

Funktion und Bedeutung von Speicherung für die Medien 2

Dieses Material beruht in wesentlichen Teilen auf die folgenden Bücher:

Völz, H.: Handbuch der Speicherung von Information. Bd. 1 bis 3, Shaker Verlag Aachen 2003 bzw. 2007

Es ist u.a. auch vollständig auf der CD enthalten:

Völz, H.: Wissen - Erkennen - Information. Datenspeicher von der Steinzeit bis ins 21. Jahrhundert. Digitale Bibliothek Bd. 159, Berlin 2007

Völz, H.: Das Mensch-Technik-System. Expert-Verlag, Renningen - Malsheim 1999

Die betreffenden Inhalte wurden stark verkürzt, auf den neuesten Stand gebracht, die Bilder weitgehend farbig umgesetzt.

Zur Nutzung dieses Materials

Bei Angabe der Quelle ist dies Material zum privaten Gebrauch voll nutzbar.

Bei kommerzieller Nutzung bzw. in Publikationen usw. ist eine Abstimmung mit mir notwendig.

Bilder in höherer Qualität sind verfügbar als: JPG-Bilder mit ca. 2000×3000 Pixel oder CDR-Dateien, Version 12 bzw. 16

Dieses Material wurde heruntergeladen von: horstvoelz.de

Email: [h.voelz\(at\)online.de](mailto:h.voelz(at)online.de)

Prof. Dr. Horst Völz, Koppenstr. 59, 10243 Berlin, Tel./Fax 030 288 617 08

Gliederung

1. Einleitung und Abgrenzung
2. **Edison** und die Walzentechnik
3. Berliner und die Schallplatte
4. Eigenschaften der Schellack-Platte
5. Langspiel- und Stereo-Platte
6. Technische Daten
7. Spezielle Platten
8. Sonder-Techniken.
9. Kunststoff-Folien
10. Tefifon

Einordnung

Im Teil 1. wurden für eine Schallwiedergabe „nur“ spezielle Schallquellen – meist **Instrumente – angesteuert**.
Universeller wird der Schall **direkt als Schwingung** aufgezeichnet. dann kann jeder Schall direkt wiedergegeben werden.
Eigentlich ist Schall **4-dimensional**, nämlich ein zeitlicher Druckverlauf der Luft im Raum $p(x, y, z, t)$.
Doch unser **Ohr** ist *nur* ein **Druckempfänger**. Sein **Trommelfell** registriert den einwirkenden Druckverlauf $p_{Ohr}(t)$.
Für die direkte der Speicherung ist daher nur an einem Ort der **zeitliche Signalverlauf** $f(t)$ zu erfassen.
Lediglich bei der **Stereotechnik** muss wegen unserer zwei Ohren ein zweiter Verlauf hinzugefügt werden.
Weitere Einengungen für die Speicherung ermöglichen die nur **hörbaren Frequenzen** von etwa 20 - 20 000 Hz.
In einigen Fällen, z. B. für **Sprache** genügen sogar 300 - 5 000 Hz.
Der große wahrnehmbare **Lautstärkebereich** von reichlich 120 dB ($>10^6 : 1$) ist dagegen so gut wie nicht zu erreichen.
Für viele Anwendungen (Sprache und mittellauter Musik) genügen aber bereits 30 bis 80 Phon (50 dB bzw. 300:1).
Oft sind sogar von nur 50 bis 70 Phon (20 dB bzw. 10 : 1) ausreichend.
Bei jeder technischen Aufzeichnung sind dann noch die technischen (**Eigen-) Störungen** zu beachten.

Vor EDISON

Der Beginn der direkten Schallspeicherung wird mit dem Phonographen von EDISON von 1877/8 gleichgesetzt. Weit zuvor könnte es aber Gedanken, Versuche und (sogar) Erfolge gegeben haben.

Bereits um 1000 v. Chr. könnte es in China einen „**Tausendmeilensprecher**“ gegeben haben.

Der Kaiser sprach in eine Dose, die eine hölzerne oder kupferne Rolle enthielt.

Sie wurde dann versiegelt und wenn ein weit entfernter Gouverneur einer Provinz sie öffnete, konnte er den Text hören.

Der Asienforscher Sir ROBERT HART berichtet über ein 2000 Jahre **altes Buch**, in dem sich ein **Kasten** befand.

Er soll ein **Uhrwerk** und eine **Walze** enthalten haben, die alle Töne und Geräusche der näheren Umgebung aufnahm.

Wurde die Walze dann auf eine **Platte gelegt** und in Rotation versetzt, so gab sie die aufgenommenen Töne wieder.

Gesichert ist die Denkschrift vom 18.4.1877 von CHARLES CROS (1842 - 1888).

Er übergab sie im versiegelten Kuvert am 30.4. der Pariser Akademie der Wissenschaften.

Auf seinen dringenden Wunsch hin, wurde es am 5.12.1877 geöffnet.

Ausführlich ist darin ein „**Parléphon**“ zur Schallaufzeichnung und -wiedergabe beschrieben.

Statt des bekannten beruften Papier- oder Glaszylinders wird einer aus Wachs empfohlen.

Ein Stichel soll dann die Schallschwingungen eingraben und nachher über eine Membran wiedergeben.

Für die Ausführung fehlte CROS das Geld (daher der Umschlag).

Er soll versucht haben, den Pariser Feinmechaniker LOUIS BREGUET (1804 - 1883) zur Fabrikation zu bewegen.

Wenige Tage später, am 19.2.1878 konnte EDISON ein brauchbares Gerät vorweisen und zum Patent anmelden.

Dennoch blieben alle späteren Bemühungen von CHARLES CROS zur Erlangung der Priorität erfolglos.

Tröstlich ist, dass in Frankreich bei den Feiern zu „100 Jahre Schallaufzeichnung“ auf CHARLES CROS verwiesen wurde.

Gliederung

1. Einleitung und Abgrenzung
2. Edison und die Walzentechnik
3. Berliner und die Schallplatte
4. Eigenschaften der Schellack-Platte
5. Langspiel- und Stereo-Platte
6. Technische Daten
7. Spezielle Platten
8. Sonder-Techniken.
9. Kunststoff-Folien
10. Tefifon

EDISONs Erlebnis

Um 1890 schrieb THOMAS ALVA EDISON (1847 - 1931) zurückblickend für die Zeitschrift North American Review: Er habe die Schallaufzeichnung **per Zufall gefunden**.

Dies geschah bei der **Rückübertragung** der ins Papier eingedrückten **Morsezeichen in elektrische Signale**.

Der Papierstreifen war um einen Zylinder gewickelt, der Abtaststift war mit einem elektrischen Kontakt verbunden.

Bei der schnellen Umdrehung des Zylinders, **entstand ein Geräusch**, das einem **menschlichen Gespräch ähnelte**.

Ihm wurde klar, dass die Nadel mit einer Membran den Schall in ein weiches Material eingraben würde.

So ist in seinem **Tagebuch** am 18. Juli 1877 zu lesen:

„Habe soeben mit einer Membran experimentiert, die mit einer Stichelspitze versehen ist und gegen ein rasch vorbeiziehendes Wachspapier gehalten wird. Die Sprachschwingungen werden hübsch eingraviert, und es besteht kein Zweifel darüber, dass ich instande sein werde, die menschliche Stimme in vollkommener Weise zu konservieren und zu beliebiger Zeit zu reproduzieren“.

Für die Aufzeichnung hatte er **laut zweimal „Hallo“** gerufen.

Bei der Wiedergabe konnte er danach bei voller Aufmerksamkeit diese Hallos erneut hören.

