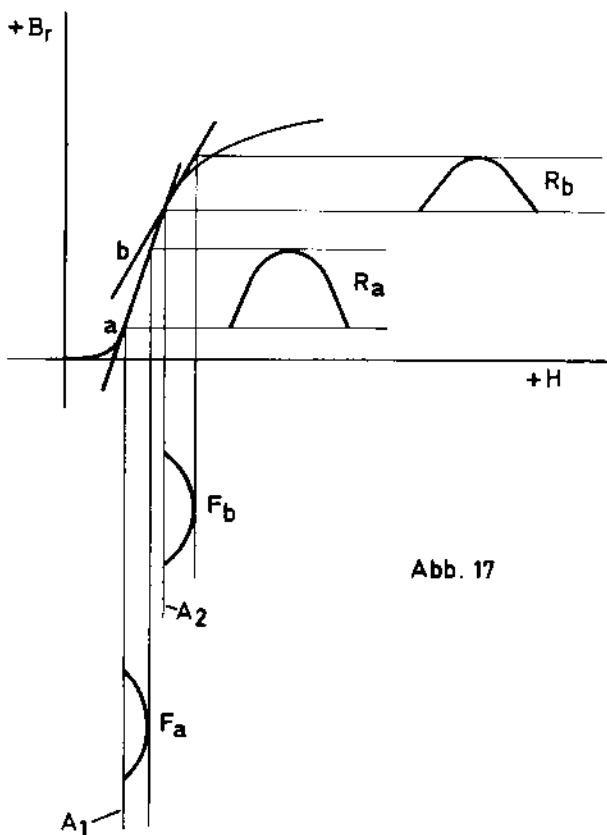


Abb. 17

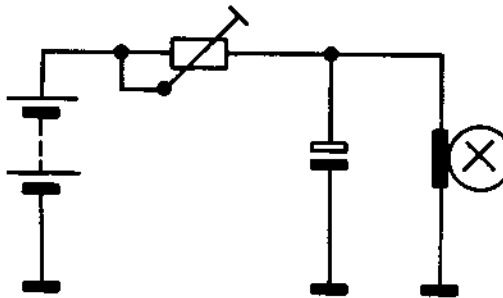
Der richtig mit der HF-Amplitude eingestellte Arbeitspunkt ist  $A_1$ . Die überlagerte NF, dargestellt als positive Sinushalbwelle  $F_a$ , erzeugt auf dem Band die Remanenz  $R_a$ . Ein Arbeitspunkt  $A_2$ , der mit einer höheren HF-Amplitude eingestellt und mit der Sinushalbwelle  $F_b = F_a$  überlagert wurde, erzeugt eine gegenüber  $R_a$  geringere Remanenz  $R_b$ . Die Ursache der geringeren Remanenz  $R_b$  liegt in der Projektion der Feldstärke an der gegenüber dem Kennlinienanfang flacher verlaufenden Kennlinie 'b'.

## Der Löschkvorgang

### Löschen mit Gleichstrom

Die Wicklung des Löschkopfes wird von einem Gleichstrom (Abb. 18) durchflossen, so daß am Löschkopfspalt ein Gleichfeld vorhanden ist. Dieses Gleichfeld führt zu einer einheitlichen Magnetisierungsausrichtung der auf dem Tonband befindlichen Eisenpartikel, womit das Band gelöscht ist. In der Wicklung des Wiedergabekopfes können nur noch Rauschspannungen und ungenügend gedämpfte Aufnahmen induziert werden.

Abb. 18



### Löschen mit Permanentmagnet

Bei den einfachsten Tonbandgeräten wird zum Löschen des Bandes ein Permanentmagnet angedrückt. Das Gleichfeld des Permanentmagneten bewirkt ebenfalls eine einheitliche Polarisierung der Eisenpartikel.

## Löschen mit Hochfrequenz-Strom

Im vorhergehenden Kapitel wurde erläutert, welche Vorteile mit der Hochfrequenz-Vormagnetisierung zu erzielen sind. Voraussetzung zur Realisierung dieser Vorteile ist ein gut gelöschtes und völlig entmagnetisiertes Band. Derartige Forderungen sind mit dem Hochfrequenz-Löschverfahren erfüllbar.

