

*Etwas über*

# *Tonköpfe* *und* *Tonbänder*

*für die analoge magnetische Schallaufzeichnung*

zusammengestellt aus verschiedenen Quellen  
von Frank Brattig

## Vorwort

Tonband und Tonkopf bilden eine technische und funktionale Einheit. Da diese Schrift für Tonbandamateure gedacht ist, halte ich es für notwendig, beide Bauteile zusammen zu besprechen. Ebenso werden Begriffe aus dem Bereich des Magnetismus gestreift, soweit mir dies zum Verständnis notwendig erscheint und keine großen Fachkenntnisse voraussetzt. Toningenieure und Elektrotechniker werden meine Erklärungen nicht brauchen. Notgedrungen ist dieser Überblick also nicht vollständig.

Natürlich ist es nicht unbedingt notwendig, in die Technik einer Bandmaschine einzutauchen, aber oft hilft die Kenntnis von funktionalen Abläufen Fehler zu erkennen oder zu vermeiden. Und nicht zuletzt schadet es sicher nicht, mehr zu wissen, als die Bedienungsanweisung des Gerätes dem technisch interessierten Benutzer anbietet.

Allen interessierten Freunden der Tonbandgeräte wünsche ich viel Spaß beim Lesen und hoffe, dass meine Ausführungen verständlich sind und zum Verständnis der Technik beitragen.

Ich möchte mich bei Herrn Friedrich Engel bedanken, der mich auf verschiedene Fehler aufmerksam machte und liebenswürdigerweise zu ihrer Behebung beitrug.

*Frank Brattig*

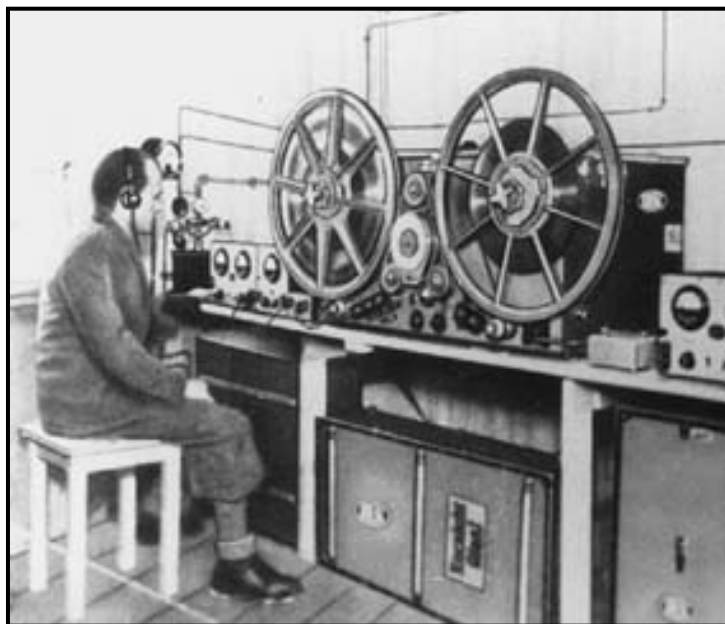
## Die magnetische Schallaufzeichnung

### Ein historischer Anfall

Nachdem schon im 18. Jahrhundert theoretische Überlegungen zur magnetischen Schallaufzeichnung angestellt wurden, gelang es dem dänischen Physiker Valdemar Poulsen als Erstem eine funktionierende Apparatur vorzustellen. Nach Experimenten mit stählernen Bändern und Platten stellte er auf der Weltausstellung in Paris im Jahre 1900 sein Gerät unter dem Namen „Telegraphon“ der Öffentlichkeit vor. Mangels geeigneter Verstärker konnte sich der Tondraht zunächst nicht durchsetzen. Erst in der Zeit um 1930 kamen, besonders in den USA bei der aufblühenden Schallplattenindustrie Drahtmagnetongeräte zum Einsatz. Das war eine praktische Alternative zur Aufnahme auf den bis dahin allein verwendeten Wachsplatten. Der Begriff "Mitschnitt" erinnert bis heute noch an das Verfahren, bei dem die Musik unmittelbar in die Wachsplatte "geschnitten" wurde. Bis in die fünfziger Jahre stand das Drahttonverfahren zumindest im Heimbereich in Konkurrenz zum Magnetband.

Eine kleine Anekdote am Rande: ein Tondraht, auf dem das berühmte Carnegie Hall Konzert von Benny Goodman aufgezeichnet wurde, soll Missis Goodman als Wäscheleine gedient haben. Na ja, vielleicht für Nylons, denn der Tondraht war nur knapp 0,08 mm stark. Mit dem Wahrheitsgehalt ist das bei Anekdoten immer so eine Sache...

Mit Einführung der Verstärkertechnik wurde auch weiter entwickelt und Versuche mit Tonbändern gemacht. Dies wurde durch eine Erfindung von Fritz Pfelemer ermöglicht, der ein Verfahren entwickelte, zunächst Papier mit magnetisierbaren Stoffen zu beschichten. 1928 meldete Pfelemer sein „Tonband“ unter dem Namen „Lautschriftträger“ zum Patent an.



*Lorenz Tonbandgerät mit Stahlbändern (ca. 1935)*

Dieses Patent verkaufte Pfleumer an die AEG, welche die Entwicklung der Magnetbandtechnik weiter vorantrieb. Das erste Gerät, das AEG Magnetophon K 1 wurde gebaut und auf der Funkausstellung 1935 der Öffentlichkeit vorgestellt. Zwar war die Tonqualität immer noch nicht besser als die der Schellackplatte oder des Drahtes, aber schon das geringere Gewicht der Tonbandgeräte gegenüber den Drahttongeräten war ein gewaltiger Vorteil. Die Bänder waren mittlerweile nicht mehr aus Papier, sondern aus Acetylcellulose bzw. Celluloseazetat, ähnlich wie es auch für Filme verwendet wurde. Diese Bänder wurden von der IG Farben, entwickelt und hergestellt. Später wurde die BASF, damals in der IG Farben, als Hersteller hochwertiger Bänder weltbekannt.



*Das AEG Magnetophon K2 (1936)*

Einen gewaltigen Sprung nach vorn brachte die Hochfrequenz – Vormagnetisierung, die von den Technikern Braunmühl und Weber entdeckt wurde. Die beiden Vorgenannten waren Physiker bei der Reichs- Rundfunkgesellschaft (RRG). Die Bandgeschwindigkeit betrug damals noch 77 cm/s bei technischen Daten, die heute von billigen Kassettenrecordern übertroffen wurden. Aber damals stellten die Geräte mit Vormagnetisierung alles bisher da gewesene in den Schatten.

Im Prinzip hat sich seitdem nichts mehr an der Technik des analogen Tonbandgerätes geändert, wenn auch die Weiterentwicklungen der Bandgeräte und Bänder die Tonqualität immer besser werden ließen.



Ihren Höhepunkt hatten Tonbandgeräte in der Mitte bis zum Ende der siebziger Jahre. Danach setzten sich, zuerst in professionellen, dann auch im Amateurbereich digitale Verfahren durch. Heute hält nur noch ein kleiner Kreis überzeugter Enthusiasten und High – End Freaks dem Spulenband die Treue, die beim Anblick der sich majestätisch drehenden Spulen ein fast sinnliches Vergnügen empfinden und den warmen analogen Klang dem analytisch – klaren Digital sound vorziehen. Und man hört neuerdings wieder, das die Analogtechnik einer Renaissance entgegentblickt.

## Die Magnetbänder

### Aufbau, magnetisierbare Schichten

Grundsätzlich gibt es zwei Arten, wie ein Magnetband aufgebaut sein kann.

- 1) Das Schichtband ist das mittlerweile einzige verwendete Material zur Verwendung auf Magnetbandgeräten. Es besteht aus einem Träger, auf den die Magnetschicht aufgebracht wird. Es gab Bänder, die zwei magnetisierbare Schichten übereinander hatten, z. B. Eisenoxid und Chromdioxid, sog. Ferrochrom - Bänder.
- 2) Das Masseband enthält die magnetisierbaren Partikel bereits in der Trägerfolie, vergleichbar z. B mit den Pigmenten in Farben und Lacken. Die Massebänder werden nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

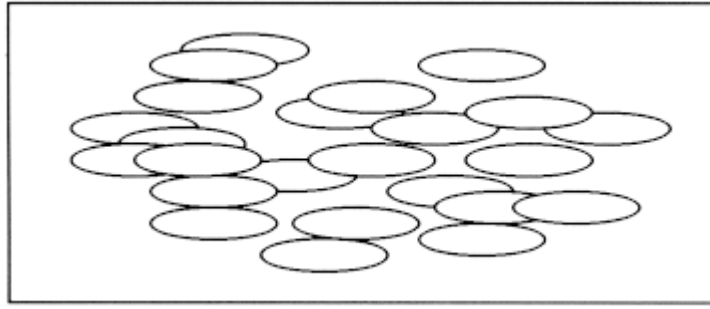
<p><b><u>Schichtband</u></b></p>  <p><i>Schichten von oben:</i> <i>braun: Magnetmaterial</i> <i>grau: Trägermaterial</i> <i>schwarz: Rückseitenbeschichtung, optional</i></p>	<p><b><u>Masseband</u></b></p>  <p><i>braun: Magnetmaterial</i> <i>grau: Trägermaterial</i> <i>Das Masseband ist veraltet</i></p>
--	---

### Das magnetisierbare Material

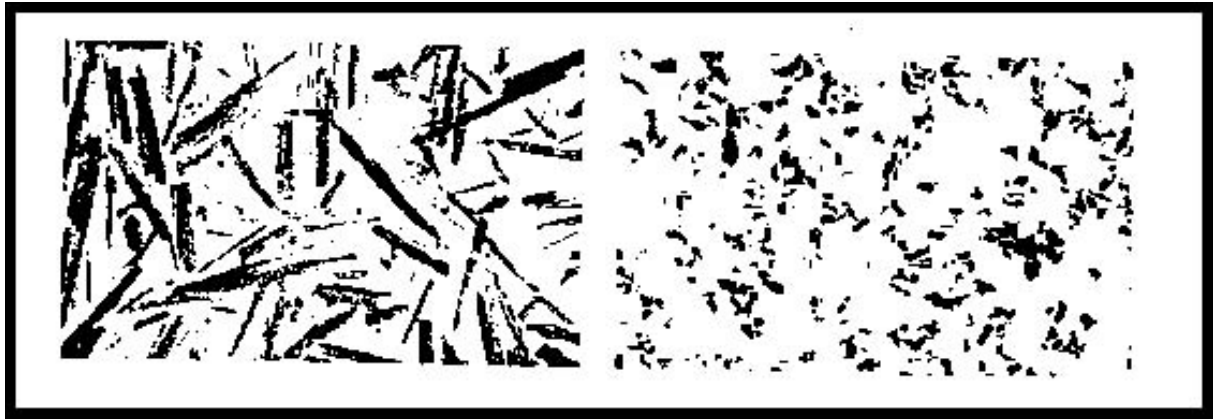
Bei Spulenbändern kommt in der Hauptsache Eisenoxid als magnetisierbares Material zum Einsatz. Wer in der Schule gut aufgepasst hat, wird einwenden, dass Eisenoxid ja eigentlich nur Rost ist. Das stimmt auch, nur ist Rost auf Eisen ein recht zufällig entstandener Atomhaufen, (chem. FeO) das für Magnetbänder verwendete Eisenoxid  $Fe_2O_3$  dagegen ein aufwändig hergestelltes Material.

Die magnetische Qualität des Bandmaterials wird unter anderem bestimmt durch die Größe der Eisenoxidpartikel. Je feiner diese sind, um so leichter lassen sie sich magnetisieren, um so höhere Frequenzen lassen sich aufzeichnen, und um so geringer ist das Grundrauschen.

Die einzelnen Eisenoxidpartikel sind in etwa elliptisch - stabförmig und werden bei der Herstellung in Bandlaufrichtung ausgerichtet. Wie vorher erwähnt, ist eine möglichst geringe Größe der einzelnen „Stäbe“ wünschenswert. Leider sind sowohl die Ausrichtung als auch die gleichmäßige Verteilung der Kristalle weit vom theoretischen Ideal entfernt.



