

# Analoge Aufnahme & Direct to Disc



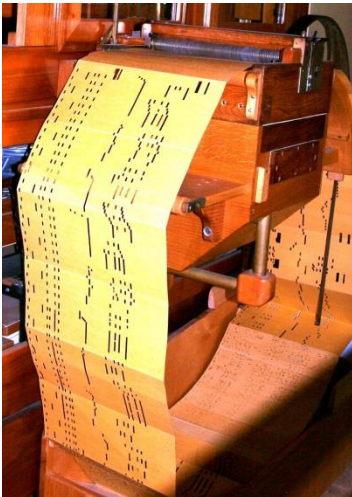
Tonseminar (Prof. Oliver Curdt)  
Miriam Böhm  
Wintersemester 2015/2016

Hochschule der Medien - Stuttgart

## 1. Die Anfänge: reproduzierbare Musik

Bis zum Jahr 1877 gab es noch keine Möglichkeit Schall zu speichern. Es war lediglich möglich die Anleitung in Form von Tonsteuerungsträger festzuhalten. So konnten mechanische Musikinstrumente gesteuert werden, die das manuelle Spielen ergänzten oder es vollständig ersetzen.

Dies geschah zum Beispiel durch Stiftwalzen, Lochscheiben und Lochbänder, die als Faltkarton im Endlosbuch Pfeifenorgeln steuerten, wie sie typischerweise auf Jahrmärkten eingesetzt wurden.



Lochband



Lochscheibe



Stiftwalze

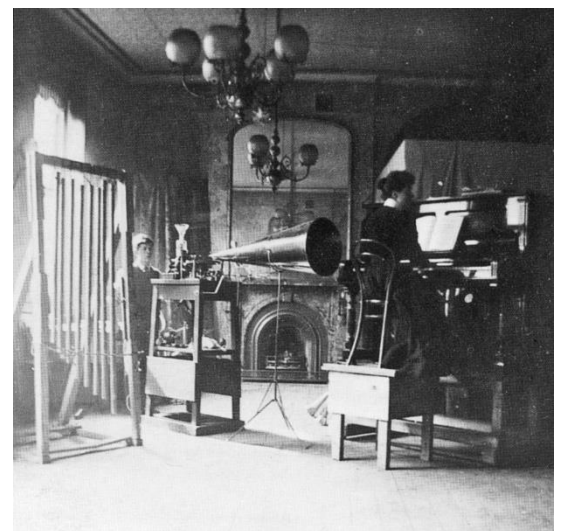
## Akustisch-mechanische Aufnahmeverfahren

Ab 1877 änderte sich das mit der Entwicklung von akustisch-mechanischen Aufnahmeverfahren. Hierfür werden über einen Trichter die Schallwellen aufgefangen, gebündelt und an eine Membran weitergeleitet. An dieser befindet sich ein Schneidstichel, der eine modulierte Rille in das Aufnahmemedium schreibt.

Bei der Wiedergabe wird die Rille durch eine Nadel ausgelesen. Die Bewegung wird in eine Membranauslenkung umgesetzt und der so entstehende Schall über eine Trichter verstärkt und hörbar gemacht.

Eine Möglichkeit die Lautstärke zu steuern gab es durch die Verwendung verschiedener Nadelstärken. Es gab leise Nadeln für das heimische Wohnzimmer, mittlere Nadel und laute Nadeln beispielsweise für Tanzveranstaltungen. Da eine Bearbeitung der aufgenommenen Signale im Nachhinein nicht möglich war, musste bei der Aufnahme von Musik bereits darauf geachtet werden, dass die Musiker und eventuelle Sänger so zueinander positioniert wurden, dass die klangliche Balance einigermaßen ausgewogen war.

Es kann davon ausgegangen werden, dass alle Aufnahmen bis 1925 akustische Aufnahmen sind.