Der Löschstrom ist in seiner Amplitude größer als der Vormagnetisierungsstrom, entspricht aber der gleichen Frequenz, da beide Ströme demselben Generator entnommen werden. Die hohe Löschfrequenz muß gewählt werden, damit die Eisenpartikel beim Passieren des Löschkopfspaltes mehrfach ummagnetisiert werden. Der Spalt ist größer als beim Sprechkopf, um eine tiefe Ummagnetisierung der Bandschicht zu erreichen.

Durch die Formgebung des Löschkopfes (Spalt, Radius der Kopffläche) wird das Band zunächst einem langsam ansteigenden, ein die Sättigung erreichendes und dann einem stetig abfallenden Wechselfeld ausgesetzt (Abb. 19).

Eisenpartikel, die sich zur Zeit  $t_1$  vor dem Löschkopfspalt  $I_1$  befinden (Abb. 20), werden hier von einem starken Wechselfeld ummagnetisiert. Für diesen Ort gilt die Hysteresisschleife 1 (Abb. 21). Das Band wird derart in die Sättigung  $S_1$  gesteuert, daß auch übersteuerte Bänder gelöscht werden können. Die die Information beinhaltenden Magnetisierungsrichtungen der Eisenpartikel sind damit aufgehoben; der Vorgang der Hochfrequenz-Löschung aber noch nicht beendet. Denn nun kommt es darauf an, die Bandremanenz  $Br_1$  auf den Wert null zu verringern. Zu einem späteren Zeitpunkt  $t_2$  (abhängig von der Bandgeschwindigkeit  $v$ ) sind die gleichen Eisenpartikel um die Länge  $l_2$  vom Löschkopfspalt versetzt. An dieser Stelle wirkt, bedingt durch das vorhandene magnetische Streufeld, eine geringere Feldstärke 2 als bei 1. Die Folge ist, daß nicht mehr die Hysteresisschleife 1 sondern die kleinere Hysteresisschleife 2 durchlaufen wird. Man erkennt schon, daß sich die Bandremanenz von  $Br_1$  auf  $Br_2$  verringert hat. Zur Zeit  $t_4$  und am Ort  $I_4$  ist die Bandremanenz auf  $Br_4$  abgesunken. Bei noch weiterer Entfernung des Bandes verlaufen immer weniger Feldlinien durch das Band, bis schließlich der Koordinatennullpunkt der Hysteresisschleife erreicht und keine Remanenz auf dem Band vorhanden ist.

Die Änderungen von einer Hysteresisschleife auf die andere geht ebenso wie die Ortsveränderung der Eisenpartikel kontinuierlich vor sich, d. h. man muß sich eine Schar von Hysteresisschleifen vorstellen.