*Ideale Verteilung der Eisenoxidpartikel in der Magnetschicht*



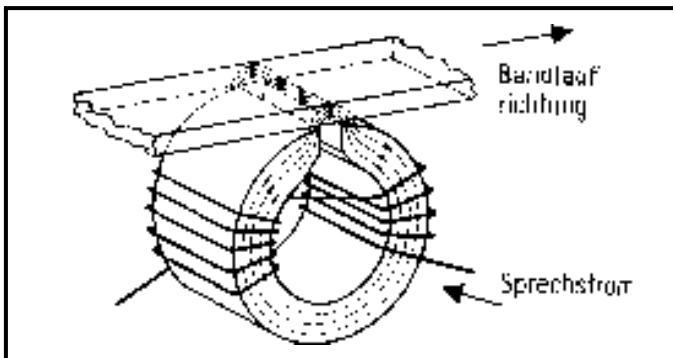
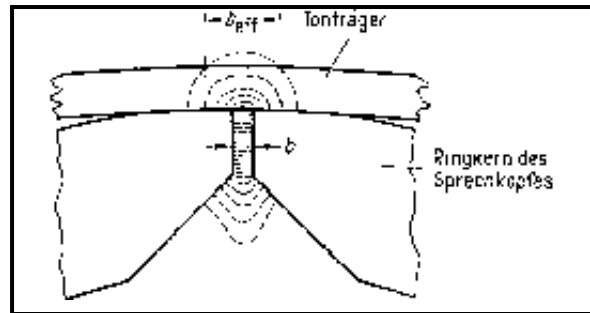
*Mikroskopische Darstellung der Oxidpartikel, links grobe Partikel, rechts sehr feine  
Die Darstellung zeigt nicht das Oxyd in dem fertigen Tonband*

Da die ideale Spaltbreite eines Wiedergabekopfes der Hälfte der Wellenlänge einer bei gegebener Geschwindigkeit aufzuzeichnenden Frequenz entsprechen soll, wird klar, warum die Entwicklung immer feinerer Eisenoxidkristalle die ständige Erweiterung des möglichen aufzuzeichnenden Frequenzbereiches bei gleichzeitiger Verringerung der Bandgeschwindigkeiten möglich gemacht hat. Auch die Tatsache, das Band und Tonkopf eine Einheit bilden, wird nun sicher deutlich. Bänder für die digitale Aufzeichnungen sind in ihren magnetischen Eigenschaften nicht mit Analogbändern vergleichbar, da im Digitalbereich eine Magnetisierung des Bandes bis an die Sättigungsgrenze stattfindet, was im analogen Bereich zu Übersteuerungen des Bandes und somit zu Verzerrungen führen würde.

## Magnettonköpfe

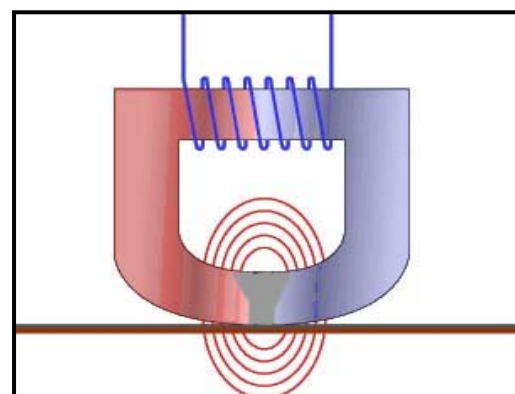
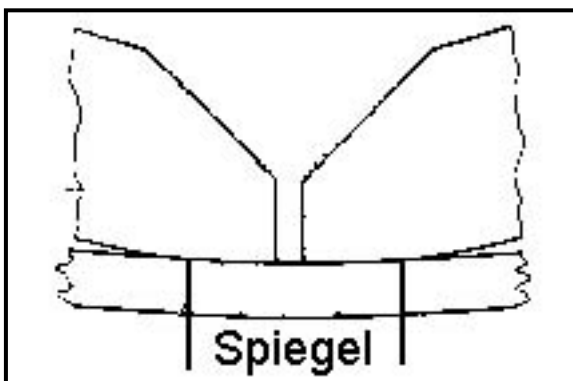
### Grundsätzliches

Ein Magnetkopf, ob Tonkopf oder Löschkopf, ist im Prinzip ein Elektromagnet. Poulsen verwendete bei seinem Telegraphon noch stabförmige Elektromagnete, aber seit den ersten praktisch verwendbaren Magnetbandgeräten werden Ringmagnete eingesetzt. Ein Ringkopf ist ein Stabelektromagnet, der so weit verbogen wird, bis sich seine Enden fast berühren. Dadurch wird das Magnetfeld an der Austrittsstelle besonders stark und kann dadurch das Band intensiver magnetisieren. Um das Magnetfeld an der Austrittsstelle noch besser zu bündeln, werden die sich gegenüberstehenden Enden des Kopfes noch zusätzlich verjüngt.



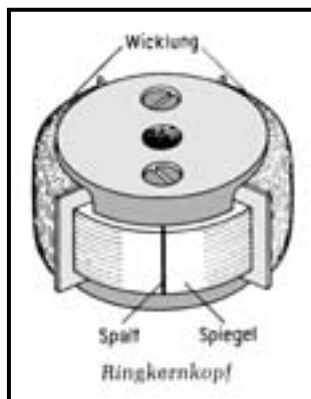
Der Spalt eines Wiedergabekopfes sollte der Hälfte der Wellenlänge der aufgezeichneten Frequenz entsprechen. In der Praxis wird der Kopfspalt mit einem unmagnetischen Material ausgefüllt, um zu verhindern, dass er sich mit Bandabrieb füllt, was zu einem magnetischen Kurzschluss und damit zum Versagen des Tonkopfes führen würde.

Die dem Band zugewandte Fläche wird mit Spiegel oder Kopfspiegel bezeichnet. Der Spiegel hat verschiedene Aufgaben. Zum Einen sorgt er dafür, dass das Band möglichst eng und sicher am Kopf anliegt. Dazu ist die Spiegelfläche hochglänzend poliert. Durch seine Form, die auf den Bandweg abgestimmt sein muss, stellt der Kopfspiegel zusätzlich eine gewisse Umschlingung des Kopfes mit dem Band sicher. Dadurch werden Aufzeichnung und Wiedergabe tiefer Frequenzen verbessert, weil



dadurch die tieferen Frequenzen auch neben dem eigentlichen Kopfspalt für eine bessere Durchmagnetisierung der Magnetschicht sorgen. Daraus darf allerdings nicht gefolgert werden, dass eine Verbreiterung des Spiegels in

Bandlaufrichtung durch Abrieb die tiefen Frequenzen stärker hörbar macht. Da der Kopfspalt die Form eines Y hat, macht sich der Abrieb des Kopfes durch das Band zunächst kaum bemerkbar. Tatsächlich wird in der ersten Verschleißphase sogar eine intensivere Durchmagnetisierung des Bandmaterials bzw. eine höhere Ausgangsspannung am Wiedergabekopf erreicht, jedoch werden hierbei die oberen Frequenzanteile bereits leicht benachteiligt. Irgendwann ist der Verschleiß allerdings so weit fortgeschritten, dass der gegabelte Teil des Y zu einem kleinen V geworden ist. Dann stimmt die Bedingung, dass die Kopfspaltbreite der Hälfte der maximalen aufgezeichneten Frequenz (beim Wiedergabekopf) entsprechen soll, nicht mehr. Die Spaltbreite vergrößert sich, und gleichzeitig sinkt die obere Grenzfrequenz  $f_o$ . Dies führt zu starker Abschwächung der Höhenwiedergabe, die unteren Frequenzen werden unsauber reproduziert bzw. ausgesprochen. Ein anderer Grund für die Dämpfung gerade hoher Frequenzen können Beschädigungen oder Ablagerungen auf den Kopfspiegeln sein.



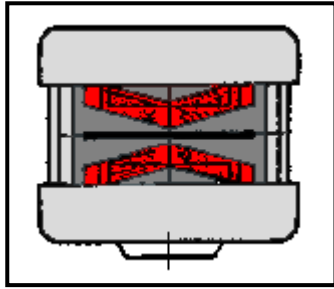
Ein Magnettonkopf wird natürlich nicht einfach aus dem Vollen gefräst. Genau wie ein Transformator besteht ein Tonkopf aus vielen, voneinander isolierten dünnen Blechen, den sogenannten Lamellen. Dies geschieht, um die magnetischen Eigenschaften, wie den Feldlinienverlauf zu optimieren. Als Material für die Lamellen werden weichmagnetische Werkstoffe wie  $\mu$ -Metall, Permalloy oder Ferritwerkstoffe verwendet. Erstere besitzen den Vorteil einer großen Permeabilität, sind jedoch weich und dadurch verschleißanfällig. Ferrite sind zwar sehr hart, haben aber nur eine geringe Permeabilität.

Durch entsprechende Legierungen ist es aber gelungen, die Eigenschaften zu verbinden. Die aus diesem Material gefertigten Köpfe sind haltbar und hochpermeabel. Ihr besonderer Vorteil ist aber der hohe spezifische elektrische Widerstand, der die Wirbelstrombildung stark herabsetzt. Das könnte man zwar mit Ferriten auch erreichen, aber die grobe Struktur der reinen Ferrite macht es sehr schwierig, die geforderte geringe Spaltbreiten herzustellen. Ferritköpfe finden darum hauptsächlich Verwendung bei Tonköpfen für schnell laufende Bandmaschinen (Tonstudio) oder Löschköpfe, da bei letzteren der Spalt ohnehin größer ist. Die in der Werbung hochgelobten Ferritköpfe sind in aller Regel Legierungen, was aber den guten Eigenschaften solcher Köpfe keinen Abbruch tut. Die von AKAI verwendeten Glasferritköpfe sind eine Abart der Ferritköpfe, denen der Mythos der Unzerstörbarkeit anhaftet.

Auf die lamellenförmigen Bleche wird, wie beim Transformator, die sog. Wicklung aus lackisoliertem Draht aufgebracht. Bei hochwertigen Bandgeräten wird meist der Ringkernkopf verwendet. Bei dieser Bauform befinden sich auf dem Kern zwei symmetrisch angeordnete Wicklungshälften, die so hintereinander geschaltet werden, dass sich bei Einwirkung eines störenden Fremdfeldes die von ihnen induzierten Fremdspannungen gegenseitig aufheben.

Bei Tonköpfen für Aufnahme und Wiedergabe in Stereo werden zwei der beschriebenen Anordnungen in einen Tonkopf untergebracht. Das hat zur Folge, dass die Signale eines Kopfstockwerkes auch in die Wicklungen des anderen Stockwerkes





übertragen werden. Dies ist im Interesse einer guten Übersprechdämpfung natürlich unerwünscht. Um die Übersprechdämpfung zu verbessern, bräuchte man doch nur einfach den räumlichen Abstand der Kopfstockwerke zu vergrößern. Das geht aber nicht, da die Breite des Magnetbandes ja gegeben ist. Man kam darum auf den Gedanken die Lamellenpakete so abzuwinkeln, dass der Kopfspalt zwar an der von der Norm verlangten Stelle des

Bandes steht, die Wicklungen selbst aber einen möglichst großen räumlichen Abstand voneinander haben. Wegen dieser besonderen Form der Lamellen nannte man diese Entwicklung „Schmetterlingsköpfe“. Soweit dem Autor bekannt ist, finden Schmetterlingsköpfe bislang nur bei Zweikanal - Tonköpfen für 1/4" Bänder Verwendung.

Grundsätzlich ist es möglich, ein Tonbandgerät mit nur einem Kopf zu bauen. Dieser Kopf müsste dann die drei Funktionen löschen, aufzeichnen und wiedergeben zeitlich nacheinander ausführen. Da sich aber die Aufgaben der Köpfe unterscheiden, hat man für jede Funktion eigene Köpfe entwickelt, die auf den jeweiligen Zweck optimiert sind.

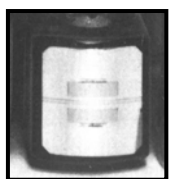
### Löschkopf

Bei Löschköpfen verwendet man häufig Ringköpfe aus dem bereits genannten Ferritmaterial, da hier die Wirbelstromverluste besonders gering sind. Begrenzt wird die Löschdämpfung nur durch die nicht unbeträchtlichen Hystereseverluste. Um eine besonders hohe Löschdämpfung zu erzielen, haben einige Hersteller bei Löschköpfen für den reinen Studiobereich zwei Spalte dicht nebeneinander angeordnet. Die Spaltbreite beträgt zwischen 0,1 und 0,2 Millimeter.