Hierbei ist zu ergänzen, dass EDISON ein **stark geschädigtes Gehör** hatte.

Rechts war er fast taub und bei Besuchern musste er oft die Hand um das linke Ohr legen, um sie zu verstehen.

Doch **darüber war er nicht unglücklich**.

Er meinte, sich dadurch besser konzentrieren und über Unwichtiges hinweghören zu können.

Als ihm Freunde rieten, ärztliche Hilfe in Anspruch zu nehmen, soll er gesagt haben:

„Ich fürchte, sie könnten Erfolg haben!“

p.s.: Der **Morse-Apparat** wurde 1833 von SAMUEL FINLEY BREESE MORSE (1791 - 1872) erfunden.

Edisons erste Konstruktion

Am 29. November 1877 übergab dann EDISON seinem besten Mechaniker JOHN KRUESI (1843 - 1899) eine Handskizze. Sie zeigt einen 30 cm langen und 9 cm dicken **Zylinder** mit **Handkurbel** und **Rille**

Zwei kleine **Trichter mit Pergamentmembran** besaßen eine Nadel.

Am Rand waren 18 Dollar notiert. Das war der zusätzliche Stücklohn bei rechtzeitiger Fertigstellung.

Wie gewünscht, übergab KRUESI das Gerät am 6. Dezember.

Keiner im Labor, auch nicht KRUESI, wusste, wozu es gut sein sollte.

Nun erst erklärte EDISON, er wolle damit **die menschliche Stimme festhalten**.

Die anwesenden Techniker konnten **kaum ein Lachen** unterdrücken.

Der Maschinenmeister CARMAN ging sogar mit Edison eine **Wette um eine Kiste Zigarren** ein.

Dann wickelte EDISON eine Stanniolfolie um den Zylinder, drehte die Kurbel schnell.

Dabei sang er lautstark in einen Trichter das alte Kinderlied:

„Mary had a little lamb, Its fleece was white as snow, And everywhere that Mary went, The lamb was sure to go”

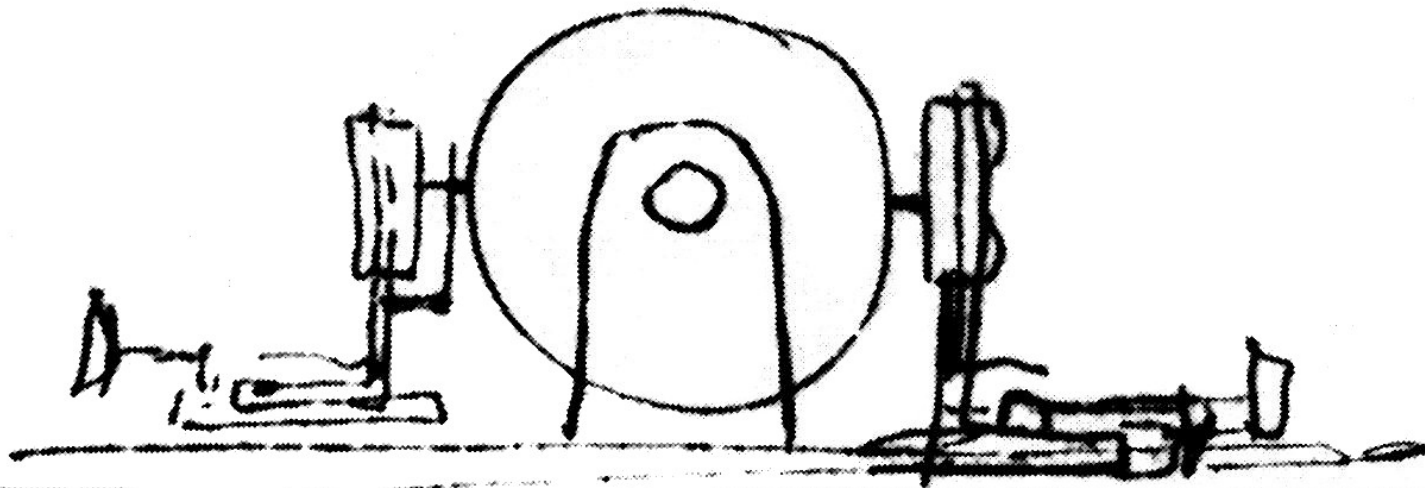
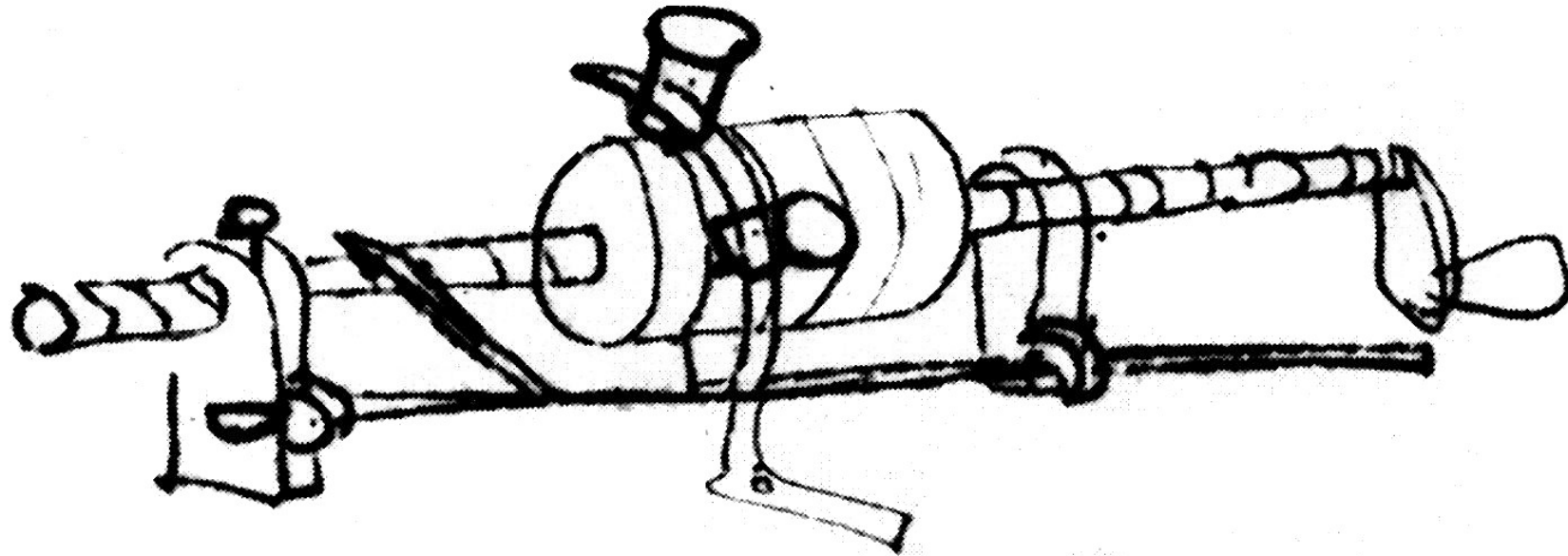
Deutsch: Marie hatte ein kleines Lamm, sein Fell war weiß wie Schnee, und überall dort, wo Marie ging, war auch das Lamm zu finden.