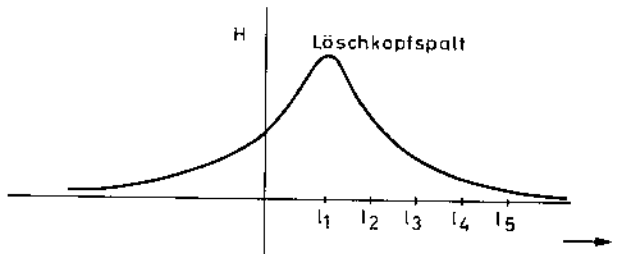


Abb.19 Feldstärkeverlauf am Löschkopf

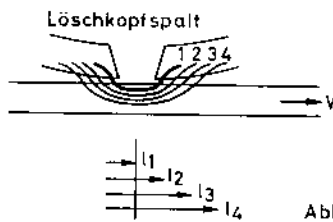


Abb.20

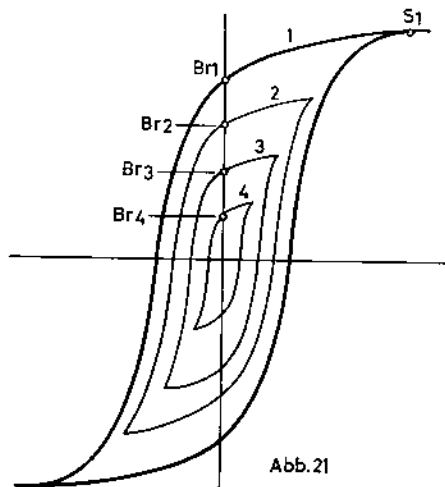


Abb.21

## Wiedergabe

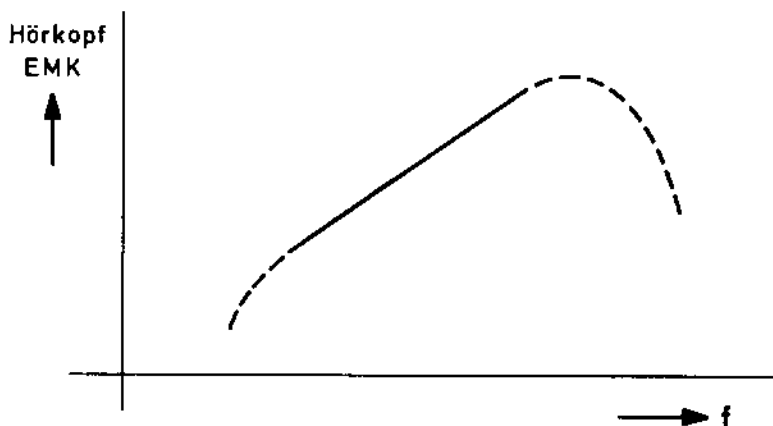


Abb. 22

Wird ein bespieltes Band am Hörkopf vorbeigeführt, so induzieren die vom Band ausgehenden Kraftlinien in der Hörkopfwicklung eine Spannung. Ist die Bandremanenz von den tiefen bis zu den hohen Frequenzen konstant, so ist z. B. die Hörkopfspannung bei 800 Hz doppelt so groß wie die bei 400 Hz. Der Spannungsanstieg ist zurückzuführen auf eine konstante Flußänderung in kürzeren Zeitabständen ( $E \sim \Delta \Phi / \Delta t$ ). Diesen von der Frequenz abhängigen, proportionalen Spannungsverlauf bezeichnet man als Omega-Gang (Abb. 22,  $\omega = 2\pi f$ ). Der proportionale Spannungsverlauf gilt wegen der nachfolgend beschriebenen Einflüsse nur im mittleren Frequenzbereich.

# Die Selbstentmagnetisierung

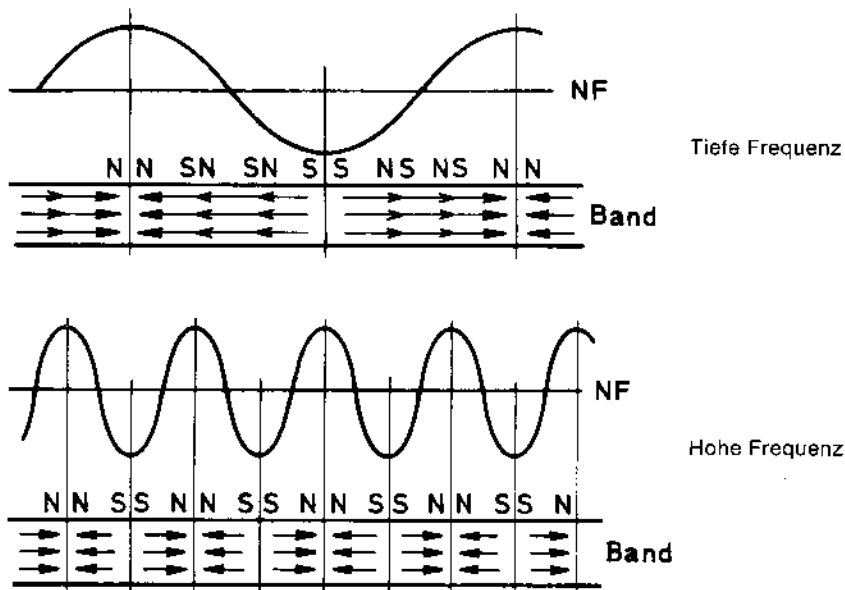


Abb. 23

Bei höheren Frequenzen folgen die Ummagnetisierungen der Eisenpartikel in kürzeren Abständen (Abb. 23). Die linken und rechten Magnetisierungsrichtungen beeinflussen sich derart, daß sie ihre Magnetisierung abzuschwächen versuchen (gleichnamige Pole stoßen sich ab). Je dichter die Magnetisierungswechsel aufeinander folgen und je höher die Aufzeichnungsamplitude ist, desto größer wird die dabei eintretende Abschwächung der Bandremanenz.