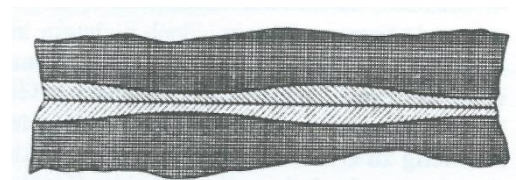
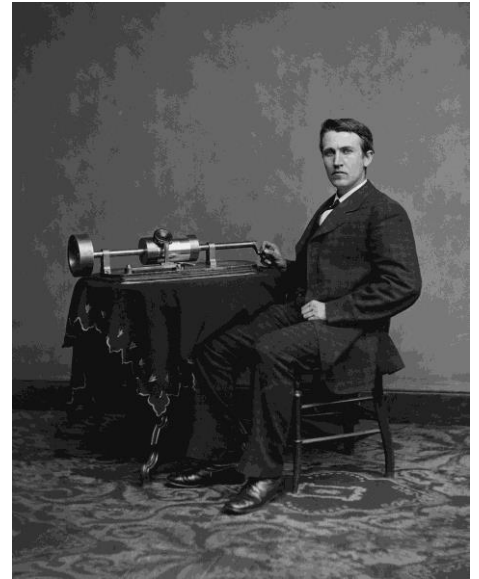
## Thomas A. Edison - Der Phonograph

Einer der Pioniere auf dem Gebiet der akustisch-mechanischen Aufnahme war der US-Amerikaner Thomas A. Edison. Er erfand 1877 den Phonographen, auch Walzenspieler genannt. Hierbei schneidet der Schneidstichel auf einen sich drehenden Zylinder auf Zinnfolie. Es gab zwei Schalldosen, eine zur Aufnahme und eine zur Wiedergabe. Manche Modelle besaßen nur eine Schalldose, die für beides diente. Die Spieldauer beschränkte sich auf 2 - 4 Minuten, je nachdem mit welcher Geschwindigkeit die Walze lief.

Nach kurzer Zeit wurde die Zinnfolie durch Wachs ersetzt. Das hatte den Vorteil, dass es abschabbar war und wieder beschrieben werden konnte. War eine Walze nicht mehr zu gebrauchen, konnten Leerwalzen nachgekauft werden. Somit fungierte der Phonograph als erstes, von jedermann bespielbares Diktiergerät. Das war die große Stärke des Phonographen und der Grund dafür, dass er sich noch bis in die 1950er Jahre auf dem Markt hielt.

Der entscheidende Nachteil war, dass die Walzen nur einzeln bespielbar waren. Vervielfältigung in großem Stil für den Massenmarkt war nicht möglich. Des Weiteren war das Wachs spröde, nutzte sich schnell ab und war leicht zerbrechlich.

Thomas Edison versuchte noch ein anderes Format auf den Markt zu bringen, seinen „Diamond Disc Phonograph“. Dieser schrieb auf eine flache runde Platte eine von außen nach innen geschriebene Rille. Die Rille war in Tiefenschrift geschrieben. Hierbei wird die Auslenkung der Membran vertikal in die Platte geschrieben. Das führt dazu, dass die auslesende Nadel eine hohe Andruckkraft braucht, um dem Verlauf der Rille gut folgen zu können. Dadurch ergibt sich jedoch ein recht hoher Verschleiß und somit mehr Störgeräusche. Zudem konnte die Nadel dem Verlauf von hohen Frequenzen nicht gut folgen. Aus diesen Gründen hat sich Edisons Plattenformat nicht durchgesetzt und überlebte nur bis 1929.



Tiefenschrift



## Emil Berliner - Das Grammophon

Der zweite Pionier auf dem Gebiet der Schallaufzeichnung war der in die USA ausgewanderte Deutsche Emil Berliner. Er meldete 1887 sein „Gramophone“-Schallplatten-System zum Patent an und erfand somit auch den Begriff „Schallplatte“. Zwar gab es zu diesem Zeitpunkt schon die Platte von Thomas A. Edison, jedoch konnte dieser anfangs keine funktionsfähige Ausführung vorweisen.

Berliners entscheidender Vorteil, der ihm zum Erfolg seiner Schallplatten verhalf, war, dass er Seitenschrift verwendete. Hierbei wird die Membranauslenkung in eine horizontale Bewegung des Schneidstichels umgesetzt und in eine Zinkscheibe geschrieben. Durch galvanoplastische Verfahren konnten zum Original exakt gleiche Kupferabzüge hergestellt werden, die als Pressmatrizen verwendet werden konnten. Somit waren die Platten einfach für den Massenmarkt herstellbar.

Das Zink hatte jedoch keine glatte Oberfläche, was zu vielen unerwünschten Geräuschen führte. Für Aufnahmeplatten wurde ab 1900 das Zink durch Wachs ersetzt. Das sorgte für eine Steigerung der Klangqualität mit weniger Störgeräuschen. Als Material für die Vervielfältigung führte Emil Berliner 1897 Schellack ein.