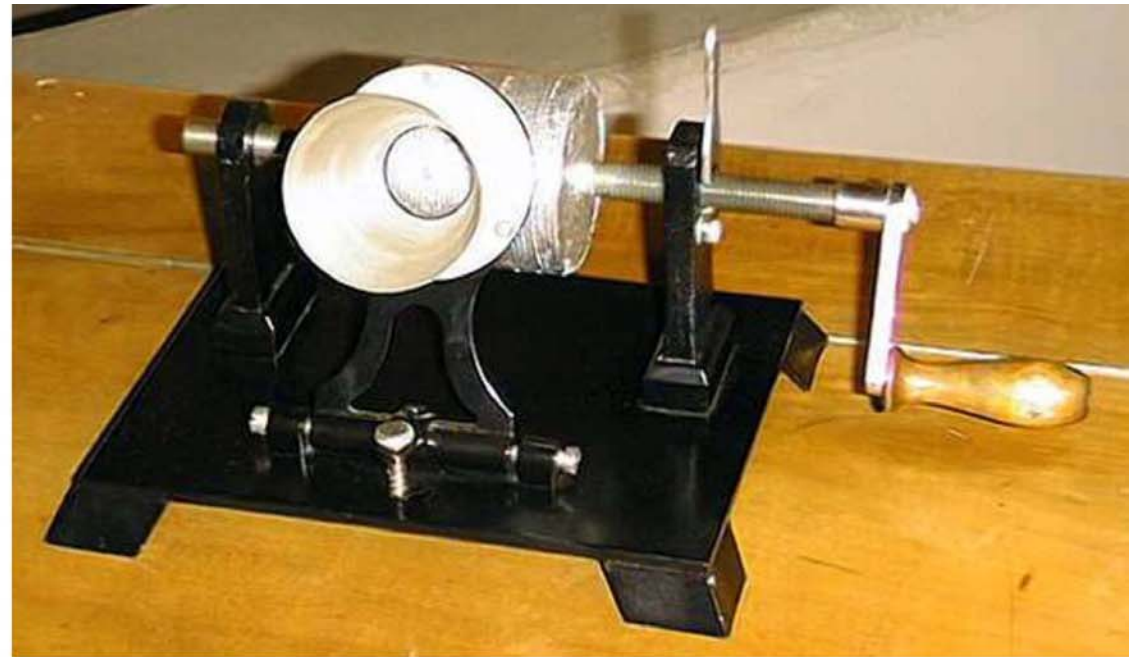
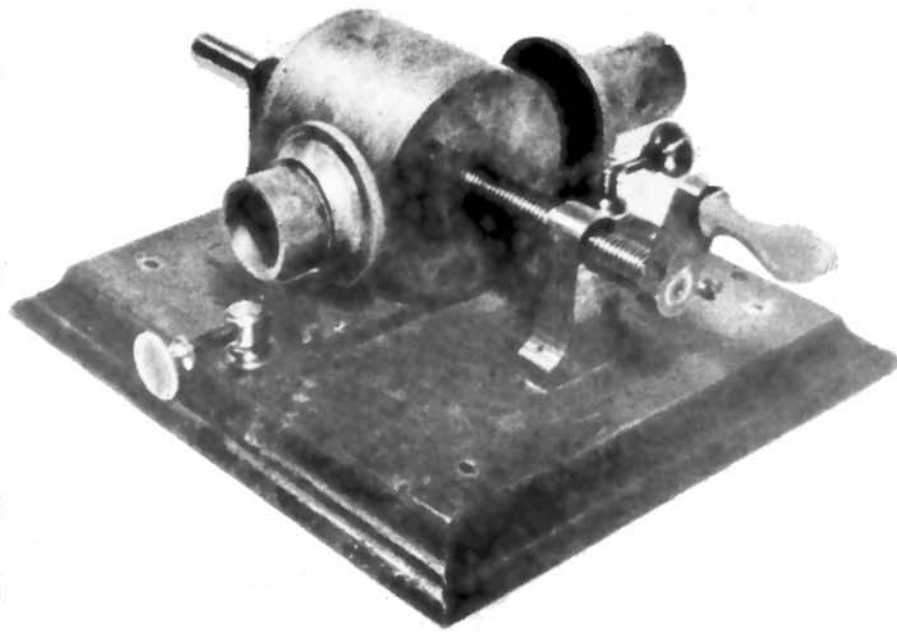
EDISON drehte die Walze zurück, setzte die Nadel der zweiten Membran an die Anfangsstelle und kurbelte erneut.

Nach einigem Knistern und Rauschen kam schwach aber deutlich aus dem Trichter: „*Mary had a little lamb ...* .“

Alle gratulierten EDISON, CARMAN fügte etwas ärgerlich hinzu, dass er wohl die Kiste Zigarren verloren habe.

Diese erste Aufnahme hatte eine Dauer von 7 Sekunden. EDISON nannte sein Gerät „Phonograph“.





Die Patent-Anmeldung

Am nächsten Morgen (7.12.1877) führte Edison sein Gerät in der *New Yorker Redaktion des „Scientific American“* vor. Beim Drehen an der Kurbel hörte der erstaunte Redakteur Mr. BEACH:

„Guten Morgen! Was denken Sie über den Phonographen?“

Daraufhin erschienen viele und lange Pressemitteilungen.

Am 24.12.1877 meldete EDISON den Phonograph als „Speaking Machine“ in den USA zum **Patent** an. Es wurde am 19.2.1878 unter der Nr. 200 521 erteilt.

Heute ist das historische Gerät im **Edison-Museum** in West Orange zu besichtigen. Zuvor stand es fünfzig Jahre im Londoner South Kensington Museum.

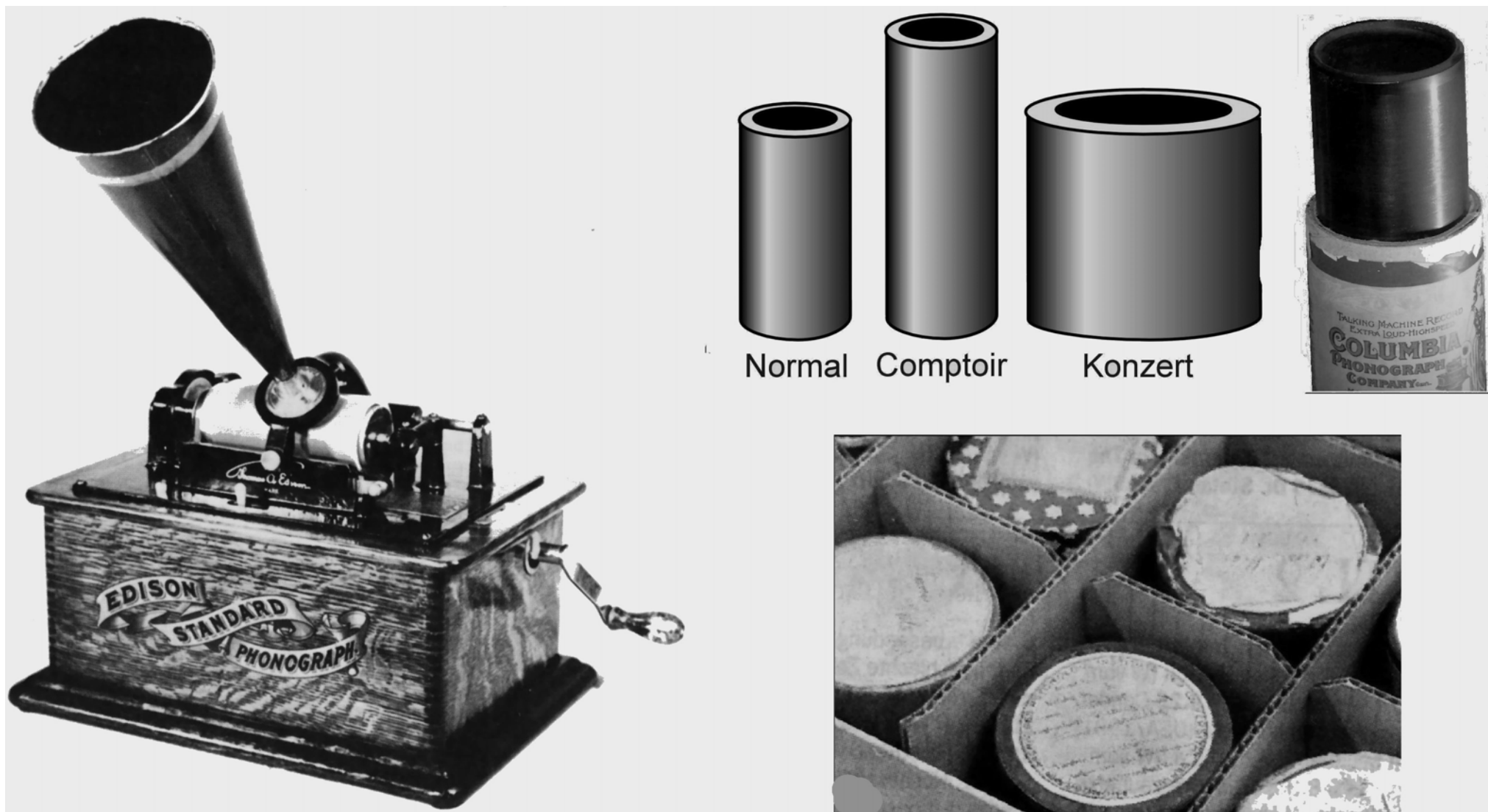
Auf dem folgenden Bildern:

