

Analoge Bandmaschinen



Robin Burkhardt

17942

Geschichte

Die Geschichte der Tonbandgeräte begann um 1900 mit der ersten Tonaufnahme der Welt. Zu dieser Zeit wurde noch mit Stahldrahtgeräten experimentiert, bis der Ingenieur Fritz Pfelemer 1928 ein Papierband mit Eisen-Pulver beschichtete. Diese geniale Erfindung leitete die Entwicklung der Tonbandgeräte ein, wobei das Papierband und die Technik noch einige Probleme bereiteten.

Der erste große Schritt war die Entdeckung des Luftspalt Magnet-Kopfes von Eduard Schüller im Jahre 1932. Erst damit konnte man überhaupt ein Magnetfeld aufbauen, dass stark genug war um das Band zu beschreiben. Selbst heute noch basieren alle Geräte auf diesem Prinzip.

1935 präsentierte AEG auf der Berliner Funkausstellung das Tonbandgerät Magnetophon K1 (siehe Abbildung 1). Es funktionierte bereits wie neuere Geräte mit einem drei Motoren antrieb und war ein großer Durchbruch für die Magnetbandtechnik.



Abbildung 1: AEG Magnetophon K1

Die größten Probleme des Magnetophon K1 waren der geringe Rauschabstand und das Papiertonband, welches ständig riss und auch sonst sehr anfällig war. Daraufhin wurde von BASF ein Kunststoffband entwickelt, das diese Probleme endgültig beseitigte.

Die nächste große Weiterentwicklung war 1940 die zufällige Entdeckung der Vormagnetisierung, bei der dem Nutzsignal eine hochfrequente Wechselfrequenz aufmoduliert wurde. Damit konnte bereits ein Rauschabstand von 55-58dB erreicht werden.

Diese dramatischen Verbesserungen wurden 1941 mit der Magnetophon K4 umgesetzt, deren Qualität selbst 10 Jahre später noch nicht übertroffen wurde.

Das Tonband

Das Tonband besteht aus vier Schichten (siehe Abbildung 2).

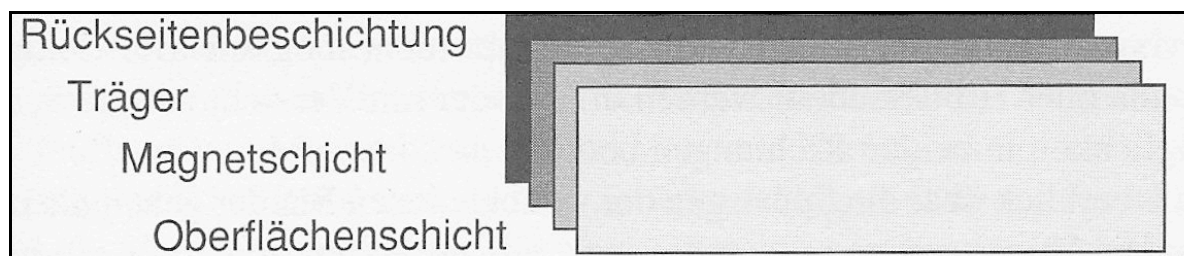


Abbildung 2: Schichten eines Tonbands

Die Trägerschicht ist ein dünnes Band und besteht aus Kunststoff - meist PVC. Dieses wird „vorgereckt“ bzw. gestreckt, damit es sich später nicht mehr verformt. Darauf wird eine magnetisierbare Schicht aufgetragen. Sie besteht aus feinem Eisenoxypulver das gleichmäßig in einem Lack eingebettet und auf den Träger aufgetragen wird. Für einen guten Kontakt zu den Tonköpfen und bessere Aufwicklungseigenschaften werden noch Rückseiten- und Oberflächenschichten aufgetragen.