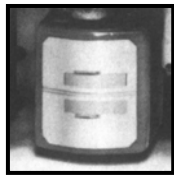


### Sprech – oder Aufnahmekopf

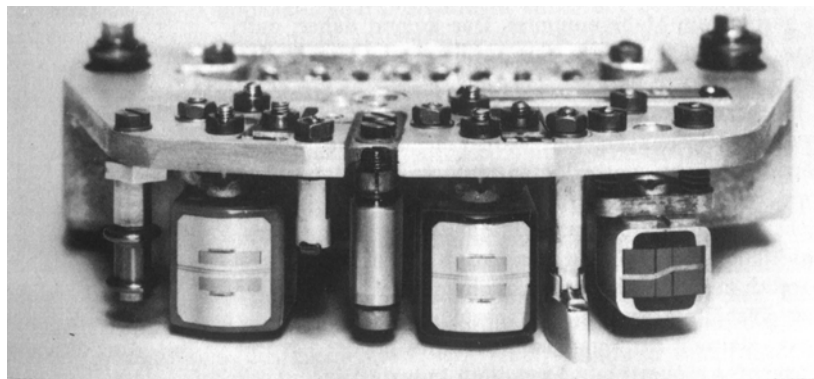
Für den Sprechkopf verwendet man Material, das möglichst geringe Hysterese- und Wirbelstromverluste aufweist. Das ermöglicht eine weitgehende Linearisierung zwischen Sprechwechselstrom und Magnetisierungsfeld, wodurch die nichtlinearen Verzerrungen ebenfalls niedrig gehalten werden können. Die Impedanz des Sprechkopfes stellt eine nahezu reine Induktivität dar, so dass der Widerstand mit der Frequenz linear ansteigt. Um trotzdem einen linearen Frequenzverlauf zu erreichen, muss der Widerstand des Aufnahmekopfes im Verhältnis zum Innenwiderstand des Aufsprechverstärkers gering sein. Die typische Induktivität eines Sprechkopfes beträgt etwa 7 mH. Das erlaubt kleine Wicklungszahlen, die zusammen mit den Wicklungs- und Zuleitungskapazitäten einen Resonanzkreis bilden, dessen Frequenz weit außerhalb des hörbaren Frequenzbereiches liegt. Neben dem aufzuzeichnenden Nutzsignal wird dem Sprechkopf auch die hochfrequente Vormagnetisierung zugeführt. Allerdings gab es auch Bauformen, wo die Vormagnetisierung mit einem separaten Kopf von der Bandrückseite erfolgte. Die Spaltbreite eines Sprechkopfes beträgt etwa 10 – 25 µm.



### Hör- oder Wiedergabekopf



Der Hörkopf ist im Wesentlichen genau so aufgebaut wie ein Sprechkopf. Lediglich die Spaltbreite ist besonders von der Bandgeschwindigkeit abhängig. Bei größeren Bandgeschwindigkeiten kann der Kopfspalt breiter sein, da hier der Einfluss des Abtastspaltes im Vergleich zur Selbstentmagnetisierung kleiner ist. Die Spaltbreite eines Wiedergabekopfes kann zwischen 3 und 15  $\mu\text{m}$  liegen. Hörköpfe sind stets abgeschirmt, um Einstreuungen zu vermeiden.



#### *2 – Spur Tonkopfträger von AEG – Telefunken*

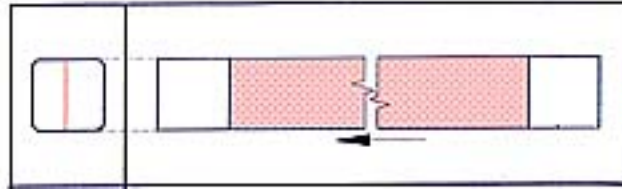
*Die Abbildung ist nicht etwa spiegelverkehrt, der Kopfträger stammt aus einer Bandmaschine, bei der die Schichtseite des Bandes außen auf dem Wickel liegt.*

Bislang wurden nur prinzipielle und grundsätzliche Erklärungen zu Tonköpfen und Tonbändern gemacht. Natürlich gibt es eine ganze Anzahl an unterschiedlichen Bauformen und Materialkombinationen. Am Funktionsprinzip ändert sich dadurch nichts. Viele der klangvollen Namen wie Sendust, X-Tal oder Super-ferrite sind Handelsnamen oder Produktnamen der einzelnen Hersteller, deren Wettbewerber vergleichbare Produkte unter andern Namen anbieten. Neben der im Heimbereich üblichen Zweikanaltechnik auf  $\frac{1}{4}$ " (6,3 mm) breiten Tonbändern werden auf dem Studiosektor bis zu 24 Spuren parallel auf bis zu 2" breiten Bändern aufgezeichnet. Allerdings gibt es auch für den Heim- bzw. halbprofessionellen Bereich Geräte, die 4 parallel laufende Spuren auf  $\frac{1}{4}$ " Bänder aufzeichnen. Solche Geräte sind in erster Linie für Musiker gedacht, welche die Möglichkeit der Mehrkanaltechnik nutzen möchten. Für quadrophonische Anlagen wurden ebenfalls Vierkanalheimgeräte angeboten. Da die Quadrophonie sich nicht durchsetzen konnte, sind diese Bandgeräte auch kaum bekannt geworden. Bei Autoreverse- Bandmaschinen wählten die Hersteller, sofern man nicht den justagekritischen quer zur Bandlaufrichtung verschiebbaren Köpfen den Vorzug gab, eher einen zweiten Hörkopf als einen echten Vierkanalkopf.

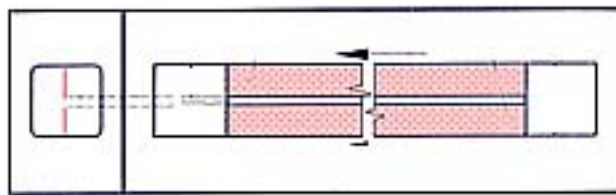


## Spurlagen

Nachfolgend die wichtigsten Spurlagen für Spulentonbandgeräte nach DIN, vom Tonkopf aus gesehen



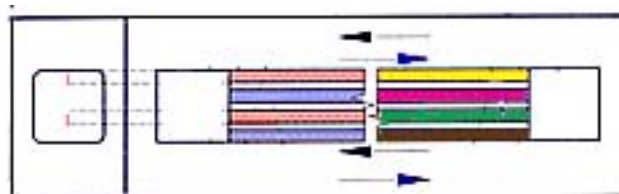
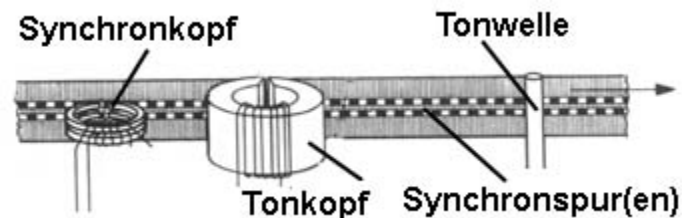
*Vollspur, heute außer in Studiobereich ohne Bedeutung*



### *Halbspur*

*oben: Spur 1, linker Kanal  
unten: Spur 2, rechter Kanal*

*In dem Freiraum zwischen den Spuren, dem sog. Rasen kann noch eine Synchronisationsspur untergebracht werden um ggf. Bandmaschinen oder Band- u. Filmgeräte miteinander zu synchronisieren. Die Aufzeichnung dieses Signals erfolgt gegenphasig. Dadurch heben sich bei Abtastung mit einem Vollspurkopf die Pilotensignale auf und sind nicht hörbar.*



### *Viertelspur*

**Stereo:** Rot oben: Spur 1, linker Kanal, Rot unten: Spur 2, rechter Kanal  
Nach dem ersten Durchlauf wird das Band gewendet und somit blaue und rote Spuren vertauscht. 2 Durchläufe in Stereo möglich.

**Mono:** Gelb: Spur 1, erster Durchlauf. Band wenden ohne Spurumschaltung  
Grün: Spur 2, zweiter Durchlauf. Band wenden, mit Spurumschaltung  
Pink, Spur 3, dritter Durchlauf. Band wenden ohne Spurumschaltung  
Braun: Spur 4, vierter Durchlauf, somit 4 Durchläufe in Mono  
Vierkanal oder Quadrophonie – Geräte: alle Spuren benutzt, nur ein Durchlauf möglich, ähnlich wie Vollspur und Halbspur – Stereo Aufzeichnungen

Sondertypen von Magnettongeräten

Magnetfilmgeräte

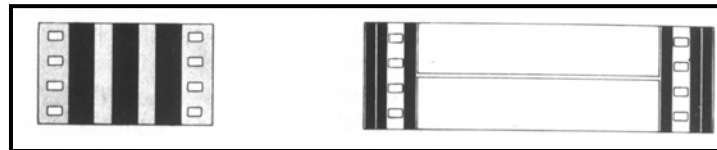
Diese Sondertypen werden nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Sie sind für den



Heimbereich ohne Bedeutung, da ihr Haupteinsatzgebiet in Synchronstudios liegt. Der Magnetfilm ist ein Tonträger, welcher an einer oder beiden Längsseiten perforiert ist und ähnelt z. B. dem bekannten Foto- Kleinbildfilm. Der Magnetfilm ist ein Tonträger, welcher an den Längsseiten perforiert ist und ähnelt z. B. dem bekannten Foto- Kleinbildfilm. Der Transport erfolgt über Zahnrollen und die Perforation, was zu ruckartigem Vorschub führt. Nur eine komplizierte mechanische Ausfilterung kann unschöne Tonhöhenänderungen verhindern. Die Tonköpfe ähneln den vorher besprochenen

Ausführungen für Magnetbänder, lediglich die physikalischen Dimensionen und Spurlagen sind abweichend.

*Magnetfilme*



*Links: 35mm Magnetfilm, rechts: 70mm Kinofilm mit 6 Tonspuren*

## Funktion von Tonkopf und Band

*leider etwas theoretisch*

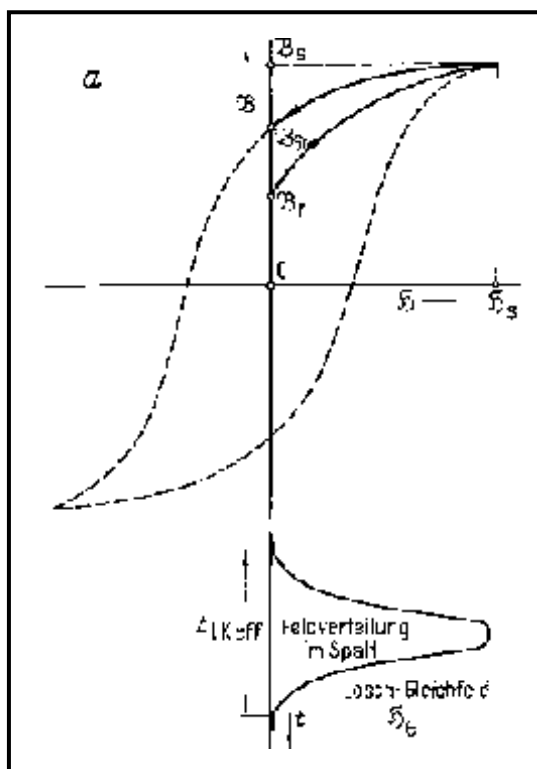
### Der Löschvorgang

Für die Löschung einer magnetischen Aufzeichnung kann sowohl ein Gleichfeld als auch ein Wechselfeld benutzt werden.

Lässt man ein Wechselfeld aus einer Löschdrossel auf einen Tonträger einwirken, wird der Tonträger zunächst bis zu Sättigung magnetisiert. Entfernt man die Löschdrossel nun langsam, durchlaufen die magnetisierten Teile des Tonträgers immer kleinere Hystereseschleifen bis zum entmagnetisierten Zustand. Der Tonträger ist nun gelöscht und magnetisch neutral. Verwendet man ein Gleichfeld, wie einen Permanentmagneten, ist der Tonträger zwar gelöscht, aber nicht magnetisch neutral, sondern bis zur Grenzremanenz magnetisiert. Mit Löschdrosseln lassen sich die Tonträger aber nur im Ganzen löschen.

Da in der Praxis aber auch Teile der Tonträgers, hier also des Tonbandes, gelöscht werden sollen, verfügen Tonbandgeräte über Löschköpfe. Dies kann im einfachsten Falle ein kleiner Magnet sein, der über einen Hebel bei der Aufnahme an der Band gedrückt wird. Diese Anordnung ermöglicht auch ein Löschen der Bandes im schnellen Vorlauf. Negativ ist bei dieser nur bei primitivsten Billiggeräten angewandten Lösung das wenig präzise Magnetfeld des Löschmagneten. Auf weitere Nachteile der Gleichfeldlöschung wird später noch eingegangen, sie ist grundsätzlich wenig empfehlenswert.