Ein Original-Phonograph von Edison

Drei Walzenarten

Eine Walze etwas aus der Verpackung gezogen

Walzen zum Versand verpackt.



Der lange, umständliche Weg zum Erfolg

Aus heutiger Sicht ist es fast *unverständlich*, wie *schwer der Weg* zum Erfolg war.
Dass es gelang Schall aufzuzeichnen und wiederzugeben, war zunächst nur eine gewaltige *Sensation*.
Doch bis zur *Vermarktung* war es ein sehr langer Weg.
Doch der tritt auch bei einigen späteren Techniken auf.
Einige wurden dagegen sehr *schnell höchst erfolgreich*:
Das sind vor allem die Schallplatte, Kompakt-Kassette, CD und mp3.
Aus dieser Sicht hatte der *Phonograph die größten Anfangsschwierigkeiten*.
Es ist *ungeklärt wieso*, das so ist.

Erster erfolgloser Einsatz

EDISON wollte seinen Phonograph hauptsächlich als **Diktiergerät** und **automatischen Telefonanrufbeantworter** einsetzen. Er gründete die „**Edison Speaking Phonograph Company**“.

Doch mehrere **Probleme** machten sich schnell bemerkbar.

- Das **manuelle Drehen** der Kurbel ist viel zu unpraktisch.
- Eine aufgenommene **Zinnfolie** ist kaum **wieder** auf dem Zylinder zu **befestigen**.
- Sie wird **schnell brüchig**.
- Verschiedene **Sprachlaute** werden mit recht **unterschiedlicher Verständlichkeit** wiedergegeben.

Heute gibt es **keine abspielbar erhaltene Folie**. Für die **historischen Sammlungen** wurden sie **50 Jahre später** hergestellt. Dazu wurden EDISONS Worte auf einen historischen Apparat gesprochen und dann auf **Tonfilm festgehalten**.

Nachdem die **Pressesensation abgeklungen** war, ahnt kaum einer die künftige Anwendungsbreite.

Das Gerät wird fast **nur noch auf Jahrmärkten** und in **Varietés** bewundert.

Erst nach der Glühlampe zum neuen Gerät

EDISON beschäftigt sich nun intensiv mit der Entwicklung der *Glühlampe* und der *elektrischen Beleuchtung*.

Erst nach deren *erfolgreichen Abschluss*, wendet er sich Anfang *1888* wieder dem *Phonographen* zu.
In den folgenden fünf Jahren meldet er dazu *über sechzig Patente* an.

Am 16. Juli 1888 ist ein *neues Gerät fertig*.

- Die nun aufschiebbaren *Walzen* waren aus *Wachs* (statt Paraffinpapier- oder Stanniolstreifen).
- Die *Aufzeichnung* erfolgt mit einem *scharfen Saphirsplitter*.
- Für die *Wiedergabe* ist ein *stumpfer Saphirstift* vorgesehen.
- Außerdem existiert ein *elektrischer Antrieb*.

Für das *richtige Wachs* waren sehr viele Versuchsreihen mit *über hundert Ölen und Fetten* notwendig gewesen.
U.a. war eine brauchbare Mischung *viel zu teuer*. Deshalb wurde sie auf *Papierzylindern nur dünn aufgetragen*.
Aber *Papierwalzen* ließen sich *nicht verschicken*.

Schließlich fand Edison ein *stearinsaures Sodasalz*.

Das ließ er jahrelang in großen Mengen fast ausschließlich *für seine Walzenanfertigung produzieren*.

Spätere chemische Analysen zeigen als *Hauptanteile*:

Stearinseifen und Natriumstearat, in einem Überschuss von Stearinsäure gelöst.

Werbung mit Erfolg

Von der neuen Technik wird umgehend eine Kiste *unbesprochener Walzen nach England* verschickt:

Dort wird die *Prominenz* aufgefordert, sie *zu besprechen*.

Danach werden die Walzen zu EDISON *zurückgeschickt*.

Auch eine Aufnahme der *Orgel der Westminster Kirche* ist dabei.

Sie zeigt, dass das Verfahren *für Musik noch wenig geeignet* ist.

Einige Aufnahmen davon sind *noch heute erhalten*, allerdings z. T. *sehr abgespielt*.

Für Aufnahmen aus *Deutschland* engagiert EDISON den sprachkundigen THEO WANGEMANN.

Er macht u.a. Aufnahmen von Kaiser WILHELM II. (1859 - 1941) und OTTO GRAF VON BISMARCK (1815 - 1898).

Der junge *Kaiser interessiert* sich genauestens für die Technik und lässt sich *alle Details erklären*.

Daher kann er seinen nächsten *Untergebenen alles selbstständig erklären und vorführen*.

Es gelingt sogar eine *brauchbare Aufnahme* des *Kaiserlichen Orchesters*.

So erlangt der Phonograph schnell die *öffentliche Anerkennung*.

Wieder erfolglose Diktiertechnik

EDISON versucht erneut den Phonographen als *Diktiergerät* zu vermarkten.
Mit *Elektromotor* versehen, werden in *Philadelphia die Geräte verliehen*.

Nach *anfänglichen Erfolgen*, häufen sie sich aber im Lager.

- Die *Mietverträge* werden *fast nie verlängert*.
- Die *Motoren* sind *zu groß, unhandlich, teuer* und *störanfällig*.
- Die Geräte sind nur dort einsetzbar, wo bereits *elektrischer Strom vorhanden* ist.

Auch erneute Versuche als *automatischer Anrufbeantworter* in San Francisco sind nur *kurzfristig erfolgreich*.
Bald beschwerten sich die *Telefonkunden* u.a. über die *stereotype Besetztauskunft*.

Weltausstellung 1889

Der endgültige **Durchbruch** erfolgt 1889 mit der **Weltausstellung** in Paris.

Eine **große Zahl von Phonographen** war auf einem **sehr langen Tisch** aufgestellt.
Sie „redeten“ **in allen europäischen und vielen außereuropäischen Sprachen**.

In einem besonderen Raum konnten die **Besucher für eine kleine Gebühr auch eine Walze besprechen**.