Tonbänder unterscheiden sich hauptsächlich in der Breite und in der Anzahl der Spuren. Abbildung 3 zeigt eine Übersicht der verbreitetsten Typen:

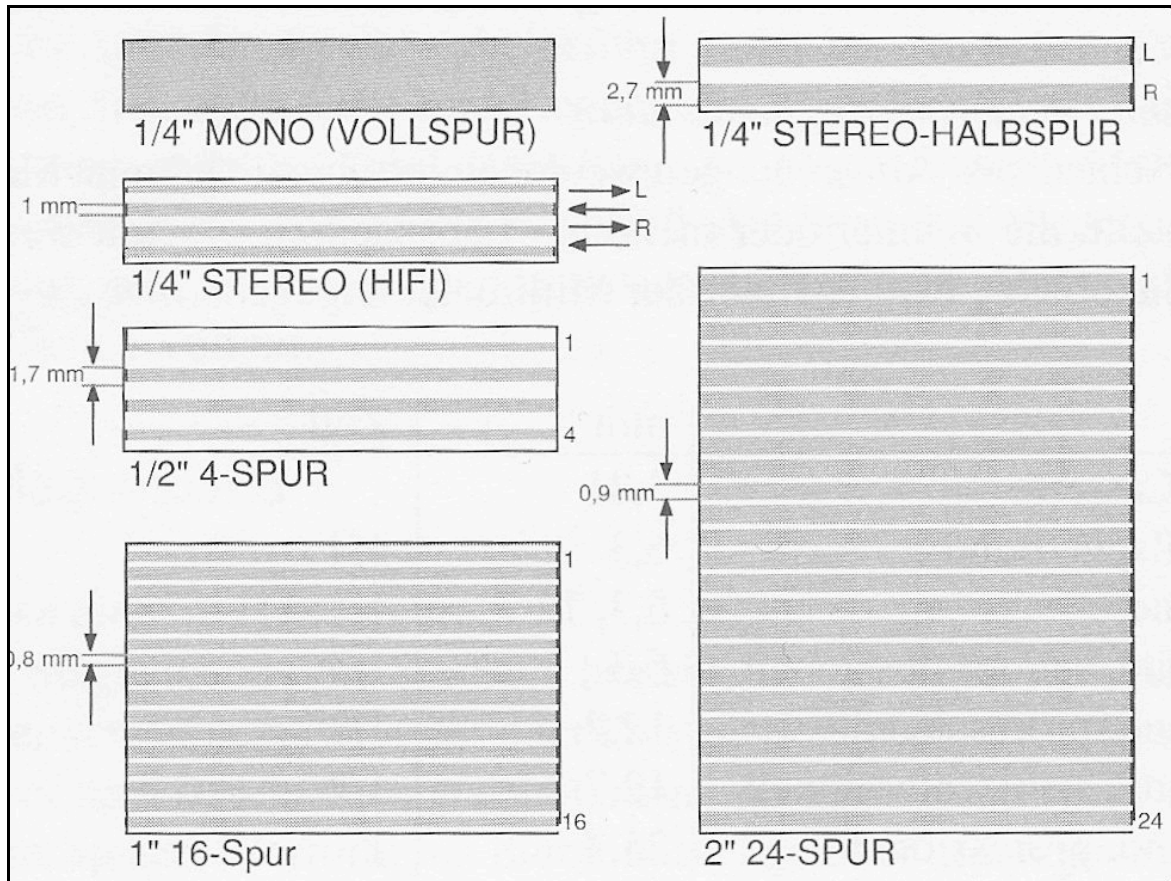


Abbildung 3: Verschiedene Tonbänder

In der Darstellung sieht man die in grau hinterlegten Spuren und dazwischen die weißen Trennspuren.

Das Band kann in verschiedenen Geschwindigkeiten beschrieben bzw. abgespielt werden. Üblich sind 38cm/s und 76cm/s, oft auch in Inch per second angeben (15ip/s oder 30ip/s).