## Einfluß der Spaltbreite

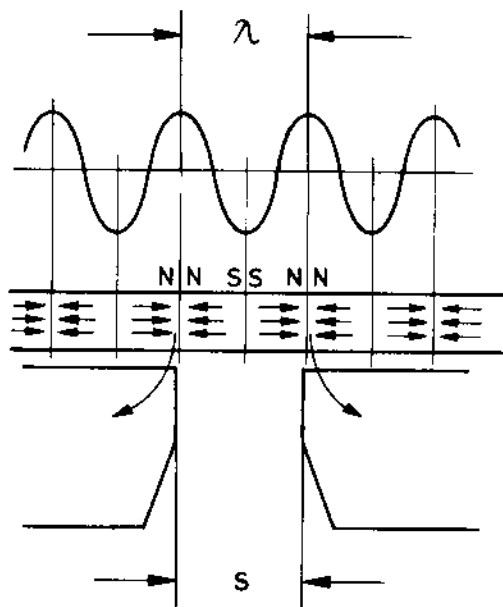


Abb. 24

Die Spaltbreite des Hörkopfes hat auf die Wiedergabe hoher Frequenzen einen dämpfenden Einfluß, wenn die Bandwellenlänge  $\lambda$  in die Größenordnung der Spaltbreite  $s$  kommt. Ist die Bandwellenlänge gleich der Spaltbreite (Abb. 24), so wird in der Hörkopfwicklung keine Spannung induziert. Der Magnetfluß im Hörkopfkern ist durch den gegensinnigen Feldverlauf null. Für die höchste wiederzugebende Frequenz muß deshalb die Spaltbreite geringer sein als die durch die Bandgeschwindigkeit festgelegte Bandwellenlänge.

## Abstand zwischen Hörkopf und Band

Für die bestmögliche Wiedergabe muß das Band in voller Breite am Kopf anliegen.

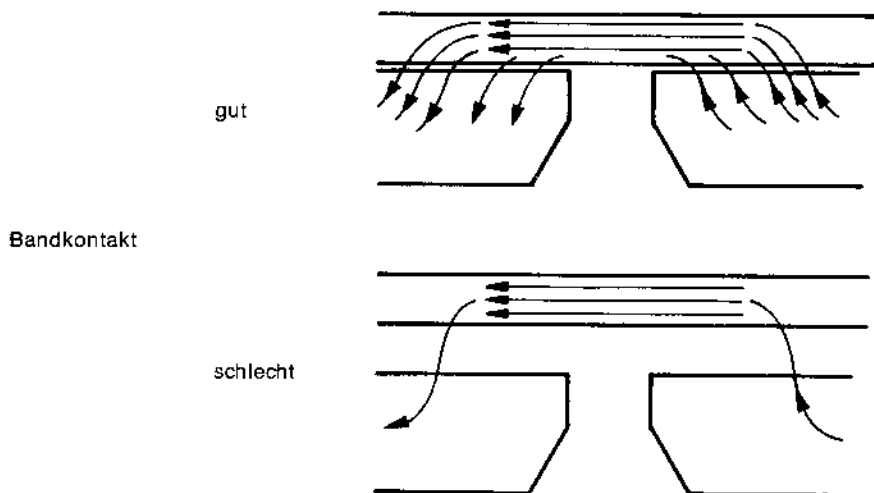


Abb. 25

Wenn ausgereckte Bänder verwendet werden, die durch ihre Welligkeit an den Bandrändern die Kopfspiegeelfläche kaum berühren, der Hörkopf verschmutzt oder der Bandandruck zu gering ist, werden vornehmlich die hohen Frequenzen gedämpft. Der Luftraum zwischen Band und Hörkopf stellt einen hohen magnetischen Widerstand dar, so daß der Magnetfluß durch den Kern geschwächt wird (Abb. 25).