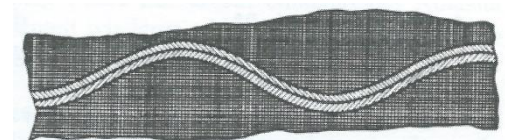
Anfangs waren die Schallplatten einseitig bespielt, hatten einen Durchmesser von 12 cm, liefen mit 78 Umdrehungen pro Minute und hatten eine Spielzeit von 3 - 4 Minuten. Bald wurde der Durchmesser vergrößert und die doppelseitig bespielte Schallplatte eingeführt. Durch Gravur oder ab 1901 durch Papieretiketten war es möglich, die Platten zu beschriften.

Die entscheidenden Merkmale von Berliners Schallplatten waren, dass sie platzsparender als Edisons Wachswalzen waren, dass die Abspielkonstruktion einfacher und somit kostengünstiger war und dass die Schallplatten einfach und originalgetreu für den Massenmarkt kopiert werden konnten. Im Jahr 1906 schafften etwa 200 Pressen eine Produktion von 36.000 Platten am Tag.

Ein kleiner Nachteil der Platten gegenüber der Walzen war, dass sie nur für die Wiedergabe gedacht waren und nicht zum Aufnehmen. So hielt sich Edisons Phonograph noch bis in die 1950er Jahre als Diktiergerät überwiegend für Büroanwendungen.



Orchesteraufnahme 1913 mit Trichter



Seitenschrift

## 2. Technologienwechsel 1925: elektroakustisch-magnetische Systeme

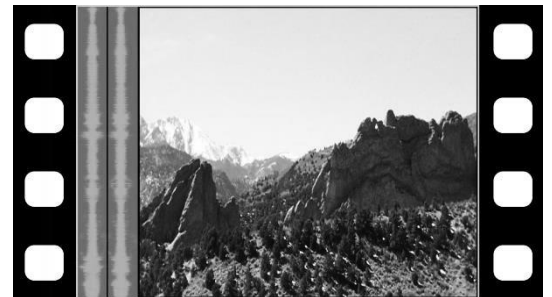
Ab 1919 kam es zu einer Entwicklung, die Grundlage aller akustischen Systeme ist, die heutzutage in Gebrauch sind. Elektroakustisch-magnetische Systeme wurden erfunden. Die Membranauslenkung wird nun in eine elektrische Wechsellspannung umgesetzt. Diese Wechsellspannung konnte nun verstärkt und auf Lautsprechern wiedergegeben werden. Das erste auf diesem System basierende Mikrofon, damals noch elektromagnetischer Schreiber genannt, hatte einen Frequenzgang von 100 Hz bis 4500 Hz. Ab 1925 stellten fast alle Schallplattenfirmen auf dieses Verfahren um.



Orchesteraufnahme 1925 mit Mikrofon

## 3. Lichtton Verfahren

Im Zuge der Entwicklung des Tonfilms entstand das Lichtton-Verfahren. Es bot die Möglichkeit Bild und Ton synchron zu halten, womit man lange Zeit Schwierigkeiten gehabt hatte. 1929 wurde nun dieses neue Verfahren vorgestellt. Hierbei wird der Ton als Lichtspur mit den Schallschwingungen entsprechend variierender Breite auf den Film aufgezeichnet.



Dieses Verfahren bleibt auf die Anwendung im Filmbereich beschränkt. Es wird noch heute angewendet. Jedoch wurde es in den 1990er Jahren digitalisiert und im Lauf der Jahre so erweitert, dass mehrere Tonspuren und noch zusätzliche Informationen wie beispielsweise Timecode aufgezeichnet werden können.

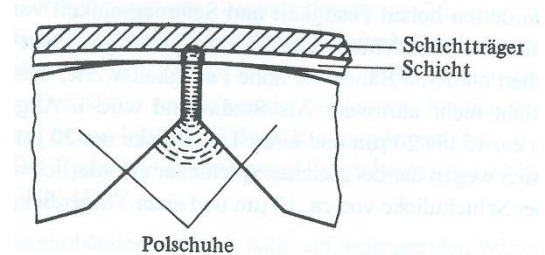
#### 4. Magnetton Verfahren

Das für die Musik und den Rundfunk wichtigste Verfahren wurde das Magnetton-Verfahren. Der Name entstand als Gegenwort zum Lichtton.

Ab 1936 konnte Schall magnetisch auf Tonbänder aufgenommen werden. Das ermöglichte nun erstmals eine Nachbearbeitung der aufgezeichneten Tonsignale.