In der Regel verfügen Bandmaschinen also über Löschköpfe. Dieser sitzt in

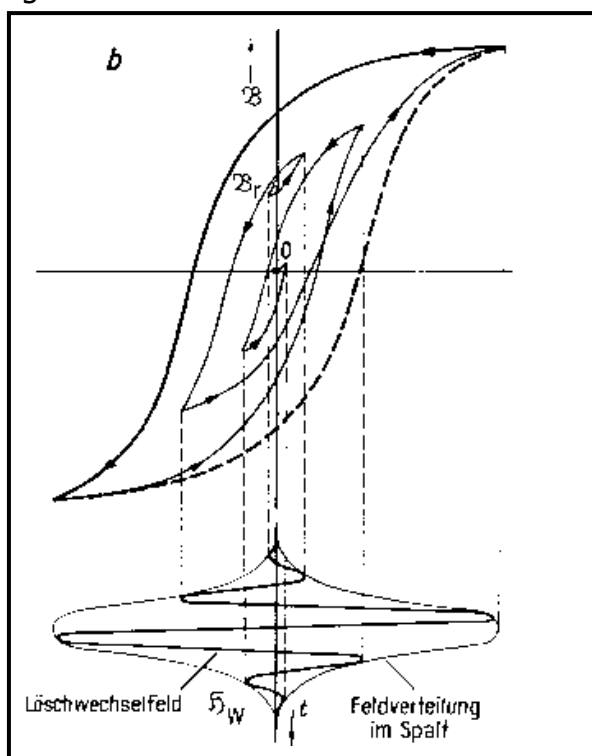


Bandlaufrichtung vor dem Aufnahmekopf. Wird die Wicklung des Löschkopfes von einem Gleich- oder Wechselstrom durchflossen, bildet sich ein magnetisches Feld, welches den Tonträger sättigt oder entmagnetisiert. Dadurch ist die frühere Aufzeichnung beseitigt. Wird die Wicklung des Löschkopfes von einem Gleichstrom durchflossen, ergibt sich über dem Spalt, den das Band passiert, eine Verteilung des Gleichfeldes nach einer sogenannten Glockenkurve. (Im Bild links ist die charakteristische Form im unteren Teil gut zu erkennen.)

Der Nachteil der Gleichfeldlöschung ist, dass der Tonträger gesättigt verbleibt. Das bedeutet, dass die einzelnen Eisenoxidpartikel magnetisiert sind. Soll später ein Nutzsignal aufgezeichnet werden, muss dieses nicht nur Remanenzen z. B. in Form der Musik

hinterlassen, sondern auch noch den gesättigten Tonträger ummagnetisieren. Das bedingt einen höheren Sprechstrom, wenn nicht in Kauf genommen werden soll, dass die Ummagnetisierung unvollständig gelingt. Restremanenzen aus der Gleichfeldlöschung haben ein höheres Grundrauschen zur Folge. Deshalb ist auch davon abzuraten, zu versuchen komplette Bandwickel mit Permanentmagneten zu löschen, da es nicht sicher ist, ob Lösch- und Sprechstrom stark genug sind, die Gleichfeldremanenzen zu eliminieren. Es ist sogar möglich, dass vom Rasen aus Remanenzen die Spur anlöschen und so den Nutzpegel absenken und das Grundrauschen erhöhen. Dieser Effekt kann besonders bei Viertelspurgeräten störend auftreten.

Fließt durch den Löschkopf ein Wechselstrom hoher Frequenz, entsteht an Stelle des Gleichfeldes ein Wechselfeld, dessen Amplituden von der Glockenkurve als Hüllkurve begrenzt werden. Durchläuft das Tonband dieses Wechselfeld, durchläuft jedes



ferromagnetische Teilchen von einer bestimmten remanenten Induktion bis zur Grenzkurve ansteigenden ansteigende und danach wieder kleiner werdende Hystereseschleifen, bis keine Magnetisierung mehr vorhanden ist. Zum besseren Verständnis folge man im Bild der Kurve, beginnend ganz oben rechts bis zu der Stelle an der sich die Koordinatenlinien treffen. Analog dazu stellt die untere Glockenkurve die Feldverteilung im Spalt dar. Ähnlich wie bei einer Wechselfeldlöschdrossel, bei der die Magnetfeldstärke durch entfernen der Drossel vom Tonträger verringert wird, baut sich das aus dem Spalt des Löschkopfes austretende Feld dadurch ab, dass das Band sich vom Kopf wegbewegt. Theoretisch wäre es sinnvoll die Löschfrequenz- und

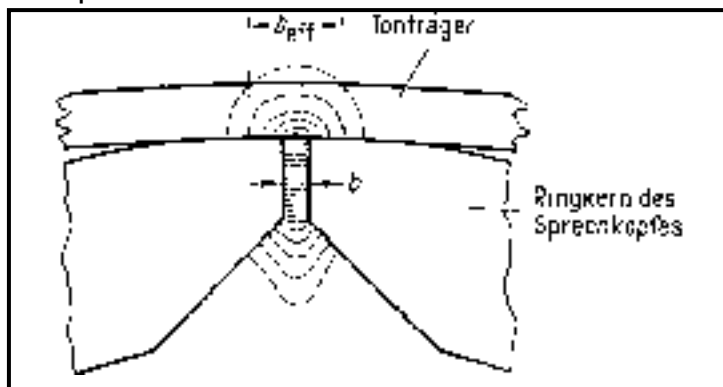
Spannung möglichst hoch anzusetzen. Praktisch hat das allerdings den Nachteil, dass mit wachsender Frequenz die Magnetisierungs- und Wirbelstromverluste ansteigen. Dadurch wird ein Großteil der Löschenenergie verbraucht und trägt nur zu einer untragbaren Erwärmung des Löschkopfes bei.

Um Schaltknacken zu vermeiden, muss entweder die Aufnahmetaste vor der Pause- oder Starttaste gedrückt werden oder es wird ein weich einschwingender Oszillator verwendet.

### Der Aufsprechvorgang

Beim dem so simpel anmutendem Aufsprechen des Nutzsignals handelt es sich tatsächlich um einen technisch- physikalisch hochinteressanten und komplizierten Vorgang. Das erklärt auch, warum in der Entwicklungsgeschichte der Tonbandtechnik grade beim Aufsprechvorgang die größten Schwierigkeiten lagen.

Im Bild ist der Feldverlauf der Magnetlinien im und vor dem Sprechkopf dargestellt. Im Spalt verlaufen die Feldlinien ausschließlich in Richtung des Tonträgers.

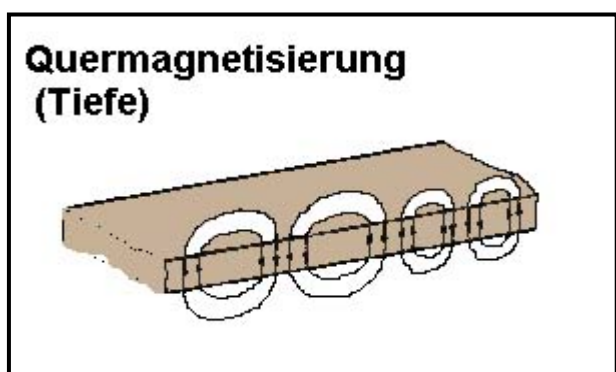


Erst am Spaltende und darüber hinaus tritt eine in die Tiefe gehende Querkomponente auf. Die aus dem Spalt austretenden Flusslinien magnetisieren deshalb direkt vor dem Spalt die magnetisierbaren Teilchen des Tonträgers vorwiegend in die Tiefe des Tonträgers. Kommen die Magnetpartikel beim Weitertransport des Bandes an

die Flanke des Magnetfeldes, findet eine Richtungsänderung zur Quermagnetisierung statt. Der Vergleich mit einer Treppenleiter soll das Verständnis erleichtern: vor dem Spalt wird die Tiefe, und dann, beim Weitertransport des Bandes, die Dicke der Stufe festgelegt.

Nun könnte man annehmen, das die remanente Magnetisierung hauptsächlich quer zum Band verbleibt. Das ist nicht ganz richtig und liegt daran, das die Ausdehnungsmöglichkeit der des Aufzeichnungsfeldes in die Tiefe der Magnetschicht durch die Schichtdicke begrenzt ist. Diese Ausdehnung liegt im Bereich der Wellenlänge der höchsten aufzuzeichnenden Frequenz.

Betrachtet man die Magnetisierung als eine Aneinanderreihung von Magneten, die bei der Quermagnetisierung in die Tiefe des Tonträgers gehen, ist deren Länge von

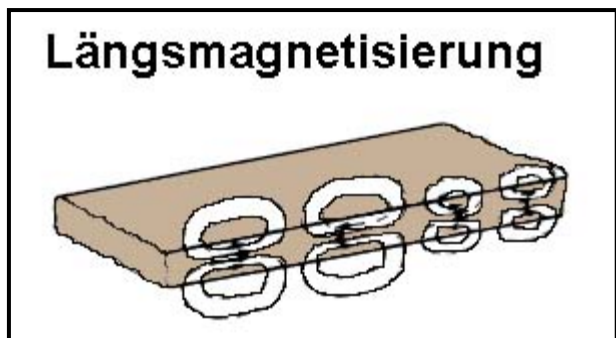


der aufgezeichneten Wellenlänge unabhängig. Der Wellenlänge entspricht dafür der sich in Bandlängsrichtung ausdehnende Querschnitt der gedachten Magnete, der nur bei den höchsten Frequenzen mit der kleinsten Wellenlänge sich immer mehr der Größe der Magneten annähert. Ein so ungünstiges Verhältnis von Länge zu Querschnitt eines Magneten hat aber

eine Entmagnetisierung zu Folge, welche die Stärke auf einen sehr geringen Wert bringt. Nur bei allerhöchsten Frequenzen bleibt die Quermagnetisierung bestehen. Die Größe der Quermagnetisierung in die Tiefe der Schicht ist also hauptsächlich von der Frequenz und der Schichtdicke abhängig. Aber auch die Permeabilität der

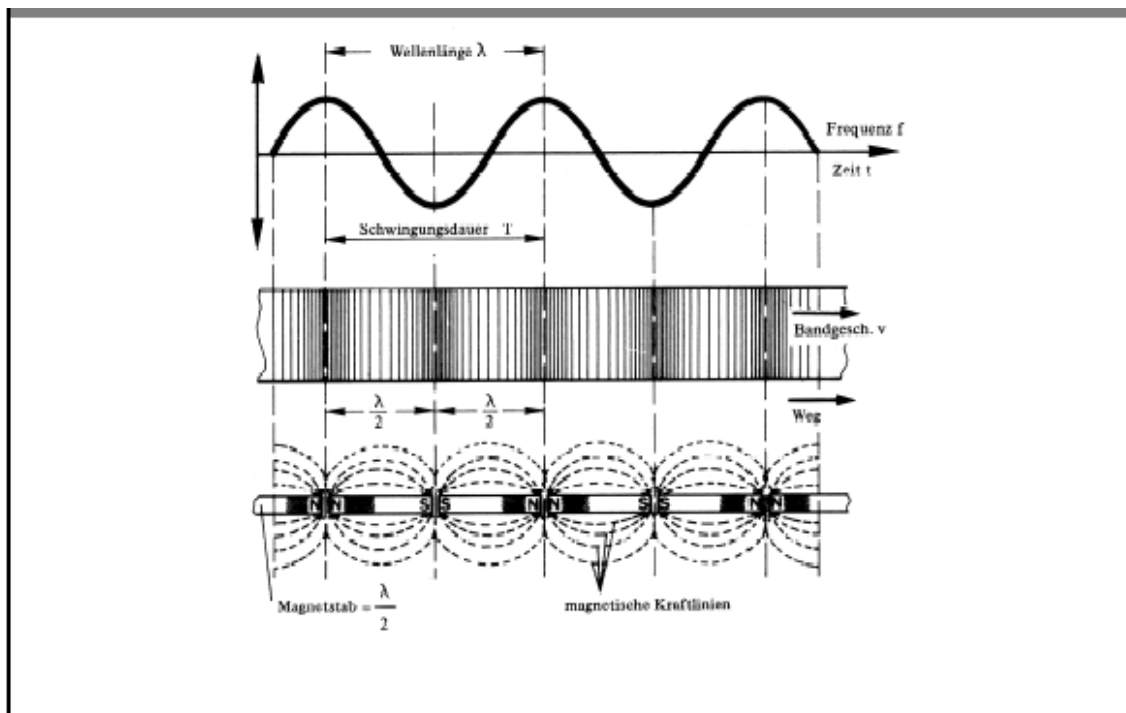
verwendeten Bandmaterials spielt eine Rolle. Diese mit abnehmender Wellenlänge immer stärker werdende, in die Tiefe gerichtete Quermagnetisierung ruft zusätzliche nichtlineare Verzerrungen hervor. Durch Verwendung von Ringköpfen und Bändern mit möglichst geringer Schichtdicke kann die Quermagnetisierung auf ein vernachlässigbar geringes Maß beschränkt werden. Dies ist auch einer der Gründe, warum Massebänder kaum Verwendung fanden.