## Unterschiedliche Spaltstellungen von Sprech- und Hörkopf

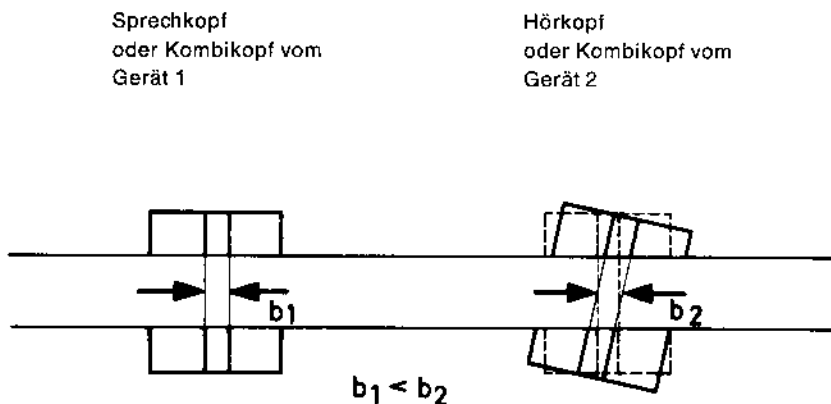


Abb. 26

Ist das Gerät mit einem Kombikopf ausgestattet und werden die Bänder immer mit dem gleichen Gerät abgespielt, so wird man keine Qualitätsminderung feststellen. Erst dann, wenn ein getrennter Hör- und Sprechkopf vorhanden ist oder Bänder ausgetauscht werden, kann man eine schlechte Wiedergabe der hohen Frequenzen bei unterschiedlichen Spaltstellungen beobachten.

Wird die Wiedergabe mit einer anderen Spaltstellung als mit der Spaltstellung bei Aufnahme vorgenommen, so entspricht dieses der Wirkung eines verbreiterten Hörkopfspaltes (Abb. 26).

## Wiedergabe tiefer Frequenzen

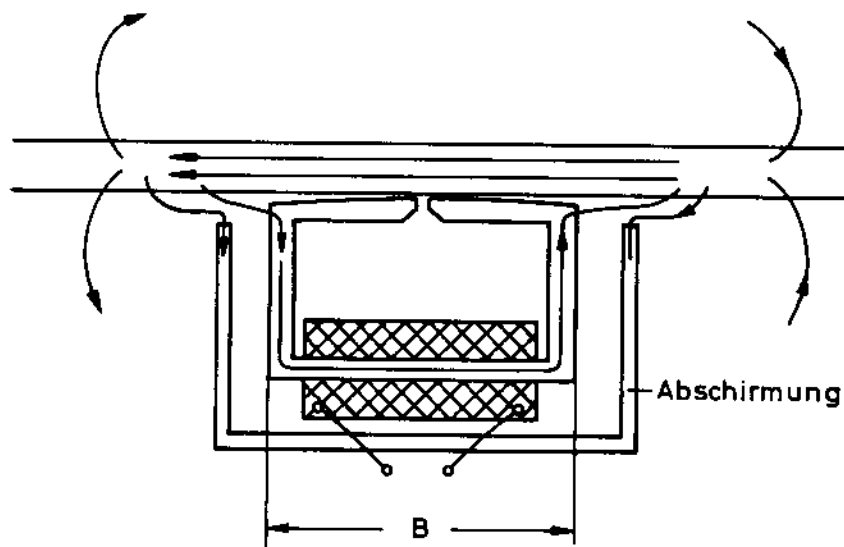


Abb. 27

Die Geometrie des Hörkopfes hat nicht nur Einfluß auf die Wiedergabe hoher Frequenzen, sondern macht sich auch bei der Wiedergabe tiefer Frequenzen bemerkbar. Bei Wellenlängen  $\lambda$ , die größer als die Kopfbreite  $B$  (Abb. 27) sind, laufen die Feldlinien außen um den Kopf herum oder nehmen ihren Weg über die Abschirmung. In beiden Fällen wird der Magnetfluß durch den Kern geschwächt.

## Linearisierung des Frequenzganges

Die starke Dämpfung der hohen Frequenzen und der Amplitudenabfall bei den Tiefen wird aufnahme- und wiedergabeseitig kompensiert, so daß der Gesamtfrequenzgang linearisiert wird.

Eine Entzerrung des Frequenzganges kann nicht einseitig im Aufnahme- oder Wiedergabekanal erfolgen. Zunächst würde eine Entzerrung nur bei Aufnahme dazu führen, daß bei der erforderlichen Höhenanhebung das Band leicht übersteuert werden kann. Andernfalls, bei der einseitigen Entzerrung im Wiedergabekanal, wird das unvermeidliche Bandrauschen zu sehr mitverstärkt. Die genormte Entzerrung des Frequenzganges wird deshalb auf der Aufnahme- und auf der Wiedergabeseite vorgenommen.