Grundlage für das Tonband ist Magnetismus. Um einen stromdurchflossenen Leiter entsteht ein ringförmiges Magnetfeld. Wickelt man den Leiter zu einer Spule, verläuft das Magnetfeld durch die Spule und außerhalb von ihr wieder zurück. Schließt man die Spule zu einem Ring, verlaufen die Feldlinien nur noch im Inneren der Spule. Das Einbringen eines ferromagnetischen Ringkerns in die Spule verstärkt die magnetische Feldstärke. Lässt man im Ringkern einen kleinen Spalt, entsteht dort eine besonders hohe Feldstärke.

Dieser Spalt wird Kopfspalt genannt. An ihm treten die Feldlinien aus dem Ringkern aus und können somit ein Material magnetisieren, das an dem Spalt vorbeigeführt wird.



#### Aufbau einer Bandmaschine (im Rundfunk)

Eine Bandmaschine besteht aus zwei Bandtellern (Wickelteller). Auf dem linken befindet sich das abzuspielende Band und auf dem rechten wird es wieder aufgewickelt. Über Führungsrollen wird das Band an drei Tonköpfen vorbeigeführt, dem Löschkopf, dem Aufnahmekopf und dem Wiedergabekopf. Geschnitten werden kann entweder über eine Schere, die sich am Wiedergabekopf befindetet, oder mit der Schneideeinrichtung. Es kann auch eine Schere verwendet werden, die jedoch aus nicht magnetisierbarem Material sein muss.

Des Weiteren gibt es für den Bandtransport eine Antriebsrolle (Capstonmotor). Über das Bedienfeld kann das Band abgespielt und gestoppt werden, die Bandgeschwindigkeit eingestellt werden, es kann gespult werden und es kann eine Aufnahme gestartet und gestoppt werden.





## Schnitt

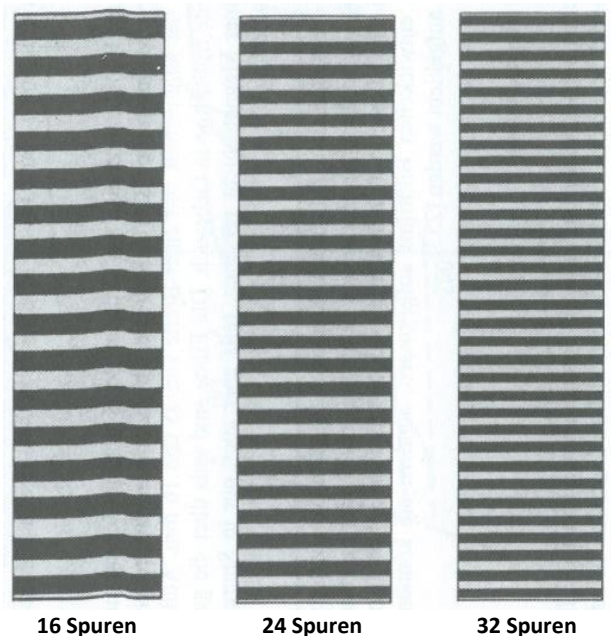
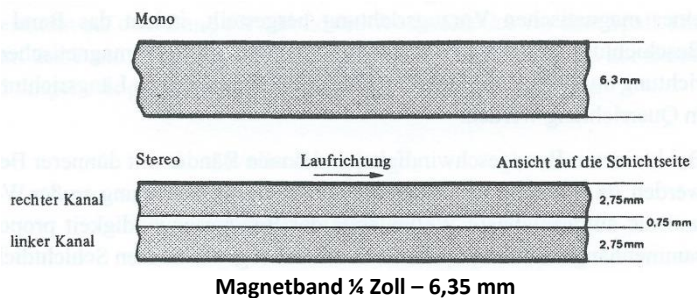
Am Wiedergabekopf befindet sich eine Schere, die das Band in einem 45°-Winkel schneidet. Dadurch entsteht eine leichte Blende von 16 ms (Bandgeschwindigkeit 38 cm/s). So werden Knackser verhindert. Bei Stereobändern wird so aber ein Kanal früher geschnitten als der andere. Will man eine längere Blende machen reicht es also nicht einfach den Winkel zu vergrößern, da dieser Versatz dann noch größer würde. Eine Möglichkeit ist es mit einer Schere einen so genannten „Schwalbenschwanz“ zu schneiden. Auf diese Weise werden beide Kanäle gleichzeitig geblendet.