Bandmaterial für eine Studer A80 - ein 2" 24-Spur Gerät – kostet 219 Euro. Bei einer Geschwindigkeit von 15ip/s stehen ungefähr 30 Minuten Aufnahmezeit zur Verfügung, also nicht besonders viel. Welche Kosten bei der Unterhaltung einer Bandmaschine anfallen, wird schon hier deutlich. Allerdings kann das Material mehrmals ohne hörbare Qualitätsverluste überspielt werden. Von daher relativieren sich die Kosten wenn man das Band nicht als Endmedium verwendet.



Aufbau & Technik

Als Beispiel einer Bandmaschine eignet sich die Telefunken M15a (siehe Abbildung 4), da sie sehr übersichtlich gebaut ist:



Abbildung 4: Telefunken M15a – Übersicht

Die Bedienleiste

Links unten sieht man die Bedienleiste (Abbildung 5) mit den typischen Funktionen:



Abbildung 5: Telefunken M15a - Bedienleiste

Ganz links ist der Spulknopf zu sehen, mit dem Hebel daneben wird die Richtung bestimmt. Der Aufnahmeschalter startet zusammen mit Start gedrückt den Aufnahmeprozess. Mit Start- und Stoppschalter kann der Bandtransport gestartet und angehalten werden. Außerdem befindet sich noch eine Geschwindigkeitswahl zwischen 76cm/s bzw. 38cm/s in der Bedienleiste. Mit dem letzten Knopf kann das Zählwerk, dass zur Orientierung stetig mitläuft zurückgesetzt werden.

Der Transport

Der Antrieb und die Führung des Bandmaterials ist ein sehr bedeutender Aspekt der Qualität von Bandmaschinen. Wenn die Geschwindigkeit nicht konstant bleiben würde, hätte dies eine ständige Änderung der Originaltonhöhe zur Folge, was denkbar ungünstig wäre.

Für einen konstanten Antrieb sorgen in heutigen Maschinen drei Motoren. Davon treiben zwei die Abwickel- und Aufwickelteller an. Der letzte sitzt vor dem Aufwickelteller und treibt mit dem so genannten Capstan das Band direkt an.

Der Capstan ist eine sich drehende Motorachse, die das Bandmaterial gegen eine Andruckrolle drückt. Diese Drehbewegung wird ständig gemessen und elektronisch nachgeregelt, somit wird eine konstante Geschwindigkeit sichergestellt.