**Entzerrung bei der Aufnahme:** Die tiefen und im wesentlichen die hohen Frequenzen werden gegenüber dem mittleren Frequenzbereich angehoben (Abb. 28). Der Grad der Amplitudenanhebung ist von der Bandgeschwindigkeit (Bandwellenlänge) abhängig und nimmt bei höheren Bandgeschwindigkeiten ab.

Man könnte vermuten, daß durch die starke Anhebung der hohen Frequenzen das Band übersteuert wird. Dieses ist nicht der Fall, da die Amplituden üblicher Schallereignisse (Musik und Sprache) im oberen Frequenzbereich abfallen (Abb. 29, Amplitudenschwaches Oberwellenspektrum). Hebt man die hohen Frequenzen um den Betrag der Absenkung nach der Amplitudenstatistik an, so kann das Tonband nicht übersteuert werden.

**Entzerrung bei der Wiedergabe:** Auf der Wiedergabeseite wird der Verstärker so geschaltet, daß zunächst einmal der frequenzproportionale Spannungsanstieg ( $\Omega$ -Gang) ausgeglichen wird (Abb. 30, mittlerer Frequenzbereich). Zusätzlich wird der obere Frequenzbereich, in kleinerem Maße als bei der Aufnahme, angehoben, so daß sich ein linearer Frequenzgang von den Tiefen bis zu den Höhen ergibt.

Abb. 28

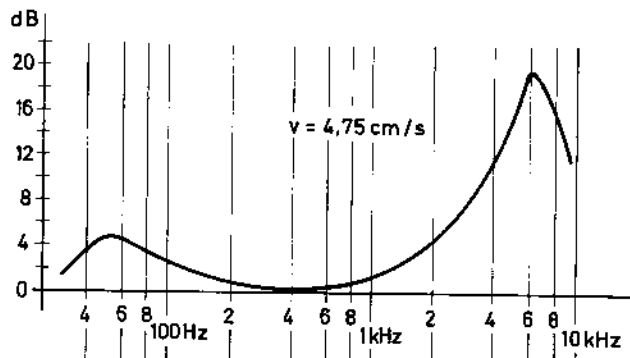


Abb. 29

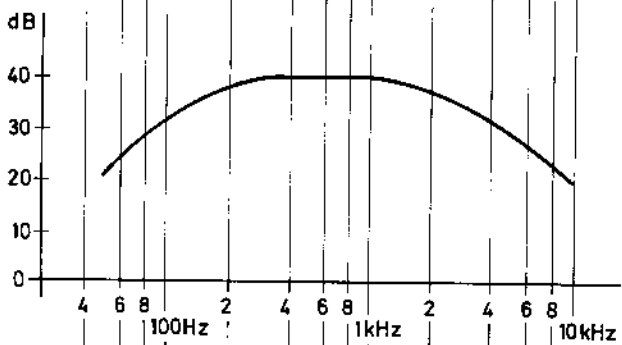
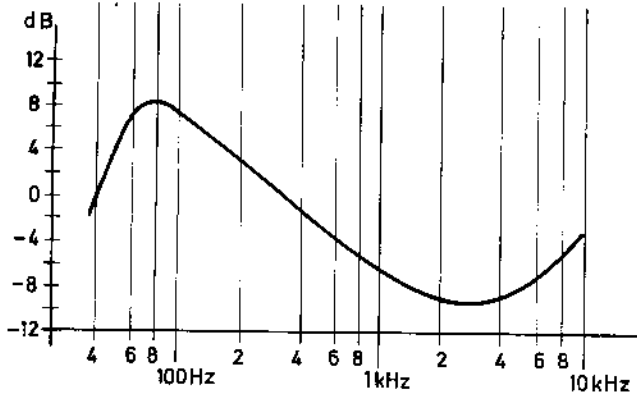


Abb. 30



Herausgeber: **Blaupunkt-Werke GmbH, Hildesheim**  
Mitglied der Bosch-Gruppe - Printed in Germany by G & I, Braunschweig  
KDB 371.06.022.01 (2.72) (Da)  
Nachdruck – auch auszugsweise – nicht gestattet.