Da, wie oben erklärt, die Quermagnetisierung sich kaum bemerkbar macht, können wir davon ausgehen, dass die praktisch nutzbare Magnetisierung eines Tonträgers



eine reine Längsmagnetisierung ist. Es soll nun vorausgesetzt werden, dass die Wellenlänge des Nutzsignals groß im Verhältnis zur Spaltbreite des Sprechkopfes ist. Dieser Zustand ist in der Praxis als gegeben anzusehen. Das bedeutet, dass sich das Feld des Sprechkopfes, auf ein beliebiges Teilchen der Magnetschicht bezogen, sich zwar zeitlich, aber kaum örtlich

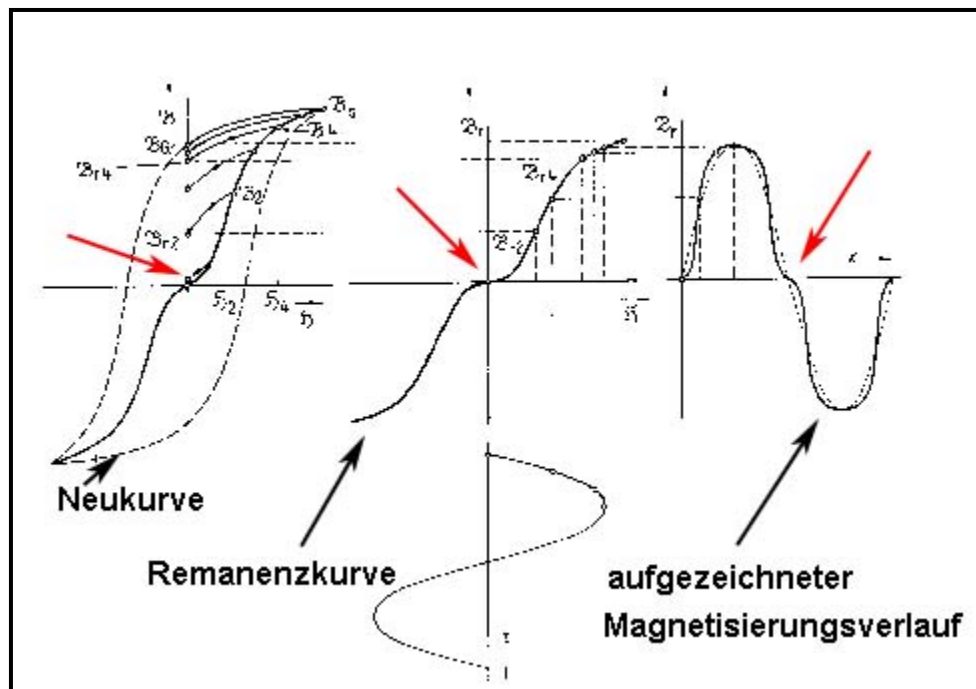
ändert. Es ist also quasistationär. Bewegt sich das magnetisch neutrale Tonband durch das sich sinusförmig ändernde Feld, werden die nacheinander das Feld passierenden Teilchen eine entsprechende Magnetisierung.



*Verteilung der Feldlinien und Magnetisierung des Bandes*



Dabei ist die Stärke der Magnetisierung in Abhängigkeit von der bekannten Remanenzkurve gegeben.



*Grafische Darstellung des Aufsprechvorgangs*

In der obigen Grafik ist gut zu erkennen, dass im Bereich der Nulllinie der lineare Verlauf einen Knick hat. (roter Pfeil) Dieser Knick stellt die oben besprochenen nichtlinearen Verzerrungen dar. Die Kurvenverläufe entsprechen einem magnetisch neutralen, also mit einem Wechselfeld gelöschten Tonträger. Bei Gleichfeldlöschung sind diese Verzerrungen noch erheblich stärker ausgeprägt. Um diese Verzerrungen, auch bei vorheriger Wechselfeldlöschung zu vermeiden, wendet man die Vormagnetisierung an.

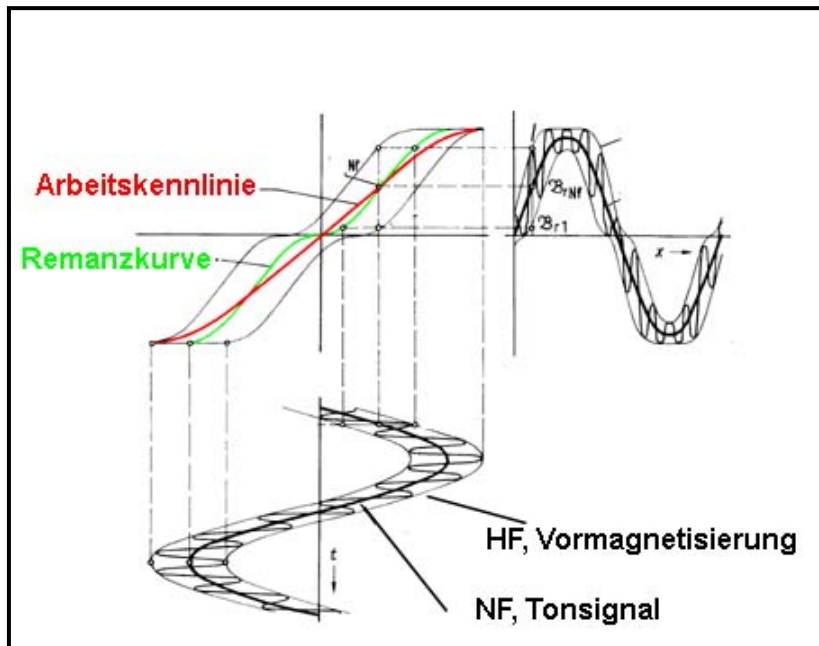
### Gleichstromvormagnetisierung

Bei einer Aufnahme mit Gleichstromvormagnetisierung wird dem Nutzsignal, welches ja ein Wechselstrom ist, ein Gleichstrom überlagert. Dadurch kann man den Arbeitspunkt in den gradlinigen Teil der Remanenzkurve legen. Bei einem mit Gleichfeld gelöschtem, also gesättigtem Tonträger, muss das Feld der Vormagnetisierung entgegengesetzt zum Löschfeld sein. Dadurch lassen sich zumindest bei großen Wellenlängen (tiefe Töne) die Verzerrungen ausreichend verringern. Bei den hohen Tönen, deren Wellenlänge im Verhältnis zum Kopfspalt klein sind, nehmen die Verzerrungen jedoch stark zu. Außerdem kann mit Gleichstromvormagnetisierung nur ein Ruhegeräuschspannungsabstand von etwa 40db erzielt werden, was natürlich in keiner Weise ausreicht. Darum brachte auch die Gleichstromvormagnetisierung, wie sie in den 30er Jahren des vorigen Jahrhunderts angewandt wurde, keinen Vorteil gegenüber Schellackplatte und Lichtton.

### Hochfrequenz – Vormagnetisierung

Den Durchbruch in der Magnetton-technik brachte die Vormagnetisierung mit hochfrequentem Wechselstrom. In seinem Buch „Wunder der Wellen“ (Deutscher Verlag, Berlin 1954) behauptet Eduard Rhein, die Entdeckung der HF – Vormagnetisierung sei nicht durch Überlegungen der Physiker Braunmühl und Weber entdeckt worden, sondern durch einen Schaltfehler beim Aufbau eines Versuchsgerätes. Tatsächlich war es wohl so, dass durch eine Fehlfunktion im Rahmen systematischer Experimente die Gedankengänge der Forscher in die sich als richtig herausstellende Richtung gelenkt wurde.

Das aufzuzeichnende Signal ist in der Regel ein niederfrequenter Wechselstrom. Wird nun zusätzlich zu dem NF – Signal ein hochfrequenter Wechselstrom in den Tonkopf eingespeist, so werden beide Signale aufgezeichnet. Man kann bei einem magnetisch neutralen Tonträger, wie er in der Praxis nahezu ausschließlich anzutreffen ist, davon ausgehen, dass die in dem Bild „ Grafische Darstellung des

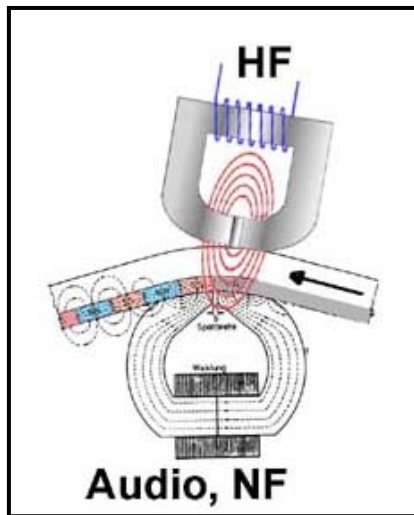


Aufsprechvorgangs“ weiter oben dargestellten Kurven mit den unten gezeigten vergleichen kann.

Die Arbeitskennlinie ist ROT dargestellt  
die Remanzkurve ist GRÜN dargestellt

Die Audiofrequenz- ist die große Sinuskurve  
Die Hochfrequenz-Vormagnetisierung wird von der kleinen Sinuslinie in der großen Kurve dargestellt

Wegen der Krümmung der Remanzkurve in der Nähe des Nullpunktes wird die sinusförmige HF- Schwingung zuerst genauso verzerrt, wie vorher die NF ohne Vormagnetisierung. Die NF- Schwingung, also das Audiosignal, bleibt fast unverzerrt. Die HF, welche der NF überlagert ist, erzeugt im Takt der NF gewissermaßen ein internes Wechselfeld, in der Grafik durch die schwarz gezeichneten äußeren, der grünen Remanzkurve ähnlichen und nach den Seiten hin verschobenen Kurven. Dadurch ergibt sich eine neue Kurve, die grün gezeichnete Arbeitskennlinie. Diese Kurve verläuft fast linear, was bedeutet das sie in einem weiten Bereich frei von Verzerrungen ist.



Es ist nicht zwingend notwendig, die Hochfrequenz der Vormagnetisierung nur über den Sprechkopf zu geben. Verschiedene Hersteller haben die HF auch über einen von der Rückseite des Bandes wirkenden zusätzlichen Kopf aufmagnetisiert. Diese Technik ist unter dem Namen Crossfield-Technik bekannt geworden. Dabei wird der Spalt des Crossfieldkopfes in Bandlaufrichtung geringfügig vor dem Spalt des Sprechkopfes angeordnet. Dadurch sollten die Verzerrungen, besonders im Hochtonbereich, verringert und die obere Grenzfrequenz der Geräte verbessert werden. Das Prinzip der Crossfieldtechnik wurde bereits 1933 für Eduard Schüller patentiert.

*Prinzip Crossfield-Technik*

Die oben erwähnte Aufzeichnung der Hochfrequenz findet zwar statt, bleibt aber unhörbar, da sie außerhalb des Hörbereiches liegt.

Mit einer optimal eingestellten HF-Vormagnetisierung lässt sich also die Größe der Verzerrungen auf ein nicht mehr hörbares Maß herabsetzen. Zusätzlich wird der nutzbare Aussteuerungsbereich gegenüber der Gleichstromvormagnetisierung mehr als verdoppelt. Erst durch die Hochfrequenzvormagnetisierung werden die bekannten guten Werte für den nutzbaren Frequenzbereich und Ruhegeräuschspannung erreicht.

### Aufzeichnungsverluste

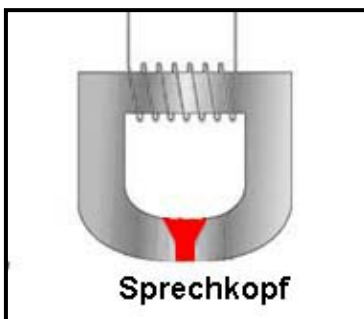
Bisher wurde davon ausgegangen, dass der Tonträger einen perfekten Kontakt zum Sprechkopf hat. Dies ist in der Praxis leider nicht der Fall. Mangelnder Kontakt wird zum Einen durch die Oberflächenrauigkeit der Tonträgers verursacht und zum Anderen durch Bandabrieb oder Staub. Diese Aufzeichnungsverluste sind frequenzabhängig und machen sich zuerst bei den kurzen Wellenlängen des Nutzsignals bemerkbar. Die Folge ist, besonders bei durch Abrieb und anderen Schmutz, ein abnehmender Aufzeichnungspegel, der sich zunächst durch nachlassende Höhen, und dann durch einen insgesamt zurückgehenden Pegel bemerkbar macht. Ablagerungen auf dem Band selbst können zu dem Verlust des Band / Kopfkontaktes führen und dadurch zu vollständigem kurzem Aussetzen der Aufzeichnung führen. Darum ist es unerlässlich, Köpfe und Bandpfad durch regelmäßige Reinigung sauber zu halten. Auf die Bandpflege wird später noch eingegangen. Die Oberflächenrauigkeit des Bandes ist konstant und kann nicht beeinflusst werden. Lediglich durch die Auswahl des Bandmaterials können Sorten mit rauher und matter Oberfläche natürlich ausgeschlossen werden. Allerdings haben die heute angebotenen Bandsorten in der Regel eine sehr glatte Oberfläche.

Des Weiteren ist die Schichtdicke des verwendeten Bandes von Bedeutung. Wenn die magnetisierbare Schicht im Verhältnis zur Spaltbreite des Sprechkopfes zu groß wird, werden die Aufzeichnungsbedingungen für kurze Wellenlängen immer ungünstiger.