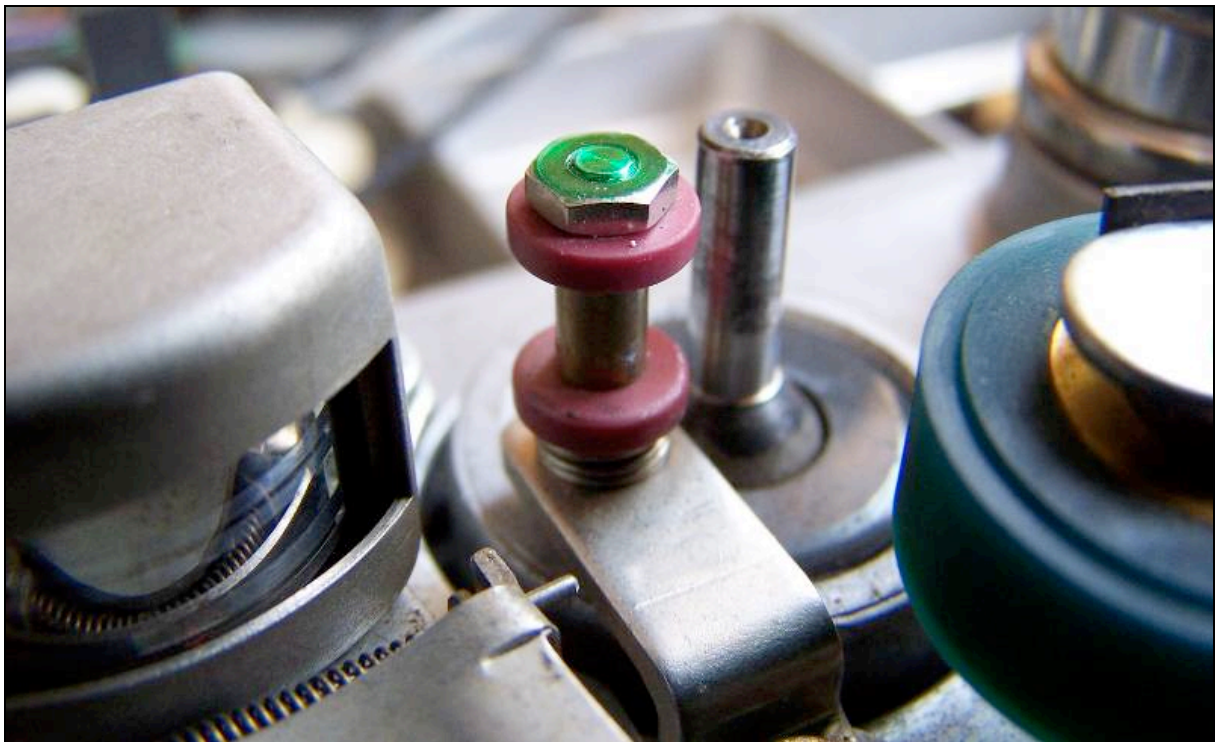


Abbildung 6: Capstan

Die Führung des Bandmaterials wird über die Bandführungsrollen (siehe Abbildung 4) geregelt. Während die Rollen nach dem

Abwickelteller stets leicht „abbremsen“, wird vor dem Aufwickelteller rechts ein wenig „gezogen“. Damit soll ein ausgewogener Bandzug erreicht werden. Zu viel Zug würde dazu führen, dass das Band durch den Capstan schlupft und zu wenig Zug würde eine schlechtere Aufwicklung bewirken.

Der Kopfträger

In dem Kopfträger, gewissermaßen dem Herz einer Bandmaschine, befinden sich die Tonköpfe. In professionellen Geräten sind das drei Stück: ein Löschkopf, Aufnahme- und Wiedergabekopf. Als Beispiel für einen Kopfträger ist in Abbildung 7 der einer Telefunken M10 dargestellt.