Alle **zwei Stunden** wurde mit einem **Vortrag die Konstruktion und Arbeitsweise** des Sprechapparates erklärt.

Die EDISON-Abteilung wurde zur **Sensation der Weltausstellung**.

In der Folgezeit kann EDISON mit der Gerätefertigung **kaum alle Kaufwünsche befriedigen**.

Bald zeigt sich, dass die meisten Menschen fertige **Musik hören** wollen.

Die notwendige Vervielfältigung

Anfangs musste dazu *jede Walze einzeln aufgenommen* werden.

Deshalb erfolgten die Aufnahmen vor bis zu **20 parallel laufenden Aufnahmegeräten**.

Dennoch hatte z.B. ein Sänger den **ganzen Tag über**, wiederholt **ein- und dasselbe Lied**, zu singen.

1889 gelang EDISON mit Hilfe von F. SCHULZE-BERGE und C. WURTH die erste gegossene **Kopie** herzustellen.

Zunächst erhielt die Originalwalze durch **Bedampfung im Vakuum** einen dünnen **Goldüberzug**.

Hierauf wurde elektrolytisch ein etwa **6 mm starker Nickelzylinder** niedergeschlagen.

Infolge unterschiedlicher Ausdehnungskoeffizienten lässt sich dann die Originalwalze aus der Nickelform herausnehmen.

Analog können damit nahezu **beliebig viele Wachswalzen** vom **Nickelzylinder** abgeformt werden.

Verschiedene Walzen-Typen

Entsprechen unterschiedlichen Anwendungen entstehen mehrere Walzengrößen (Folie 10):

- Die **normale Walze** besitzt einen Innendurchmesser von 4,3 cm und eine Länge von 10,7 cm und bewegt sich mit etwa 80 Umdrehungen je Minute (UpM).
- Für **Diktate** wird die **Comptoir-Walze** mit 15 cm Länge bevorzugt, 80 UpM.
- Die Walze für **Konzertaufnahmen** ist ebenfalls 10,7 cm lang, besitzt jedoch den doppelten Durchmesser, 120 UpM
- Die späteren **vervielfältigten Walzen** besitzen eine höhere Rillendichte und erreichen so bei 160 UpM eine Laufzeit von 2 Minuten. Sie sind jedoch leichter zerbrechlich.

Ab 1896 bringen Sprechapparate und Walzen EDISON **jährlich einige hunderttausend Dollar** ein.

Bald versuchen daher Konkurrenten mit Billigprodukten auf den Markt drängen

Z. B. die LIORET-**Walze** von 1893 aus Frankreich, die nach ihren Erfinder HENRI LIORET benannt ist.

Aus England, die ähnliche LAMBERT-**Walze**. Beide bestehen aus **Zelluloid**.

Dabei wird um 1903 das **Federwerk** statt des Elektromotors eingeführt.

Dennoch gelingt es EDISON, seine **führende Rolle** zu behaupten.

Zelluloid und Ende der Walzentechnik

Die Konkurrenz machte den **Vorteil des Zelluloids** für Walzen deutlich.

Als es ab 1908 auch blasenfrei gegossen werden konnte, wollte es auch EDISON nutzen.

Doch das Patent von 1899 von THOMAS B. LAMBERT ließ das nicht zu. Auch ein **Patentstreit** half nicht weiter.

Doch als LAMBERTs Gesellschaft in finanzielle Schwierigkeiten geriet, konnte EDISON die **Rechte erwerben**.

Um 1909 führt dann EDISON die **unzerbrechliche Vier-Minuten-Walze** unter dem Namen **Amberol** aus Zelluloid ein.

1912 stellt er die weiter verbesserte **Blue Amberol Cylinder** mit leuchtend blauer Celluloid-Oberfläche vor.

Die **Rillendichte** wurde gegenüber früher auf etwa **8 Rillen/mm** verdoppelt, die Spielzeit auf 4 Minuten verlängert.

Da Tiefenschrift jedoch einen **Zwangsvorschub** erfordert, mussten die Abspielgeräte eine **Umschaltung** erhalten.

Außerdem wurde die bisherige **Saphir-Abtastnadel** durch eine aus **Diamant** ersetzt.

Für die damaligen Verhältnisse besaß die Walze eine sehr **hohe Tonqualität** und war auch besonders **rauscharm**.

Doch trotz all dieser Vorteile ist sie das **Ende der Walzentechnik**. die BERLINER-Schallplatte war entstanden.

Edisons Schallplatte

BERLINERS Schallplatte mit Seitenschrift musste sich schließlich selbst EDISON beugen.

Doch auch dann war er wieder der Zeit weit voraus.

1926 stellt er seine erste Platte (natürlich in Tiefenschrift!) vor, mit 2×20 Minuten ist sie bereits eine **Langspielplatte**. Auch ihre Aufzeichnungsdichte von **16 Rillen/mm** entspricht fast jener der Langspielplatten **der 50er Jahre**.

Als **6 mm dickes** Plattenmaterial benutzte er den **ersten Kunststoff**

Das war der 1907 von LEO HENDRIK BAEKELAND (1863 - 1944) entwickelte härtbare Kunstharz **Bakelit**.

Die **typischen Daten** sind:

Platte 500 - 750 g, diamantbestückter Abtaster 300 g, 80 UpM sowie ab 1927 die elektrische Aufzeichnung.

Die einzigartige Klangqualität erweist sie bei der Uraufführung des Films „The Jazz Singer“ am 6.10.1927.

Im November **1929** bricht der 82-jährige Edison **alle Aktivitäten** zur Schallaufzeichnung ab.

Auch die beginnende **Wirtschaftskrise** hat hieran einen Anteil.

Gliederung

1. Einleitung und Abgrenzung
2. **Edison** und die Walzentechnik
3. **Berliner und die Schallplatte**
4. Eigenschaften der Schellack-Platte
5. Langspiel- und Stereo-Platte
6. Technische Daten
7. Spezielle Platten
8. Sonder-Techniken.
9. Kunststoff-Folien
10. Tefifon

Schallplatte vor BERLINER

Bereits 1880 erkannte CHARLES SUMNER TAINTER die **Nachteile** der EDISON-Walze. Er führte daher Versuche mit **Wachsplatten** durch. Das Prinzip hat er **1886 patentiert**. Einige erste Schallplatten der Welt im Smithsonian Institute **in Washington vorhanden**. TAINTERS Arbeiten erfolgten **für das Telefon** im Auftrag von ALEXANDER GRAHAM BELL (1847 - 1922). Damals hat BELL ein ergänztes Hamlet-Zitat aufgesprochen:

„There are more things in heaven and earth, Horatio, than are dreamed of in your philosophy. I am a graphophone, and my mother was a phonograph.”

„Es gibt mehr Dinge im Himmel und auf Erden, Horatio, als sich eure Schulweisheit erträumt.“
Bis hier das Original von WILLIAM SHAKESPEARE (1564 - 1616), aus „Hamlet“ 1. Akt, Szene 5, um 1604.
Dann hinzugefügt: „Ich bin ein Grammophon, und meine Mutter war ein Phonograph.“

Das **Gerät** wurde in einem **plombierten Kasten** im American Museum of Natural History aufgehoben. Zum 15. Todestag von BELL (also nach 55 Jahren) wurde er geöffnet. Die Sprache konnte **gut verständlich abgespielt** werden.

1892 entwickelten CHICHESTER BELL und TAINTER auch ein **Verfahren zur Vervielfältigung**. Es hatte jedoch keine nachhaltige Auswirkung.