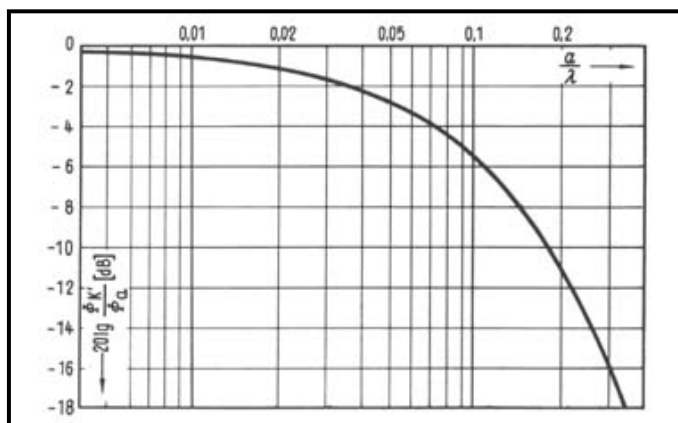
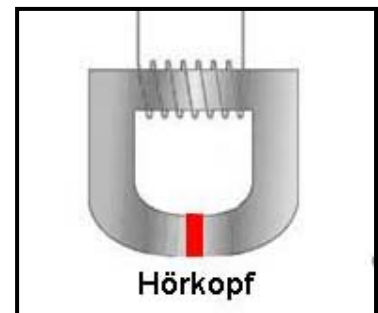
Im Studiobetrieb, wo mit 38 cm/s und sogar 76 cm/s Bandgeschwindigkeit gearbeitet wird, haben die Köpfe Spaltbreiten, die auf das dort meist verwendete Standardband (Gesamtdicke: ca. 50  $\mu\text{m}$ , Schichtdicke ca. 12 – 14  $\mu\text{m}$ ) und die dort verwendeten Bandgeschwindigkeiten abgestimmt sind. Es macht darum oft keinen Sinn, von dem im Heim- und semiprofessionellen Bereich meist verwendeten Langspielband mit einer Gesamtdicke von 35  $\mu\text{m}$  und einer Schichtdicke von 10  $\mu\text{m}$  abzuweichen. Wählt man jedoch ein Bandmaterial mit zu geringer Schichtdicke, können bei der Aufzeichnung Übersteuerungen auftreten, wenn das Gerät auf dickere Bandtypen und Schichten eingemessen ist. Zusätzlich sinkt durch die logischerweise in dünneren Schichten geringere Stärke der Magnetisierung verbleibende Feldstärke, was zu einer schwächeren Wiedergabe besonders der längeren Wellenlängen führt. Ist die Schichtdicke des Bandes ungleichmäßig, es reichen bereits Abweichungen im  $\mu\text{m}$ -Bereich, kommen noch Störungen durch die sich mit der Magnetschichtdicke ändernde Feldstärke hinzu. Auch hier hilft die Wahl eines hochwertigen Tonträgers Störungen von vornherein minimal zu halten.

### Der Wiedergabevorgang

Um die aufgezeichneten Signale wieder abzutasten, wird ein sog. Hörkopf verwendet. Grundsätzlich lässt sich dazu auch ein kombinierter Sprech / Hörkopf einsetzen. Von dieser Möglichkeit wird insbesondere bei preiswerten Tonbandgeräten Gebrauch gemacht. Bei hochwertigen Maschinen setzt man allerdings getrennte Hör- und Sprechköpfe ein, da diese auf den jeweiligen Verwendungszweck hin optimiert werden können.



So ist der rückwärtige Spalt, also der obere Teil des weiter vorn erwähnten Y enger oder gar nicht vorhanden um den magnetischen Widerstand des Hörkopfes gering zu halten und den Streufluss zu minimieren. Die Prinzipskizzen sollen dies verdeutlichen.



Zusätzlich hat der separate Hörkopf den Vorteil, dass die soeben erfolgte Aufzeichnung mit geringem zeitlichen Versatz sofort abgehört und überprüft werden kann. Genau wie bei den Sprechköpfen, ist auch bei Hörköpfen der gute Kontakt zwischen Band und Kopf von entscheidender Bedeutung für einen einwandfreien Abtastvorgang. Es gilt in Punkto Auswahl des Bandmaterials und

Sauberhaltung des Bandpfades, und nicht nur der Köpfe, sinngemäß das schon im Abschnitt Sprechköpfe Gesagte.

Selbst durch polierte Kopfspiegel und glatte Bandoberflächen kann der Abstand zwischen Band und Kopf kaum unter  $1\ \mu\text{m}$  gebracht werden. Bei einer Bandgeschwindigkeit von  $76\ \text{cm/s}$  hat dieser Abstand einen Pegelverlust von  $1\ \text{db}$  zur Folge, bei einer Bandgeschwindigkeit von  $19,05\ \text{cm/s}$  bereits eine Schwächung des Signals um  $5\ \text{db}$ . Das Diagramm verdeutlicht die Beziehung von Band / Kopfabstand und Pegelverlust. Bei der Abtastung hat also schon eine geringe Vergrößerung des Abstandes zwischen Band und Kopf bei kurzen Wellenlängen einen relativ größeren Pegelverlust als bei langen Wellen zur Folge. Da bei der Aufnahme auch zuerst die kürzeren Wellenlängen betroffen sind, ist vorstellbar, wie wichtig das einwandfreie Zusammenspiel von Band und Kopf ist.

Abstandsveränderungen, wie sie z. B. durch schwankenden Bandzug auftreten können, haben wie beim Aufsprechen, eine Amplitudenmodulation zur Folge, die besonders die höheren Frequenzen auftritt. Ähnliche Effekte können auch durch schwankende Schichtdicke oder ungleichmäßige Verteilung der magnetisierbaren Partikel in der Schicht auftreten.

## Verstärker und Entzerrer

Da die Vorgänge in den Tonköpfen, besonders in den Hör- und Sprechköpfen mit physikalisch bedingten Fehlern behaftet sind, müssen Maßnahmen getroffen werden, die dies Fehler weitestgehend ausgleichen. Außerdem sind die elektrischen Signale, wie sie von Tonquellen und insbesondere vom Hörkopf kommen, zu schwach um einen Endverstärker anzusteuern. Darum werden in Tonbandgeräten sowohl Aufsprech- als auch Wiedergabeverstärker eingebaut, die sowohl die Pegel auf die erforderliche Stärke anheben, als auch notwendige Ver- und Entzerrungen bewerkstelligen.

### Löschgenerator

Die Erzeugung der Löschwechselfeldspannung ist recht einfach. Der notwendige Pegel wird direkt vom Oszillator erzeugt. Eine klassische Verstärkerstufe ist hier nicht notwendig.

### Aufsprechverstärker

Anders sieht es beim Aufsprechverstärker aus. Wie im Abschnitt Aufsprechvorgang erwähnt, ist die Magnetfeldstärke stark frequenzabhängig. Um den zwangsläufig entstehenden Verzerrungen entgegen zu wirken, wird das NF- Signal entsprechend vorverzerrt. Bei niedrigen Frequenzen ist ein frequenzunabhängiger Aufsprechstrom notwendig, bei höheren Frequenzen muss der Aufsprechstrom zur Kompensierung der Entmagnetisierungsverluste mit der Frequenz ansteigen. Bei Monogeräten können Lösch- und Vormagnetisierungsfrequenz mit in den Aufsprechverstärker integriert werden. Bei Mehrspurgeräten geht dies nicht, da besonders der HF- Vormagnetisierung bei allen Spuren gleich sein muss, um das Entstehen hörbarer Differenzöne zu unterbinden.

### Wiedergabeverstärker

Genau wie der Aufsprechvorgang ist die Abtastung nicht frequenzlinear. Um trotzdem wieder einen linearen Frequenzgang zu erreichen, muss die Verstärkung spiegelbildlich zur induzierten Hörkopfspannung erfolgen. Sie fällt von den tiefsten zu den mittleren Frequenzen ab, um dann zum Ausgleich der Verluste bei höheren Frequenzen wieder anzusteigen.

Diese Ver- und Entzerrungen sind in erster Linie von den durch die Technik des einzelnen Gerätes vorgegebenen Parametern abhängig. Es gibt aber auch durch Normen festgelegte Entzerrungskennlinien, wie NAB, IEC und CCIR, in denen die geräteunabhängigen Entzerrungen definiert sind, um einen problemlosen Austausch von Bändern zu ermöglichen. Einige Geräte haben umschaltbare Entzerrer, um eine Anpassung an die vorliegenden Bänder zu ermöglichen. Eine z.B. durch Übersteuerung verzerrte Aufnahme kann nicht durch die hier beschriebenen Entzerrer korrigiert werden. Die Lösung hierzu findet sich im Abschnitt Löschvorgang.

## Dolby

Das von dem amerikanischen Ingenieur entwickelten Rauschunterdrücksystem arbeitet auch mit einer frequenzabhängigen Ver- und Entzerrung des Tonsignals. Das Dolbyverfahren hat aber nichts mit der technisch notwendigen Entzerrung bei der Aufnahme und Wiedergabe zu tun, sondern dient nur der Verbesserung des Ruhegeräuschspannungsabstandes. Dolby- Prozessoren können auch außerhalb des Gerätes in die NF- Leitungen eingeschleift werden.

## Einmessen auf ein Bandmaterial

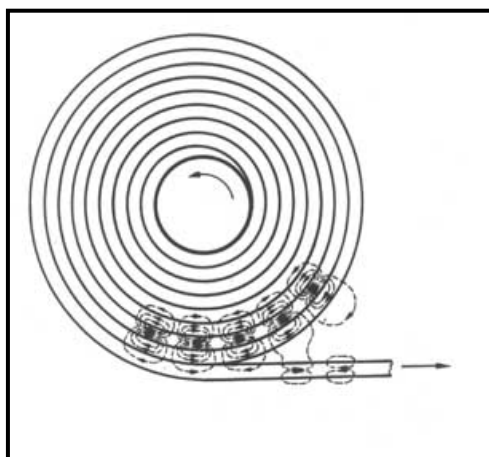
Die einzelnen Bandsorten unterscheiden sich in ihren magnetischen Eigenschaften zum Teil erheblich voneinander. Selbst unterschiedliche Chargen des gleichen Materials können sich geringfügig voneinander unterscheiden. Zwar hat man keine Defekte zu befürchten, wenn man sein Tonbandgerät mit der gerade verfügbaren Bandsorte betreibt, mitunter wird schon durch die Verwendung eines qualitativ hochwertigen Bandmaterials die Wiedergabe bereits spürbar verbessert, aber nur durch Einstellen der Maschine auf die verwendete Bandsorte kann das Optimum aus Gerät und Band herausgeholt werden.

Der Vorgang des Einmessens erfordert Kenntnisse und Messgeräte, die dem Amateur meist nicht zu Verfügung stehen. Im Prinzip werden die Stärke der Vormagnetisierung und die Kennlinie des Aufsprechverstärkers auf das verwendete Bandmaterial so eingestellt, dass die bestmöglichen Werte erreicht werden. Einstellungen „frei Schnauze“ werden in den seltensten Fällen zu brauchbaren oder gar optimalen Ergebnissen führen. Grundvoraussetzung für eine Einmessung auf eine bestimmte Bandsorte ist eine gründliche Reinigung des Bandpfades und die Überprüfung und ggf. Neueinstellung der Tonköpfe. Hierbei ist ein Testband hilfreich.

## Allgemeine Störungen und Fehlerquellen

### Kopiereffekt

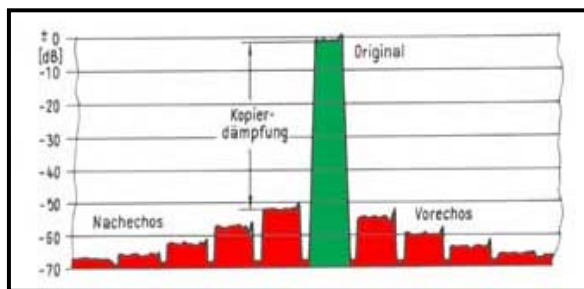
Leider gibt es noch einige störende Einflüsse, die sich nachteilig auf Gerät und Band auswirken können. Ein solcher Effekt ist zum Beispiel das Durchkopieren von einer Lage zur anderen Lage auf dem Wickel. Dieses Durchkopieren ist unvermeidlich,



wenngleich die Stärke des auch als „print – trough“ bekannten Echos von äußeren Faktoren beeinflusst werden kann. So tritt der Kopiereffekt bei höheren Temperaturen stärker auf. Auch ist die Dauer der Einwirkung von Bedeutung, in geringerem Maße auch die Luftfeuchtigkeit. Auch die Lagerung in einem schwachen elektrischen Wechselfeld begünstigt das Auftreten des Kopiereffektes. Der Kopiereffekt ist auch von der Zusammensetzung und den Reinheitsgrad des verwendeten Magnetmaterials abhängig. Die Stärke der Echos ist frequenz- und

amplitudenabhängig, tiefere Frequenzen und laute Geräusche werden eher kopiert als kurze Wellenlängen mit geringerem Aufzeichnungspegel. Beobachtungen bei Langzeitarchivierung lassen die Vermutung zu, dass der Kopiereffekt irgendwann zum Stillstand kommt. Durch Lagerung der Tonträger, fern von elektrischen Leitungen, bei Temperaturen von 21° Celsius oder darunter in trockener Umgebung und bei regelmäßigem Umspulen, wenigstens in jährlichem Zyklus, lassen sich Echos zwar nicht gänzlich vermeiden, aber doch in ihrer Stärke begrenzen. Allerdings werden solche Lagerbedingungen oft nicht einmal bei den sonst so peniblen Rundfunkanstalten eingehalten.