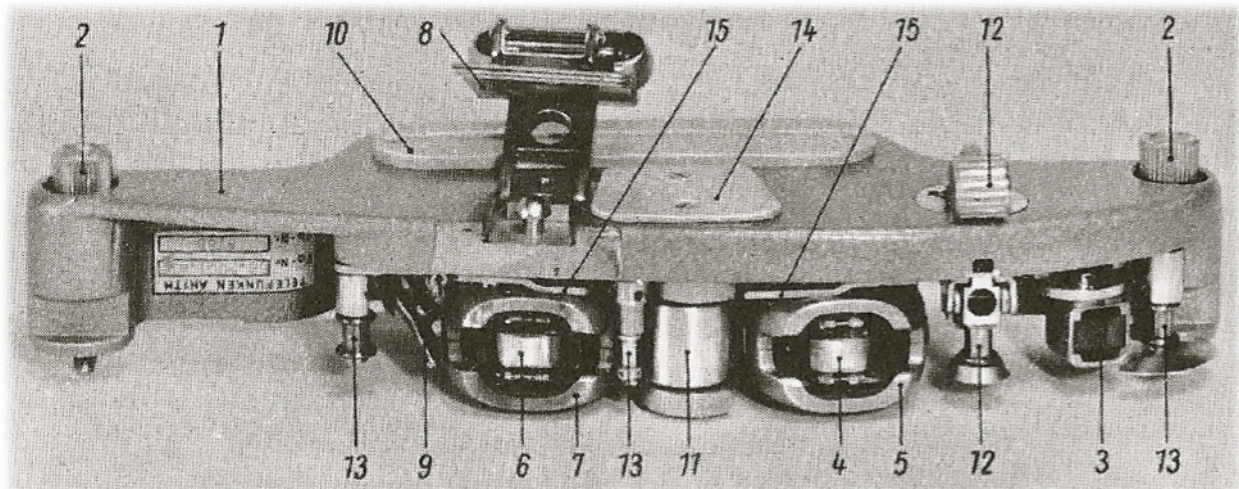


Abbildung 7: Kopfträger einer Telefunken M10

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| 1 = Gussträger | 8 = Abschirmklappe |
| 2 = Befestigungsschraube | 9 = Bandschere |
| 3 = Löschkopf | 10 = Klebeschiene |
| 4 = Aufnahmekopf | 11 = Beruhigungsrolle |
| 5 = Abschirmung | 12 = Bandheber |
| 6 = Wiedergabekopf | 13 = Bandführung |
| 7 = Abschirmung | 14 = Kopfjustierung |

Die Tonköpfe

Die Tonköpfe bestehen aus einem eisernen Ringkern mit Luftspalt

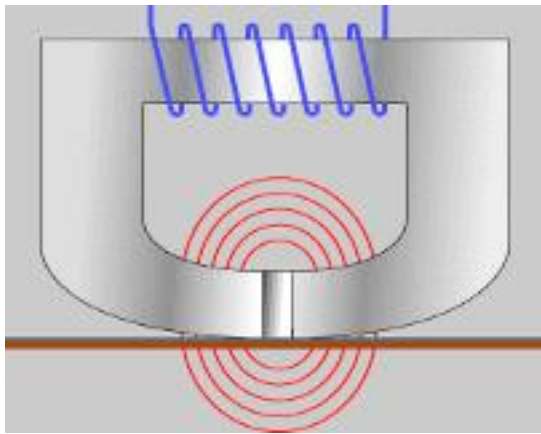


Abbildung 8: Ringkern Luftspalt Magnetkopf

an dem das Band vorbeigeführt und „beschrieben“ bzw. „gelesen“ wird. Das Prinzip basiert auf dem Magnetismus, daher auf dem Induktionsgesetz. Dieses besagt, dass ein stromdurchflossener Leiter (blaue Spule in Abbildung 8) in seiner Umgebung ein magnetisches Feld (rot dargestellt) erzeugt. Ein magnetisierbares Material in der

Nähe dieses Feldes kann dadurch magnetisiert werden.

Umgekehrt kann das magnetisierte Material anschließend wieder eine Spannung in einen Leiter induzieren.

Bei der Aufnahme entsteht durch den kontinuierlichen Transport des Bandes, längs entlang des Aufnahmekopfes, eine zeitliche Änderung der Magnetisierung (=Bandfluß) proportional zum Nutzsignal. Beim Abspielen erzeugt das Band dann im Wiedergabekopf eine Spannung.

Das Problem dabei ist, dass die magnetische Feldstärke nicht proportional zu dem zugeführten elektrischen Signal reagiert. Deswegen wird dem Nutzsignal eine hochfrequente Sinusspannung (80...150kHz) aufmoduliert. Diese verstärkt das Signal und verschiebt den Arbeitsbereich des Nutzsignals in den linearen Bereich der Hystereseurve. Das ist die sogenannte HF-Vormagnetisierung (engl.: BIAS).

Der Löschkopf löscht die Spuren vor jeder Aufnahme, auch ein neues Band muss vor Gebrauch gelöscht werden. Dabei werden die Spuren mit der HF-Vormagnetisierung soweit angesteuert, bis das Magnetfeld abklingt und die Spuren „entmagnetisiert“

sind. Jedoch werden nie alle Partikel „gelöscht“, was zu Folge hat, dass nach mehrmaligem Löschen die Qualität abnimmt.

Bandmaschinen sollten täglich eingemessen werden, am besten vor jeder Benutzung. Natürlich um mit einem linearen Gerät zu arbeiten, andererseits um die Austauschbarkeit der Bänder sicherzustellen. Dazu braucht man ein Bezugsband mit dem man den Frequenzgang und BIAS einmessen muss. Das muss für den Wiedergabe- und Aufnahmekopf geschehen und ist ein enormer Zeit- und Geldaufwand!