Schnitttechnik: „Schwalbenschwanz“

## Mehrspur

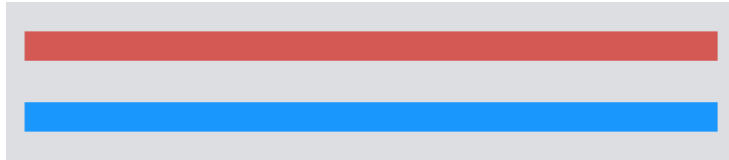
Bänder haben nun nicht nur den Vorteil, dass sie editierbar sind, sie erlauben es auch mehrere Spuren gleichzeitig aufzunehmen und synchron zu halten. Bis zu 32 Spuren können auf ein Band aufgenommen werden. Mono- und Stereobänder im Rundfunk haben eine Breite von 6,35 mm (¼ Zoll). Mehrspurbänder in der Musikproduktion mit 16, 24 oder 32 Spuren sind mit 50,8 mm (2 Zoll) dagegen 8-mal so breit.



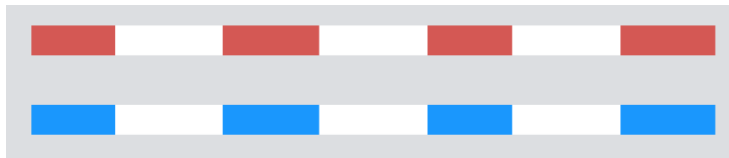
Mehrspurband 2 Zoll – 50,8 mm

## Bandgeschwindigkeiten und Vorspannbänder

Im Rundfunk werden Tonbänder entweder in Mono oder in Stereo verwendet und mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten betrieben, 19cm pro Sekunde und 38 cm pro Sekunde. Um die Bänder unterscheiden zu können ist eine Kennzeichnung nötig. Eine einfache Methode hierfür sind Vorspannbänder. Anhand der Farbe ist die Geschwindigkeit erkennbar. Rot steht für 38 cm/s und Blau für das langsamere 19 cm/s.



Bei Stereobändern werden zusätzlich weiße Streifen hinzugefügt, also rot-weiß für 38 cm/s Stereo und blau-weiß für 19 cm/s Mono.



Mit der Einführung des Rauschverminderungssystem Telcom c4 wurden auch neue Vorspannbänder benötigt. Hierfür fügte man noch schwarz-weiße Streifen hinzu.



Befinden sich auf einem Band mehrere Sendebiträge, werden diese durch gelbe Zwischenbänder getrennt. Ebenso befindet sich am Ende eines Tonbandes gelbes Band als Nachspannband.

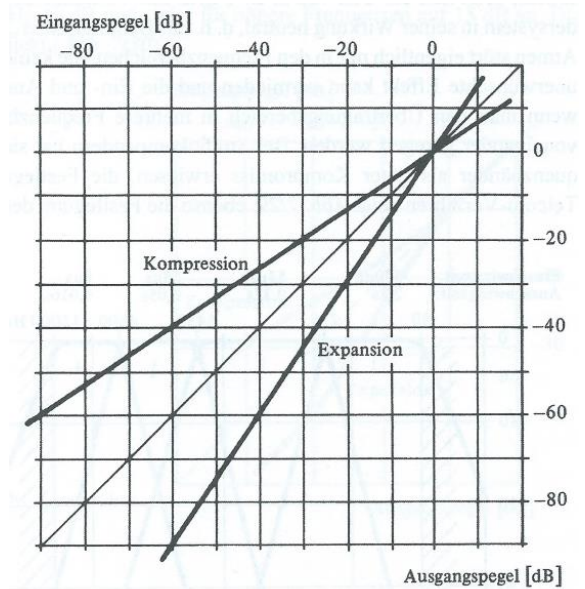




## Rauschverminderungssysteme

Das Problem von Tonbändern ist, dass sie einen geringen Ruhegeräuschspannungsabstand von nur ca. 60 dB haben. Bei einer einmaligen Aufnahme, die so auch wieder abgespielt wird, stellt das noch kein so großes Problem dar. Kopiert man die Bänder jedoch um, nimmt das Rauschen bei der ersten Kopie um 3 dB zu und mit jeder weiteren Kopie verringerte sich dieser Wert etwas. Im gleichen Maß wie das Rauschen pro Kopie zunimmt, nimmt es auch mit Anzahl der aufzunehmenden Spuren zu.