Das Mikrofon

Für das Telefon und auch für die elektrische Schallspeicherung ist das Mikrofon entscheidend.
Es wurde gleich **mehrfach** nach unterschiedlichen Prinzipien **erfunden**.

Das **Kohle-Mikrofon** kannte bereits 1857 der Franzose THÉODOR DU MONCEL.

1860 nutzte JOHANN PHILIPP REIS (1834 - 1874) die Widerstandsänderung eines **Platin**-Kontaktes.

ALEXANDER GRAHAM BELLS (1847 - 1922) Telefon von 1872 nutzte für Mikrofon und Hörer das **Induktionsprinzip**.

Der gebürtige Hannoveraner EMILE BERLINER (1851 - 1929) störte die „eiserne“ Politik BISMARCKS.

Er wanderte 1870 nach Amerika aus und hängte dem ursprünglichen Emil das „e“ an.

Für das Patent seines 1877 erfundenen Kohlemikrofons zahlte die Bell Telephone Company riesige **75 000** Dollar.

EDISON erfand zwar das fast gleiche **Mikrofon**, meldete es jedoch zwei Wochen später zum Patent an.

Dieses Patent übernahm die Western Union Telegraph Company.

So standen die beiden großen Telefongesellschaften und die Erfinder in einem lang andauernden, harten Prioritätsstreit.
Erst 1891 gab es einen Vergleich.

Auf die anderen, später erfundenen Mikrofone wird später eingegangen.

Die Anfänge von BERLINER

Bei seinen ersten Versuchen benutzt BERLINER noch genauso wie EDISON einen **Zylinder** (Walze)

Doch im Gegensatz zu Edison verwendet er sofort die **Seitenschrift**.

Die geführte Rille wird **nicht unterschiedlich tief** „ausgefräst“, sondern stattdessen nur **seitlich verbogen**

Sehr schell geht er aber zu einer **Platte mit einer Spiralspur** über.

Damit ist er weit von den Patentansprüchen EDISONS entfernt und erreicht sogar zusätzliche Vorteile.

Zunächst versieht er die **Glasplattenoberfläche mit Ruß**, der durch den Schreibstift **weggeschoben** wird.

Diese **Oberfläche** wird zum Abspielen und auch **zur Vervielfältigung gehärtet**.

US-Patent No. 372,786 erteilt am 4.5.1887.

Ein angefertigtes Zinkpositiv vom 25.10.1887: $\varnothing = 11$ Zoll (≈ 30 cm), 30 UpM, Spieldauer 4 Minuten.

Außerdem gibt es in der Zeitschrift „**Electrical World**“ vom 12.11.1887 eine Publikation BERLINERS.

Mit dem Techniker WERNER SUESS ging er zu einer **mit Wachs überzogenen Zink- oder Kupferplatte** über.

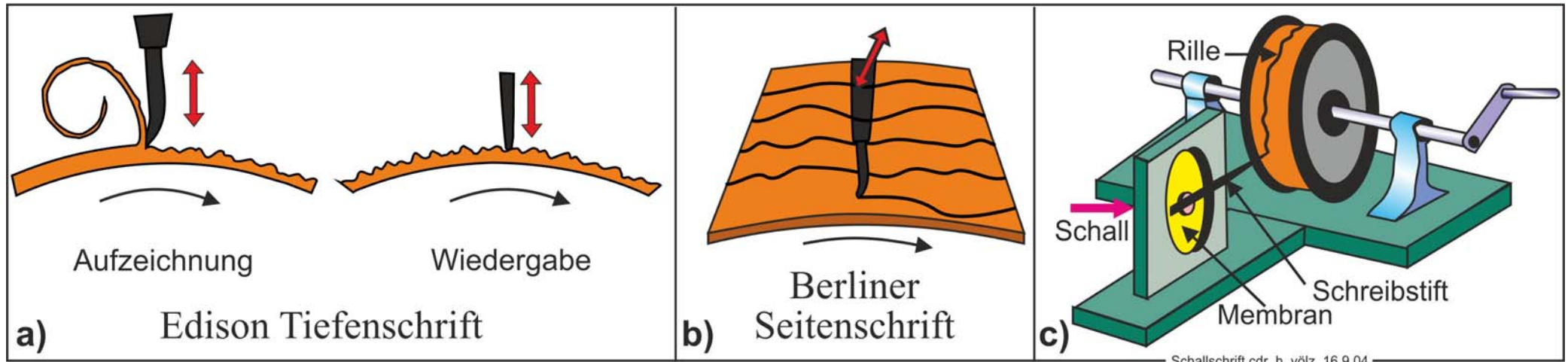
Die fertig geschnittene Platte wurde 10 Minuten in 3 %-ige Chromsäure gelegt.

Danach waren die Rillen ausreichend tief eingeätzt.

Nach der Entfernung allen Wachses ist die Platte sofort abspielbar.

Mit dieser Technik ist jedoch höchstens **eine Minute** aufzeichnen.

Damit war sie sie noch **keine Konkurrenz** für **EDISONS 3- Minutenwalzen** noch.



Vergleich von a) Tiefen-, b) Seitenschrift
sowie c) erste Apparatur von Berliner in Anlehnung an BERLINERS Patentschrift von 1887 (noch Walzentechnik!).

Vorteile der Seitenschrift

Bei **Tiefenschrift** muss die Abtastnadel **zwangsgeführt** werden.

Damit die Aufzeichnung genau übernommen wird, muss sie immer den **Rillengrund** und nicht die Rillenflanken berühren. Folglich muss die **Rille** deutlich **breiter** als die **Abtastnadel** sein. (a)

Bei der **Seitenschrift** muss dagegen die Nadel stets **den Flanken** der Rille **folgen**.

Nur so ist garantiert, dass die **seitliche Modulation** der Rille exakt übernommen wird.

Das bringt den Vorteil der **Selbstführung** des Abtasters und **vereinfacht** die Gerätetechnik.

Optimal ist ein **Rillenprofil**, dessen Flanken 45° gegenüber der Platten-Oberfläche geneigt sind (c).

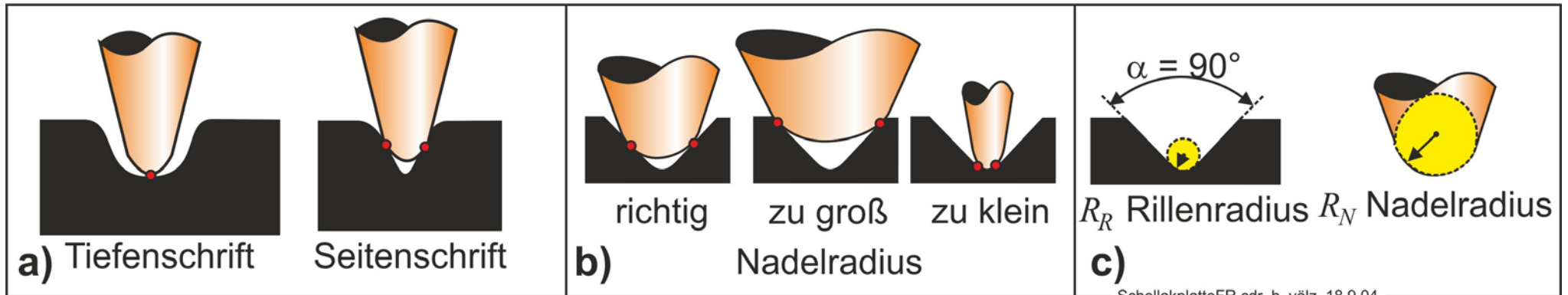
Unten ist die Rille mit einem Radius R_R gerundet (c).