Geräte & Hersteller

Bandmaschinen lassen sich in zwei Kategorien unterteilen. Zum einen Stereo-Bandmaschinen die hauptsächlich als Mastermaschinen für den Down-Mix gebräuchlich sind. Auf der anderen Seite Mehrspurmaschinen, die bei der Aufnahme und Mixen zum Einsatz kommen. Üblich sind Geräte von 4 bis zu 32 Spuren. Falls mehr Spuren benötigt sind, können Geräte per Timecode synchronisiert werden. Professioneller Standard in Tonstudios waren 24 Spuren auf 2“ Band.

Auch Overdubs waren mit dem „Sync-Modus“ möglich. Dabei kann der Aufnahmekopf als Wiedergabekopf für die Playbackspuren genutzt werden, um den zeitlichen Versatz zwischen den beiden Köpfen zu kompensieren.

Die bekanntesten Hersteller von Bandmaschinen sind:

- Telefunken (Deutschland)
- Studer (Schweiz)
- Revox (Consumer Modelle von Studer)
- Otari (Japan)
- Ampex (Amerika)
- Tascam (Japan)

Rauschunterdrückung:

Magnetische Aufzeichnungssysteme haben den schlechtesten Geräuschspannungsabstand in der gesamten Signalkette eines Studios. Besonders in leisen Passagen ist dies ein großes Problem, deshalb hat man die Komandersysteme entwickelt.

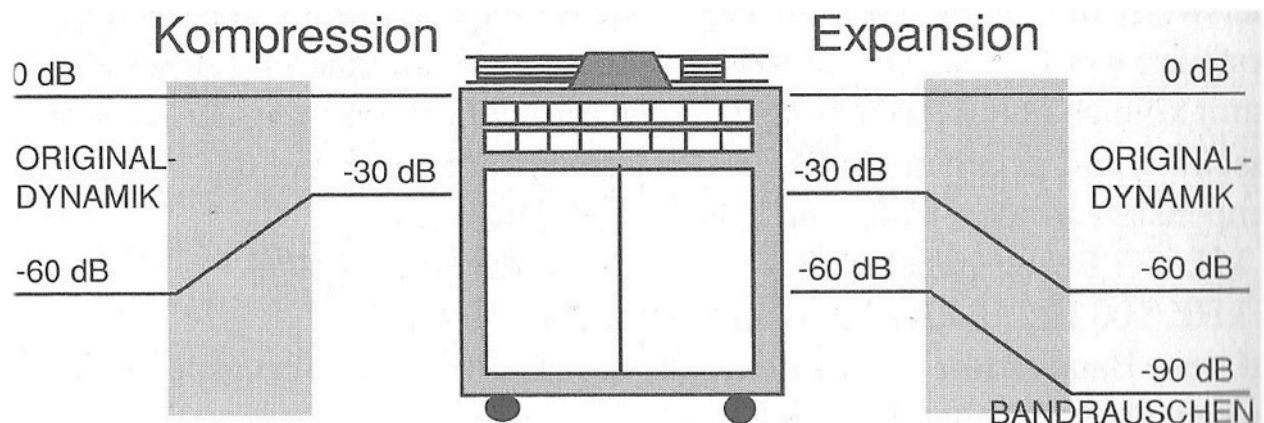


Abbildung 9: Komandersystem

Die Idee eines Komandersystems ist die Dynamik des Eingangssignals bei der Aufnahme zu komprimieren und anschließend bei der Wiedergabe wieder zu expandieren. Dabei wird bei der Expansion das Bandrauschen mit abgesenkt. Im oberen Beispiel erhöht sich dabei der Rauschabstand um 30db.