Dies führte zur Entwicklung von Rauschverminderungssystemen. Im Rundfunkbereich hat sich das Komandersystem Telcom c4 durchgesetzt. Hiermit kann ein Störpegelabstand von 85 dB erreicht werden. Das Audiosignal wird hierfür in 4 Frequenzbänder aufgeteilt, Tiefen, untere Mitten, obere Mitten und Höhen. Anschließend werden die Frequenzbänder bei der Aufnahme mit einer linearen Kennlinie und einer Ratio von 3:1 komprimiert. Ein Pegel von beispielsweise -60 dB wird somit auf -40 dB angehoben. Bei der Aufzeichnung auf das Band kommt nun das Rauschen hinzu. Bei der Wiedergabe wird das Signal wieder linear mit 1:3 expandiert. Das Nutzsignal aus dem Beispiel ist nun wieder bei -60dB. Das Rauschen wurde jedoch auch mit expandiert und befindet sich somit viel weiter unterhalb des Nutzsignals, als es ohne den Kompander gewesen wäre.

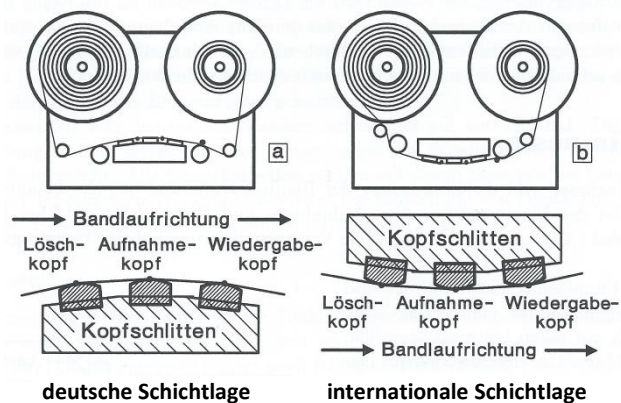


Für diverse andere Anwendungsfälle wie den Kinobereich oder den Konsumer Bereich gibt es noch etliche weitere Rauschunterdrückungssysteme wie etwa Dolby A, B, C, SR und S. Diese unterscheiden sich von Telcom c4 dadurch, dass sie mit anderen Frequenzbändern arbeiten und nicht-lineare Kennlinien verwenden.

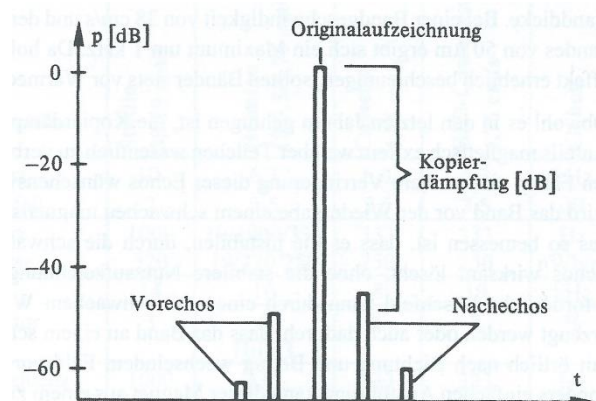
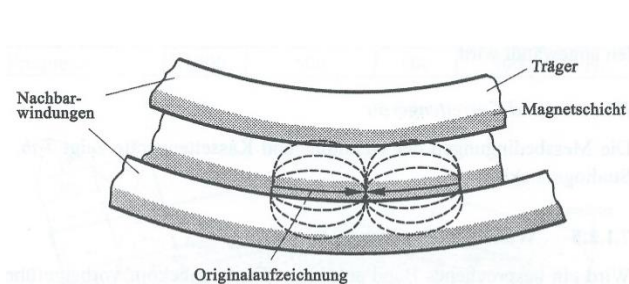
## Bandwicklung: Schichtlage

Es gibt zwei verschiedene Arten, wie ein Tonband aufgewickelt werden kann. Die magnetische Schicht kann entweder nach innen oder nach außen gerichtet sein.

Befindet sie sich nach innen gewandt, nennt man das internationale (oder auch amerikanische) Schichtlage. Nach außen gerichtet spricht man von der deutschen Schichtlage. Dies hat zum einen Auswirkungen auf die Bauweise der Bandmaschinen. Bei der deutschen Schichtlage wird das Band oberhalb der Tonköpfe vorbeigeführt und bei der internationalen Schichtlage unterhalb.