Echos, die nicht durch die Einwirkung von Wechselfeldern entstanden sind, lassen sich zum Teil wieder entfernen, indem man das Band einem schwachen Wechselfeld aussetzt, indem man auch bei der



Wiedergabe den Löschkopf aktiviert und mit einem sehr geringen Löschkopf die Echos löscht. Da das Nutzsignal wesentlich stärker als die Echos ist, wird seine Stärke nicht zu sehr verringert. In der nebenstehenden Abbildung sind die Echos (rot) deutlich zu erkennen.

### Alterung der Tonträger

Ein weiteres, allgemein bekanntes Problem bei älteren Magnetbändern stellt das sogenannte Schmierens dar. Hierbei lagern sich beim Transport des Bandes an Umlenkhebeln oder Tonköpfen zäh- harte Krusten ab, die nur schlecht zu entfernen sind. Lässt man das Band beim Umspulen durch ein Tuch laufen, kann man dort deutlich sehen, wie viel dieser Ablagerungen zurückbleiben. Es kursieren Empfehlungen, Bänder auf diese Weise von Ablagerungen zu befreien. Ich würde davon allerdings abraten, da auch Teile der Magnetschicht entfernt werden. Diese Schmierkrusten setzen sich aus angelöstem Bindemittel der Beschichtung und ggf. der Rückseitenmattierung zusammen. In manchen Fällen kann sich der Umspulvorgang bis zum Stillstand verlangsamen. Bei Aufnahme und Wiedergabe setzen sich die Köpfe unter Umständen derart schnell zu, dass der Eindruck ein Ausblenden entsteht.

Die Entstehung des Schmierens wird auf eine hydrolytische Anlösung des Binders, der die Magnetschicht zusammenhält und mit dem Trägermaterial verbindet, zurückgeführt. Dabei wird durch die Luftfeuchtigkeit das Bindemittel gewissermaßen aufgeweicht und bei mechanischer Belastung abgelöst. Dies gilt für die eventuell vorhandene Rückseitenmattierung sinngemäß.

Zum Glück lässt sich hier Abhilfe schaffen, um zumindest durch Umkopieren die Inhalte der Bänder zu retten. Der Verfasser hat bei einer erheblichen Anzahl von Tonbändern den Schmiereffekt durch Wärmebehandlung der Tonträger im Backofen beseitigt. Die Bänder waren auf Aluminiumspulen aufgewickelt. Ein Vorversuch ergab, dass die Vorspannbänder zum Verspröden und Verkleben neigten und vor dem Backen entfernt werden mussten. Dann wurden die Spulen im Backofen auf einem



Gitterrost gestapelt, wobei zwischen den einzelnen Spulen Flaschenkorken für Abstand und damit Luftaustausch sorgten. Bei einer Temperatur von 50° Celsius verblieben die Tonträger für 90 – 120 Minuten im Backofen, wobei auch die kurze Einwirkungszeit ausreichte. Etwa alle 15 Minuten wurde die Backofentür zum Lüften geöffnet. Auf das Beträufeln mit Bratensoße wurde verzichtet. Danach waren bei der Verwendung keinerlei unerwünschte Ablagerungen mehr festzustellen. Verformungen des Bandmaterials waren nicht erkennbar. Im beschriebenen Fall konnten Kopien problemlos erstellt werden. Eine Garantie für das Gelingen kann natürlich nicht gegeben werden, und der Autor lehnt jede Haftung ab. Sicherheitshalber sollten solche Bänder nicht mehr für kritische Aufzeichnungen verwendet werden, die Verwendung als Luftschlange ist jedoch uneingeschränkt möglich. Wie mir die Fa. Quantegy im Januar 2003 auf Anfrage mitteilte, lässt sich der Hydrolyseeffekt durch die Wärmebehandlung nur unterbrechen und setzt sich nach einiger Zeit fort. Allerdings habe man bei Quantegy das Problem mittlerweile durch eine Änderung in der Zusammensetzung des Binders mittlerweile behoben. Der Schmiereffekt tritt nicht bei jedem Bandmaterial auf. Im Bestand des Verfassers haben sich die Bandtypen BASF LPR35, Scotch 207 (Revox 601) und Agfa PEM 268 /368 über mehr als 25 Jahre lagerstabil erwiesen. Ein kürzlich erworbenes Tonband Revox 641 (Ampex 457) war, obwohl noch originalverpackt, bereits unbrauchbar. Da die Zersetzung des Binders bei betroffenen Bändern in der Hauptsache durch Luftfeuchtigkeit verursacht wird, liegt es nahe, die Bänder in Vakuumbeuteln, wie sie auch für Nahrungsmittel verwendet werden, zu lagern. Auch die Beigabe von hygroskopischem Material in die Archivbox könnte eine Lösung sein. Zu beiden Vorschlägen liegen aber keine Erfahrungen über längere Zeiträume vor. Im Internet finden sich Quellen, in denen das „Aufbacken“ ausführlich beschrieben wird.

### Restmagnetismus

Wenn man sich ein Tonband als eine Aneinanderreihung von winzigen Magneten vorstellt, wird klar, dass diese Magnete in der Spule des Hörkopfes Induktionen hervorrufen. Aber gleichzeitig verursachen die Magnetfelder auf dem Tonträger Magnetisierungen an den Bauteilen des Bandpfades wie Umlenkhebel oder den Köpfen selbst. Auch die Köpfe können durch sehr starke Induktionsspitzen (Schaltknacke o. ä.) magnetisch werden. Der Restmagnetismus an Bauteilen kann seinerseits wieder Gleichfeldremanenzen auf dem Tonträger hinterlassen. Dadurch werden die Aufnahmen auf dem Band natürlich angelöscht und dahingehend beschädigt, dass ein störendes Rauschen entsteht.

Der Restmagnetismus lässt sich einfach durch Entmagnetisieren mit einer Entmagnetisierungsdrossel beseitigen. Dazu entfernt man zuerst die Bänder vom Gerät und schaltet dieses aus. Nun bestreicht man mit eingeschalteter Drossel alle Metallteile des Bandpfades, auch die Kopfspiegel, mit kreisenden Bewegungen. Nachdem dies erledigt ist, entfernt man die Drossel mit größer werdenden Kreisbewegungen bei gleichzeitigem Zurückgehen vom Gerät. Das Ende der Prozedur mag zwar aussehen wie eine Beschwörung, hat aber den Sinn, das Magnetfeld langsam abzubauen.

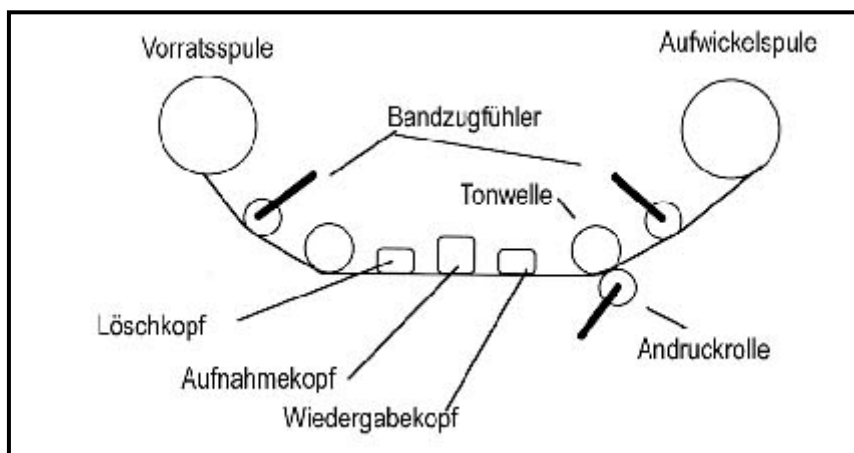
Eine Berührung der empfindlichen Kopfspiegel sollte unbedingt vermieden werden. Um bei möglicher Berührung der Spiegel Kratzer zu vermeiden, ist es sinnvoll, die

Metallspitze der Entmagnetisierungsdrossel mit Isolier- oder Gewebepband zu umwickeln. Beim Kauf einer Drossel sollte man auf eine stabile Ausführung achten. Das Magnetfeld der eingeschalteten Drossel sollte stark genug sein, einige Schlüssel anzuheben oder spürbar an Eisenmetallen haften.

### Sauberhaltung des Gerätes

Für einwandfreie Aufnahme und Wiedergabe müssen alle Teile des Bandpfades sauber sein. Zur Reinigung eignet sich gleichermaßen Brennspritus oder Isopropyl- bzw. Isopropanolalkohol. Feuerzeugbenzin ist weniger empfehlenswert, da es u. U. Kunststoffteile angreifen kann. In Sonderfällen, bei sehr hartnäckigen Verschmutzungen kann Benzin jedoch mit größter Vorsicht angewandt werden. Lackverdünner oder gar Aceton sind völlig ungeeignet.

Das Reinigungsmittel wird auf z. B. ein Wattestäbchen aufgebracht und mit diesem dann die Verschmutzungen entfernt. Auch gut geeignet sind Papierfilter (nicht solche mit Aktivkohle) für Pfeifen und Zigarettenspitzen, z. B. von Dr. Perl, die in guten Tabakwarengeschäften erhältlich sind. Diese Filter lassen sich gut auf Holzstäbe aufspießen und eignen sich hervorragend zum entfernen von härteren Ablagerungen. Metallene Gerätschaften sollten auf keinen Fall für die Reinigung des Bandpfades



verwendet werden, da neben Magnetisierungen die Gefahr von Kratzern besteht. Die zahlreichen Sprays sind natürlich auch für die Reinigung geeignet. Da aber auch hier nachgeputzt werden muss, kann man doch gleich zum preiswerten Spiritus greifen. Die

Tonrolle darf bei der Reinigung nicht vergessen werden. Hier genügt es, in der START-Position die sich drehende Tonrolle und Welle mit einem Wattestäbchen oder einfach einem Stofftuch unter mäßigem Druck zu berühren. Ist die Tonrolle im Laufe der Zeit glänzend geworden, kann man diese Schicht mit feinem Schmirgelpapier wieder entfernen. VORSICHT! Bei spröder oder rissiger Gummirolle kann das zur Zerstörung der Tonrolle führen. Gummipflegemittel versprechen oft, den Versprödungsprozess zu stoppen, enthalten aber meist Gleitmittel, die an dieser Stelle den Schlupf unzulässig vergrößern und daher nur schaden können.

### Sauberhaltung des Bandmaterials

Wer seine Bänder nach Gebrauch wieder in die schützende Verpackung zurücklegt, wird kaum Ärger mit Verschmutzungen haben. Im Bedarfsfalle kann man mit einem weichen, nicht fusselnden Tuch das zwischen zwei Fingern im schnellen Vorlauf durchlaufen lassen. Wenn sich dabei die in dem Abschnitt „Bandschmierer“ beschriebenen Symptome zeigen, lesen Sie dort Einzelheiten nach. Ansonsten kann dem Band kaum etwas zustoßen, solange es sorgfältig behandelt und richtig gelagert wird.

### Schneiden und kleben

Bei Unfällen kann es vorkommen, dass das Band reißt. Notfalls lässt sich eine gerissenes Band provisorisch mit Büroklebeband flicken. Um eine korrekte Klebestelle zu erhalten, ist spezielles Klebeband nötig. Solches Klebeband wird z. B. von EMTEC hergestellt. Der gleiche Hersteller liefert auch Vorspannband und natürlich Tonträger. Das Band sollte immer etwa 45° schräg geschnitten werden, um die Klebestelle möglichst unhörbar zu machen. Man kann die beiden zu verbindenden Bandstücke zusammen zwischen den Fingern spannen und schneiden um die Klebestelle auf eine ebenen Fläche oder der an vielen Bandgeräten vorhandenen Klebeschiene durchzuführen. Um das Band auf der Fläche oder Klebschiene zu fixieren, kann eine Flüssigkeit, die immer verfügbar ist aufgetragen werden. Dann lassen sich die Enden leichter rangieren. Bedeutend einfacher und exakter lässt sich das Kleben mit speziellen Schneide- und Klebelehren erledigen. Das Klebeband ist einen Hauch schmalere als das Tonband, so dass hier etwas Spielraum vorhanden ist. Wem die Übung beim Kleben fehlt, kann ein wenig Spiritus auf den Kleber geben. Dann lässt sich das Klebeband noch etwas verschieben, allerdings dauert das Trocknen einige Sekunden. Eventuelle Luftblasen unter dem Klebeband sollten sorgfältig entfernt werden. Ideal zum Schneiden sind Scheren aus nicht- magnetischem Material geeignet. Da diese aber sehr teuer und kaum erhältlich sind, kann auch eine rostfreie Schere benutzt werden. Rostfreier Stahl wird nicht so stark magnetisch wie normaler Stahl, und da ja ohnehin die Entmagnetisierungsdrossel immer griffbereit ist, macht es keine Mühe, alle metallischen Schneidewerkzeuge zu entmagnetisieren. Dann werden die Schnittstellen knackfrei bleiben.