Die Semiprofessionellen Varianten dbx und Dolby-B arbeiten bei der Kompression und Expansion mit konstanter Ratio, Attack- und Releasezeit. Dadurch sind Regelvorgänge hörbar, da tiefe Frequenzen länger einschwingen müssen als hohe und daher andere Parameter benötigen. Außerdem arbeiten die beiden Systeme mit nur einem Band, was durchaus problematisch ist, wenn das Signal bei hohen Pegeln einen großen Tiefenanteil hat. Das Rauschen bleibt in den Höhen unbearbeitet und macht sich als besonders störend bemerkbar. In der Praxis werden damit +20...30dB Störabstand erreicht.

Die Professionelle Variante Dolby-A hat vier Bänder, die unabhängig voneinander arbeiten. Jedes Band hat angepasste

Attack- und Releasezeiten, dadurch werden Regelvorgänge weitgehend unhörbar. Allerdings muss das System vor jedem Gebrauch eingemessen werden, um bei der Wiedergabe stets mit den gleichen Pegeln und Spektrum arbeitet.

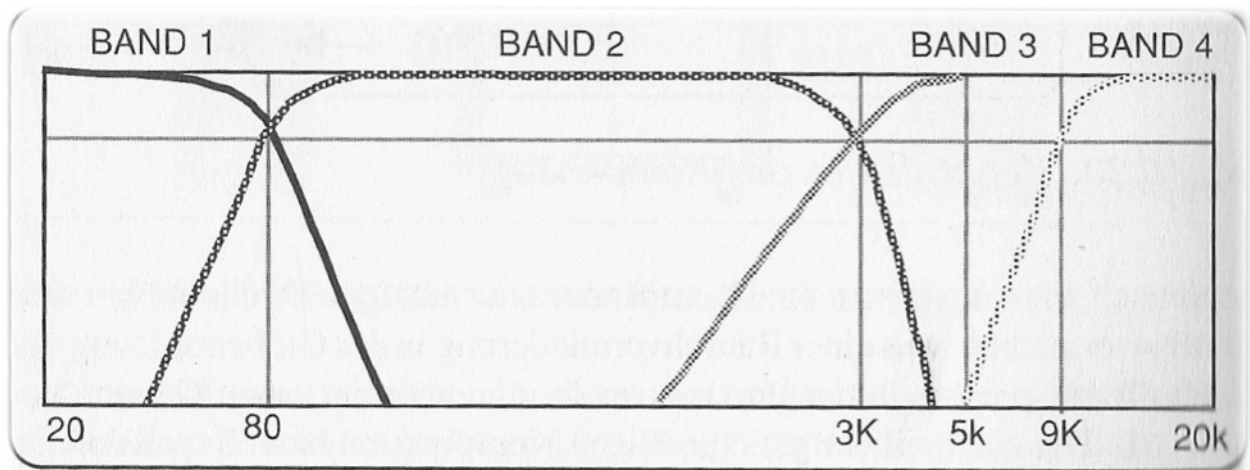


Abbildung 10: Dolby-A

Effekte:

Eine Eigenschaft des Magnetbandes ist die Bandsättigung. Wenn das Signal zu hoch angesteuert wird, tritt eine natürliche Kompression bzw. Limiting ein. Vorteile der Bandsättigung gegenüber normalen Kompressoren sind, dass keine Regelvorgänge hörbar sind und harmonische Verzerrungen auftreten. Auch heutzutage ist dieser Effekt beliebt und wird deshalb als Plug-In nachempfunden.

Bei dem Tape-Delay wird das Originalsignal auf eine zweite Bandmaschine die mehrere Wiedergabeköpfe hat, überspielt und wieder zurückgeführt. Je nachdem an welcher Position abgegriffen wird entstehen so verschiedene Delayzeiten.

Quellen:

„Handbuch der Tonstudioteknik“ – Dickreiter

„Das Tonstudio Handbuch“ - Hubert Henle

„Digitale und analoge Popmusikproduktion heute“ – Dennis Kopacz (Bachelorarbeit)

www.magnetbandmuseum.info

www.studerundrevox.de