Weit bedeutendere Auswirkungen hat die Art der Bandwicklung jedoch auf Vor- und Nachechos. Dabei handelt es sich um einen Kopiereffekt, der dadurch entsteht, dass die Magnetisierung einer Windung des aufgewickelten Tonbandes auf die Nachbarwindungen überspricht. Durch die runde Geometrie eines Tonbandes sind diese Vor- und Nachechos nicht gleich laut.



Als wesentlich angenehmer wird es empfunden, wenn die Vorechos leiser sind als die Nachechos. Nachechos werden durch das Nutzsignal gut maskiert. Dies ist bei der deutschen Schichtlage der Fall. Bei der internationalen Schichtlage sind dagegen die Vorechos lauter als die Nachechos. Diese Problem kann man umgehen, wenn die Bänder mit dem „Programmende außen“ gelagert werden, also sprich nach dem Abspielen nicht wieder zurückgespult werden. Das hat aber wiederum den Nachteil, dass ein Band vor der Wiedergabe erst zurückgespult werden muss. Das kann im Sendebetrieb einer Rundfunkanstalt unpraktisch sein, wenn das Band schnell auf Sendung gehen soll aber zuvor noch zurückgespult werden muss. Mit der deutschen Schichtlage kann das Band aufgelegt, abgespielt und sofort gesendet werden.

## 5. Das Nadelton-Verfahren: Die LP

Ab 1948 wurde mit der Einführung der Langspielplatte, kurz LP genannt, der Schallplattenmarkt signifikant verändert. Hatten die akustischen Schellackplatten, auch N 78 genannt, weil sie in Normalrille geschrieben waren und mit 78 Umdrehungen pro Minute liefen, nur eine Spieldauer von ca. 4 ½ Minuten, so schaffte es die LP nun auf 20 - 25 Minuten pro Seite. Erreicht wurde das durch die Verwendung eines schmaleren Schneidstichels, der nun zudem in Füllschrift schrieb. Zusätzlich wurde die Umdrehungsgeschwindigkeit auf 33 UpM verringert.

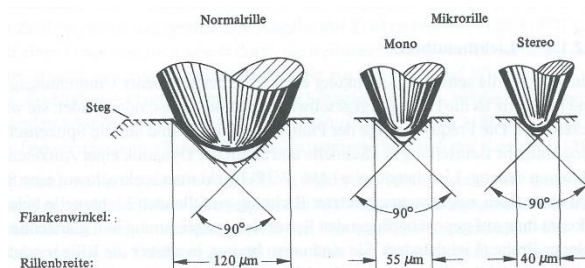
Auch das Material wurde geändert. Die Platten wurden nun aus Polyester oder Polyvinylchlorid hergestellt, was der Schallplatte den Spitznamen „Vinyl“ einbrachte. Der Durchmesser der Platten betrug weiterhin 25 oder 30 cm.

Ein Jahr später, 1949, wurde die Single eingeführt. Diese hatte mit 17,5 cm einen kleineren Durchmesser und eine höhere Drehgeschwindigkeit, 45 UpM. So kam die Single auf eine Spieldauer von 4 - 5 Minuten.

All diese technischen Neuerungen und Veränderungen, die Entwicklung von Mikrofonen und Verstärkern, die Möglichkeit Produktionen (Hörspiel, Musik, . . . ) auf Magnetband aufzuzeichnen und zu bearbeiten, und die Verlängerung der Spieldauer von Schallplatten, sorgten dafür, dass die Zeit zwischen 1950 und 1990 als Epoche der hochwertigen analogen Produktionen gilt und somit Audioproduktionen günstig für die breite Masse erhältlich waren. Musik war nun für jeden erschwinglich und nicht mehr zeit- und ortsgebunden wie etwa bei Konzerten, Veranstaltungen oder Radioübertragungen.

### Rillenbreite

Als Normalrille bezeichnet man die Rillen der Schellackplatten, die somit auch „Normalplatten“ genannt werden. Die Rillen haben einen Durchmesser von 120 µm. Die LP besitzt bei Mono eine Rille von 55 µm Breite. Bei der Einführung von Stereo wurde die Rille noch einmal verkleinert, auf 40 µm.