Alle Klarheiten beseitigt?

**Glossar** zum oben stehenden Aufsatz. Vereinzelt Begriffe haben in anderen Bereichen u. U. weitere Bedeutungen, hier wurde aber nur Rücksicht auf mit dem Thema zusammenhängende Begriffe genommen.

**Abschirmung:** Schutz gegen das Einstreuen (Induzieren) von unerwünschten Spannungen in Tonköpfe oder Leitungen

**Amplitude:** Größte Schwingungsweite einer Schwingung von der Nulllinie aus gesehen

**Analog:** eine dem Messwert direkt proportionale Aufzeichnung, leiser Ton, schwache Magnetisierung, lauter Ton, stark Magnetisierung

**Arbeitspunkt:** Schnittpunkt der Grundlinie des NF- Signals mit der Remanzkennlinie. Der Abstand zwischen senkrechter Achse und Grundlinie entspricht der Amplitude des HF- Vormagnetisierungsstroms. Wichtig beim Einstellen eines Gerätes auf ein bestimmtes Bandmaterial.

**Aufnahme:** Das Aufzeichnen eines Signals auf das Tonband, auch die komplette Produktion einer Ton- oder Videoaufzeichnung. Live – Aufzeichnungen werden auch als Mitschnitt bezeichnet.

**Aufnahmekopf:** Auch als Sprechkopf bezeichnet, er wandelt die Spannungsänderungen, die vom Aufnahmeverstärker kommen in Magnetfelder um, die das Band durchdringen und magnetisieren.

**Aufnahmeverstärker:** Verstärkt die schwachen Spannungen der Tonquellen und passt den Spannungsverlauf an die Magnetisierungskennlinie des Bandes an.

**Aufsprechüberhöhung:** Entzerrung, siehe dort

**Aussteuerung:** Einstellen des NF- Signals auf den für die Magnetisierung des Bandes optimalen Wert.

**Bandbreite:** der Frequenzbereich, der von einem Gerät übertragen werden kann, z.B. Frequenzbandbreite = 20 – 22.000 Hz. Mech. Breite der Bänder siehe **Breite**

**Bandfluß:** Menge der in der magnetischen Schicht eines Bandes vorhandenen Kraftlinien. Vergleichbar mit der Stromstärke Ampère beim elektrischen Strom.

**Bandsalat:** Auch mit Essig und Öl ungenießbar, entsteht wenn durch Pannen oder schlecht eingestellte Bandgeräte das Band unkontrolliert die Spule verlässt.

**Bandschmierer:** siehe Hydrolyse

**Bandzug:** Kraft, mit der das Tonband durch den Bandpfad gezogen wird. Einige Geräte haben Umschaltmöglichkeiten, um den Bandzug an verschiedenen Spulendurchmesser anzupassen.

**Bobby:** Wickelkern zu Verwendung von Bändern ohne Spulen auf Wickeltellern. Wird hauptsächlich im professionellen Bereich verwendet. Auch AEG- oder CCIR – Kern genannt. Der NAB- Wickelkern wird auch Hub genannt.

**Breite:** Die Breite von Tonbänder wird in Zoll (") oder Bruchteilen bzw. Mehrfachen gemessen. 6,3 mm ist das normale Format, entspricht etwa  $\frac{1}{4}$ ", dann kommen aufsteigend  $\frac{1}{2}$ " 1" und 2" – Bänder. Die Bänder in Compact – Cassetten sind 3,81mm breit, entsprechend 0,15 Zoll. Die  $\frac{1}{4}$ " – werden auch scherzhaft als Schnürsenkel bezeichnet.

**Capstan:** engl. Bezeichnung für die Tonwelle

**CCIR:** Abk. für Comité Consultatif International des Radiocommunications. Die CCIR legt etliche Normen fest, die erst den internationalen Bandaustausch ermöglichen.

**Drossel:** auch Löschdrossel; Kupferdrahtspule mit Eisenkern, die wenn sie von Wechselstrom durchflossen wird, zum entmagnetisieren von Tonköpfen und Bandpfad eingesetzt wird.

**Eisenoxid:** Magnetisierbare Grundsubstanz des Tonbandes, chem.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

**Entzerrung:** Da die Tonfrequenz nicht immer proportional zur Stärke des Originalsignals aufgezeichnet wird, verbiegt man gewissermaßen den Frequenzgang bei der Aufnahme. Dadurch werden manche Frequenzen lauter aufgezeichnet, als es eigentlich richtig wäre. Bei der Wiedergabe wird die Frequenzkurve linearisiert und entspricht wieder dem Original. Die weiterbreitesten Entzerrungen sind CCIR und NAB. Ohne dies Normen wäre der Bandaustausch sehr erschwert.

**Fluss, magnetischer:** Anzahl der magnetischen Kraftlinien in einem magnetisierten Stoff, hier dem Tonband. Die Maßeinheiten sind Maxwell (M) und Weber (Wb) bzw. Bruchteile davon.

**Fremdspannungsabstand:** das in Dezibel (db) gemessene Verhältnis zwischen Fremdspannung (Bandrauschen) und des Nutzsignals eine voll ausgesteuerten Magnetbandes.

**HF, Hochfrequenz:** Frequenzen oberhalb des Hörbereiches. Die Grenze ist nicht genau zu definieren.

**Hochfrequenz- Vormagnetisierung:** Verfahren zur annähernd verzerrungsfreien Tonaufzeichnung. Das Tonsignal wird zusammen mit einer unhörbaren Hochfrequenz aufgezeichnet. Dadurch verschiebt man den Arbeitspunkt in den gradlinigen Teil der Remanenzkurve.

**Hörkopf:** siehe Wiedergabekopf

**Hub:** sprich Hab, NAB – Wickelkern, siehe auch Bobby.

**Hydrolyse:** Ein chemischer Vorgang, beim dem durch Einwirkung von Feuchtigkeit, hauptsächlich Luftfeuchtigkeit das Bindemittel (Kleber) so beschädigt wird, dass bei Gebrauch des Bandes Ablagerungen entstehen. Betroffene Tonträger lassen sich kurzfristig durch thermische Behandlung soweit wieder herstellen, dass Umkopieren auf andere Medien möglich ist. Auch als Schmierer bekannt, tritt mitunter in Verbindung mit Quietschen auf.

**Hysteresse, Hysteresekurve:** Das Wort kommt aus dem Griechischen und bedeutet soviel wie zurückbleiben. Die Hysteresekurve oder Hysteresschleife ist die grafische Darstellung der Magnetisierung eines ferromagnetischen Stoffes in Abhängigkeit von einem variablen Magnetfeld.

**Induktion:** Wird ein Magnetfeld an einem elektrischen Leiter vorbeibewegt, wird in dem Leiter eine Spannung induziert. Die Magnetfelder eines bespielten Tonbandes erzeugen so eine Spannung im Hörkopf, das gleiche Prinzip gilt auch für z.B. für den Fahrraddynamo.

**Kern:** Wickelkern, siehe Bobby

**Koerzitivkraft oder Koerzitivität:** Stärke des Magnetfeldes, das nötig ist ein Magnetband zu löschen. Magnetbänder mit hoher Koerzitivität benötigen einen höheren Löschstrom, um das Band vollständig zu löschen.

**Kombikopf:** Ein Tonkopf, der sowohl für die Aufnahme als auch für die Wiedergabe benutzt wird. Wird meist bei einfachen Tonbandgeräten eingesetzt.

**Kopfeinstellung:** Die mechanische Einstellung der Tonköpfe. Auch hier muss die Einstellung exakt nach Vorschrift erfolgen, um den problemlosen Bandaustausch zu ermöglichen.

**Löschdrossel:** siehe Drossel

**Löschkopf:** ringförmiger Elektromagnet, der vom hochfrequentem Löschstrom durchflossen wird und dadurch das Magnetband löscht. Es zwar auch Gleichstromlöschköpfe, die aber wegen verschiedener Nachteile kaum Verwendung finden.

**Magnetisierung**: die Einwirkung eines Magnetfeldes auf ein magnetisierbares Material

**Magnetschicht**: Mischung aus magnetisierbarem Material (Eisenoxid  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  oder Chromdioxid  $\text{CrO}_2$ ), und Bindemittel, die auf das Trägermaterial aufgebracht wird.

**Masseband**: Früher verwendetes Tonbandmaterial, bei dem die magnetisierbare Substanz im Kunststoffträger verteilt war. Wird heute nicht mehr verwendet.

**Mattierung**: der Bandrückseite. Sorgt für glatte Bandwickel ohne ausgeschossenen Lagen. Diese glatten Bandwickel werden leider nicht von allen Herstellern erreicht.

**NAB**: eigentlich NARTB, Abk. f. **N**ational **A**ssociation of **R**adio and **T**elevision **B**roadcasters, eine amerikanische Normenkommission, die ebenfalls verschiedene, auch international gebräuchliche Normen festgelegt hat.

**NAB – Kern**: siehe Bobby

**NF**: siehe Niederfrequenz

**Niederfrequenz**: Der Frequenzbereich unterhalb von 20.000 Hz. Der Hörbereich des Menschen liegt ausschließlich im NF – Bereich und umfasst etwa 15 Hz – 18.000 Hz, bei älteren Menschen liegt die obere Grenze niedriger.

**PE**: Abk. f. Polyester, das bei Magnetbändern verwendete Trägermaterial

**Permeabilität**: magnetische Leitfähigkeit, Permeabilitätskonstante  $\mu$ . Sie gibt an, um welchen Faktor die die Magnetisierung eines ferromagnetischen Werkstoffs größer ist, als die der Luft. Bsp.: Luft =  $\mu = 1$ ,  $\mu$ -Metallkern von Tonköpfen  $\mu = 20.000$

**Quietschen**: unangenehmes mechanisches Störgeräusch. Wird von nicht ausreichend gleitfähigen Tonbändern erzeugt. Das Q. ist oft ein Zeichen des beginnenden Zerfalls der Magnetschicht bzw. des Binders. Siehe auch Hydrolyse.

**Rauschen**: Störspannungen eines undefinierten Frequenzgemisches. Rauschen kann sowohl von Verstärkern verursacht werden, als auch vom Band.

**Remanenz** oder remanente Magnetisierung: ist die nach dem Abklingen des erregenden Magnetfeldes verbleibende Magnetismus. Bei Tonbändern eine sehr erwünschte Eigenschaft, da hohe Remanenz auch einen hohen Wiedergabepiegel bedeutet.

**Ruhegeräusspannungsabstand**: Das in db (Dezibel) angegebene Verhältnis zwischen dem Grundrauschen eines Tonbandes und dem Pegel bei Vollaussteuerung.

**Schicht**: siehe Magnetschicht

**Signal:** In der Tonbandtechnik gewöhnlich eine Wechselspannung im Hörbereich

**Spalt:** im Eisenkern des Tonkopfes mit unmagnetischem Material gefüllt. Im Spalt treten die Feldlinien aus dem Kopf aus oder in ihn hinein.

**Sprechkopf:** siehe Aufnahmekopf

**Spurlage:** international genormte Position der Lage der Aufzeichnungsspuren auf Magnetbändern

**Standardband, Studioband:** Ein für die Verwendung in Studios, meist auf eine Bandgeschwindigkeit von 38 cm/s optimiertes Band mit einer Gesamtdicke von 50 bis 55 µm. Wird im Amateurbereich kaum noch eingesetzt.

**Wiedergabekopf:** auch Hörkopf genannt. Er wandelt die vom Aufnahme- oder Sprechkopf auf das Band gebrachte Magnetisierung wieder in Wechselspannung um.

**Wirbelstrom:** in den Eisenkernen von Spulen werden Spannungen induziert, die durch den geringen Widerstand des Kerns hohe Ströme zu Folge haben, die den Kopf stark erwärmen. Darum werden Tonköpfe aus einzelnen, voneinander isolierten Blechen, den sog. Lamellen hergestellt. Ferritköpfe haben besonders geringe Wirbelstromverluste.

**Zoll:** 25,4 mm, ein meist im anglophonen Sprachraum verwendetes Längenmaß. 12 Zoll (engl. Inch) ergeben 1 Fuß, (engl. Foot), 3 Foot ergeben 1 Yard. Daher leiten sich die mitunter krummern metrischen Angaben für Bandgeschwindigkeiten ab.