Damit die Nadel wirklich den Flanken folgt, muss der Radius der Nadelrundung (R_N) passend gewählt werden.

Wie aus (b) ersichtlich ist, berührt die Nadel dann nicht mehr den Rillengrund.

Dort lagert sich aber bevorzugt Staub ab, der so kein Rauschen verursachen kann.

Daher ist nur noch infolge der Struktur und Rauheit des Plattenmaterials ein **Plattenrauschen** möglich.



Die späteren **typischen Werte** für die Schellackplatte betragen:

36 Rillen/cm ($\approx 280 \mu\text{m}$ Rillenabstand), Rillenbreite = $100 \mu\text{m}$, Wandwinkel = $88^\circ \pm 5^\circ$, $R_R = 6 \mu\text{m}$ und $R_N = 60 - 65 \mu\text{m}$.

BERLINERs Selbstbewusstsein

Am 16.5.1888 **führt** BERLINER seine Technik im FRANKLIN-Institut (Philadelphia) mit einem „Yankee-Doodle“ **öffentlich** vor.

Im Gegensatz zu EDISON war BERLINER von Anfang an überzeugt, dass die Hauptanwendung bei der Unterhaltung lag. Von seiner Erfindung ist er dabei so überzeugt, dass er folgende Behauptung aufstellt:

Man wird mit Hilfe meines Grammophons ein Menschenleben in zwanzig Minuten auf Platten zusammenfassen können. Fünf Minuten lang Kindergebrabbel, fünf Minuten für das jauchzen des Knaben, fünf Minuten für die Gedanken des Mannes und den Rest für die schwachen, letzten Äußerungen auf dem Totenbett. Dieses Tonbild wird eine ständige Erinnerung sein. Man wird auch von meinen Platten so viele Kopien machen können, wie man will, und prominente Sänger, Sprecher und Schauspieler werden durch den Verkauf ihrer „Phonoautogramme“ zu einem Tantieme-Einkommen gelangen können.

Einige Verbesserungen

Die fein polierten Metallplatten wurden in eine dünnflüssige *Wachs-Benzin-Lösung eingetaucht*.

Nach dem *Verdunsten* des Benzins blieb eine dünne, gleichmäßige Wachsschicht zurück.

In sie ließ sich die Tonspur gut einschreiben.

Außerdem wurde zum *leichteren Einritzen* der Tonspur das Wachs mit *heißem Dampf* etwas erweicht.

Leider schob aber die Platin-Iridium-Spitze des Stichels das abgeschabte *Wachs in Klümpchen* vor sich her.

Dadurch wurde die Spur ungleichmäßig.

Ein *Blechrand am Plattenteller* erzeugte einen Behälter, der mit einem *Wasser-Alkohol-Gemisch gefüllt* etwas wurde.

So wurden alle herausgeschnittenen *Wachsteilchen* weggeschwemmt und *schwammen* auf der Flüssigkeits-Oberfläche

Die Vervielfältigung

Im August 1888 begann BERLINER mit den ersten Versuchen zur **Vervielfältigung** der Platten.

Zunächst verwendete er **Zelluloid**, hatte damit aber keinen Erfolg.

Dennoch sind einige „HYATT Disks“ **erhalten geblieben** (Erfinder des Zelluloids ist JOHN WESLEY HYATT).

Im Juli 1889 waren schließlich die Versuche mit **vulkanisiertem Hartgummi** erfolgreich.

Infolge der **originale Metallplatten** (Master bzw. „Mutter“, **s. u.**) entfällt das Leitendmachen.

Es kann unmittelbar ein nickelüberzogenes Kupfer als „Vater“ hergestellt werden.

Dieser wird in den **erwärmten, vulkanisierten Gummi** gepresst. Dabei entsteht die flache Schallplatte.

Nun wollte BERLINER mit der **Serienproduktion** beginnen.

Doch trotz vieler Bemühungen, fand er in den **USA keine Unterstützung**.

Daher demonstrierte er am 26.11.1889 seine Technik den **Experten der Berliner „Elektrotechnischen Gesellschaft“**.

Er wird **sofort als Mitglied** aufgenommen.

Am 26.12.1889 stellte er seine Technik im großen **Hörsaal der Reichspost** in Berlin öffentlich vor.

Absichtlich **unmittelbar nach** der Vorführung von EDISONS Wachswalzenphonographen.

Seine Platte begann zwar mit einem stark krächzenden Rauschen.

Jedoch bei der folgenden Orchestermusik war jedes Instrument gut herauszuhören.

Bemerkung:

Die Begriffe Vater, Mutter und Sohn als Generationsfolge wurden von BERLINER eingeführt und sind allen feministischen oder ähnlichen Bewegungen zum Trotz bis heute – selbst bei der CD und DVD – als Fachbegriffe erhalten geblieben. Der Begriff Master gilt nur für die Originalaufzeichnung.

Erste Produktion

Auf Grund der letzten Erfolge entschloss sich BERLINER, die Fertigung mit eigenen Mitteln zu beginnen. Er führte aber erst später zu einer Firmengründung (**s. u.**).

Ab Juli 1890 begann in der **Spielwarenfabrik** Kämmer & Reinhardt in Waltershausen (Thüringen) eine **Produktion**. Hergestellt wurden **einfache Grammophone** mit Handkurbelbetrieb und eine **sprechende Puppe** mit Miniatur-Grammophon im Rumpf.

Die Platten produzierte u. a. die Rheinischen Gummi- und Celluloidfabrik in Mannheim. Der Durchmesser betrug 12,5 cm für die Grammophone und 8 cm für die Sprechpuppe.

1895 erschien ein „Plattenspieler“ mit fast geräuschlosem Federmotor, den ELDRIDGE R. JOHNSON entwickelt hatte.

Die Schellack-Platte

Anschließend suchte BERLINER nach einem *besseren Material* für die Schallplatten.

1895 fand er jene *Mischung*, die dann *bis Ende der 50er Jahre* die Schallplatte bestimmte

Es ist ein *Gemisch aus* Schwerspat, Ruß, Kuhhaaren (später Baumwollflock) und 30 % *Schellack*.

Das fein gemahlene *Gesteinsmehl* gibt die *notwendige Härte*, aber auch die oft beklagte *Zerbrechlichkeit*.

Dann erkannte BERLINER, dass das *Rauschen* seiner Platten vom *Zinkmaster* herrührte.

Um 1898 ging er daher zum *Wachsoriginal* über, bei dem aber die *Oberfläche leitend* gemacht werden musste.

Doch für das *Bedampfen* besaß EDISON *die Patente*.

Deshalb entwickelte er das „Aufblasen“ von *Graphitpulver*.

Damit erreichte er – bei einer *wesentlich einfacheren Herstellung* – auch *gleichwertige, hohe Klangqualität*.

Zusätzlich führte 1898 ELDRIDGE R. JOHNSON erstmalig den *Elektromotor* ein.

Hinweis:

Schellack geht auf das Sekret einer in Indien beheimateten, weiblichen Lackschildlaus zurück. Das Harz ist recht teuer und war in Krisenzeiten, z. B. während des ersten Weltkrieges, kaum erhältlich. Aber alle Versuche, es durch einen anderen Rohstoff zu ersetzen, sind immer wieder gescheitert.

Die Großproduktion

1899 begann Berliner mit der **Großproduktion der Schellackplatten**

Die war der Anfang des harten **Konkurrenzkampfes** zwischen EDISON-Walze und BERLINER-Schallplatte.

Bereits 1889/90 wurden in Deutschland etwa **25 000** Platten gepresst.