### Rillenarten

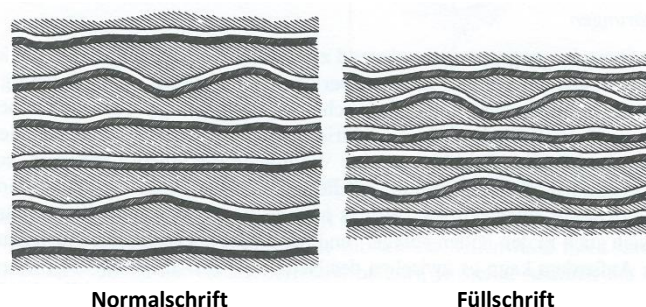
Jede Platte beginnt mit der Einlaufrille, die aus mindestens einer Rille am Anfang der Platte besteht. Zwischen den Titeln einer Musikplatte gibt es nicht-modulierte Kennrillen. Diese haben einen breiten Abstand zueinander und sind somit leicht mit dem Auge zu erkennen. Am Ende einer Platte befindet sich die Auslaufrille, bestehend aus mindestens einer Umdrehung die in die Endrille mündet.

### Füllschrift

Der Abstand, oder auch Steg, zwischen zwei Rillen muss wenigstens 10 µm betragen. Der Steg zwischen zwei unmodulierten Rillen wie der Kennrille beträgt 65 - 70 µm.

Nicht jede Rille ist maximal moduliert. Die mögliche Dynamik wird etwa bei leisen Stellen nicht voll ausgenutzt. Daher kann der Abstand zwischen den Rillen variabel gestaltet werden, um den Platz auf der Platte optimal auszunutzen.

Auf diese Art kann die Spieldauer um das bis zu 1,7 fache gegenüber normal geschnittener Schrift erhöht werden. Bei Normalschrift ist der Abstand der Rillen immer konstant.



## **6. Direktschnitt-Verfahren (Direct-to-disc process)**

Hierbei werden Aufnahmen direkt mit dem Schneidstichel auf Lackfolie geschnitten. Anschließend entstehen auf galvanischem Weg Kupfer-Master als Matrizen für die Plattenpressen.

Er wird auf das Tonband als Zwischentonträger zum Speichern, Bearbeiten, Schneiden, Mischen und Archivieren, verzichtet und die Aufnahme direkt auf die Platte geschrieben.

Da keine Bearbeitung stattfindet, haben Direktschnitt-Aufnahmen alle künstlerischen Vor- und Nachteile von ungeschnittenen Live-Aufnahmen.

Der Begriff „Direktschnitt“ kam erst Anfang der 1970er Jahre auf, als sich einige kleine Firmen darauf zu spezialisieren begannen. Aber tatsächlich sind fast alle Aufnahmen auf Schellack vor der Erfindung des Tonbands Direktschnittplatten.

Der Vorteile von Direktschnitten ist, dass keine Signalverschlechterung durch Bandrauschen stattfindet und daher an Dynamik gewonnen wird. Sorgt man außerdem dafür, dass auch alle Signalwege zwischen Instrument und Schneidstichel, also Mikrofon, Verstärker, Mischpulte, Effektgeräte und so weiter analog sind, erhält man eine 100% analoge Aufnahme ohne Verluste und Verfälschungen durch (digitale) Zwischenspeicherung.

Der Nachteil ist jedoch, dass jeder Fehler, der bei der Aufnahme entsteht auch auf der Platte zu hören ist. Um diese Fehler zu minimieren bedarf es einer langen Vorbereitungs- und Probezeit, sowohl für die Künstler als auch für die technische Umsetzung. Gerade aber dieses Risiko, dass es einen Durchlauf geben muss, bei dem alles stimmt, stellt einen großen Anreiz für solche Produktionen dar.

Direktschnitte sind somit 100% authentisch. Ein Fehler ist ein Fehler, den man nicht durch Nachbearbeitung beheben kann. Andererseits gibt es keine nachträgliche Verschönerung und Verfälschung. Alles was man hört, wurde auch so gespielt.

## **7. Quellenangaben**

**M. Dickreiter, V. Dittel, W. Hoeg, M. Wöhr** - „Handbuch der Tonstudioteknik“

**M. Elste** - „Kleines Tonträger-Lexikon“

**M. Warstat, T. Görne** - „Studiotechnik Hintergrund- und Praxiswissen“

**H. Henle** - „Das Tonstudio Handbuch“

**J. Webers** - „Handbuch der Tonstuditechnik“

**Emil Berliner Studios** [www.emil-berliner-studios.de](http://www.emil-berliner-studios.de) **und** [www.berlinermeisterschallplatten.de](http://www.berlinermeisterschallplatten.de)