1894 wurde der **Durchmesser** der Platten auf 6,875 Zoll (≈ 17 cm) festgelegt (1995 = 7 Zoll).

Bis zum Herbst 1894 wurden dann etwa **1 000** Grammophone und **25 000** Platten verkauft.

1898 konnte BERLINER bereits **713 753** Schellackplatten absetzen.

1903 wurden aber immer noch – selbst in Deutschland – etwa **doppelt so viele** Walzenapparate als Plattenspieler verkauft.

1908 wurden in Deutschland **4 500 000 Platten** gepresst.

1904 wurde in Schweden die wichtige Fa. **CARL LINDSTRÖM** gegründet.

Sie übernahm später auch **Odeon**, die viele technische **Innovationen** hervorbrachte.

Bis 1914 entstanden allein in Deutschland rund **500** konkurrierende **Schallplattenmarken**.

1928 ist der Höhepunkt der Entwicklung: In 4 Wochen werden **12 000 000 Schallplatten** mit dem AL-JOLSON-Tonfilm-Schlager „Sonny Boy“ verkauft.

1931 erschienen monatlich etwa 300 neue Titel.

Bis 1938 wurden in den USA insgesamt an die 33 000 000 Schallplatten verkauft.

Damals waren RCA Victor, Decca und Columbia ARC die drei größten Schallplattenfirmen.

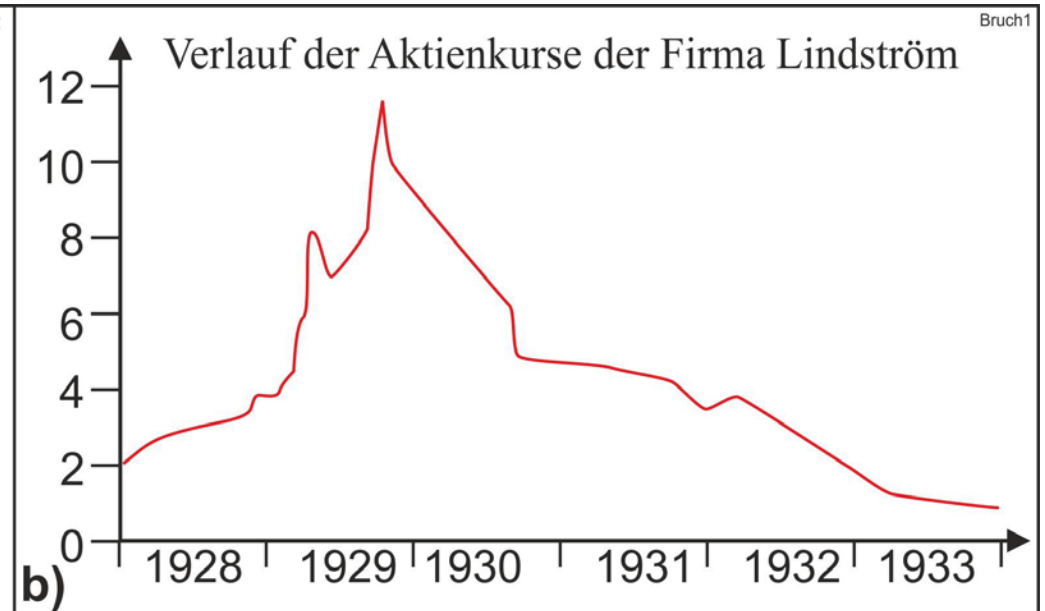
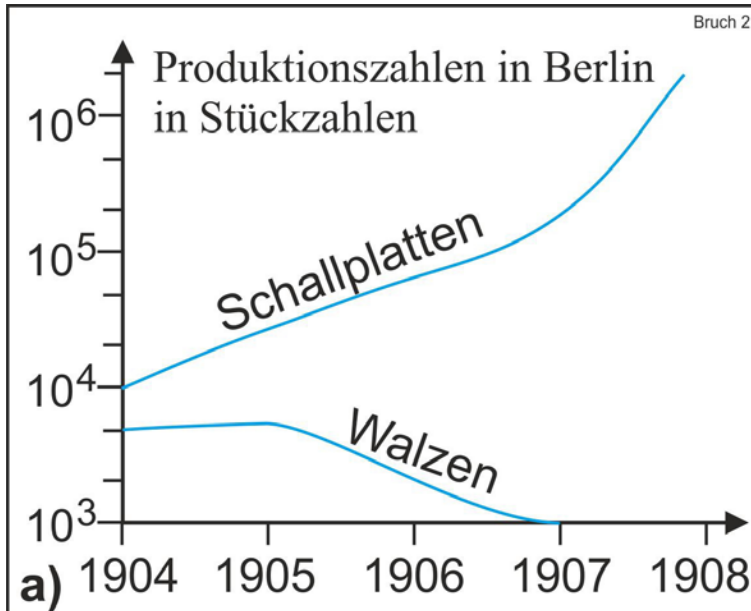
Zur Entwicklung der Schallplatte:

a) Ablösung der Walzen durch die Schallplatte, nur in Berlin.

b) Börsenentwicklung der Firma Lindström. Die Absenkung ist eine Folge der Weltwirtschaftskrise

c) Schreibender Engel.

d) Ab 1909 „Die Stimme seines Herrn“, Markenzeichen der Deutschen Grammophon GmbH.



Firmen-Gründung

Für Aufnahme, Herstellung und Vertrieb von Schallplatten waren größere Unternehmen notwendig.

Am **23.4.1898** gründete EMILE BERLINER in **London** die **Gramophone Company**, in **Hannover** und mit seinem jüngeren

Bruder JOSEPH BERLINER (neben der vorhandenen Telefonfabrik) – die **Deutsche Grammophon-Gesellschaft**.

In Hannover wurden zunächst nur Schallplatten gepresst, deren Aufnahmen aus England kamen.

Doch mit diesen Gründungen war auch der **Name „Grammophon“ geschützt**.

1900 wurde die Orpheus Musikwerke GmbH in Leipzig übernommen

Es entstand der Name **Deutsche Grammophon GmbH**, deren Markenzeichen der **schreibende Engel** war.

1908/9 wurde es zum wohl berühmtesten Markenzeichen überhaupt geändert: **„His Masters Voice“**

Hierzu gehört eine etwas **längere Geschichte** (s. u.).

Sie ist wohl ebenso wichtig, wie der steile Anstieg der Schallplattenproduktion infolge des steigenden Wohlstandes

Hinzu kam auch noch die damals international anerkannt gute **Qualität deutscher Erzeugnisse**.

Gleichzeitig erscheinen – zusätzlich zu den bis dahin üblichen 17-cm-Scheiben – die **ersten 25-cm-Platten**.

His Masters Voice - Die Stimme seines Herren

FRANCIS BARRAUD (? - 1924) war ein pensioniert in London lebenden Bühnenbildner

Der **Foxterrier „Nipper“** (Strolch) gehörte ursprünglich seinem inzwischen verstorbenen Bruder MARC.

Immer wenn er sich Walzen mit der Stimme seines Bruders anhörte, kam Nipper aus seiner Ecke hervor und **lauschte mit geneigtem Kopf** vor dem Trichter.

Re fand die Szene so rührend, dass er sie im Bild festhielt.

Freunde und Kollegen empfahlen das Ölbild der „**Edison und Bell Phonographen Company**“ zu verkaufen.

Doch dort bestand jedoch **kein Interesse** am Bild.

Freunde empfahlen, den „düsteren“ schwarzen Grammophontrichter in einen **glänzenden Messingtrichter** zu ändern.

Um sich den dazu notwendigen **Messingtrichter auszuleihen**, ging BARRAUD zum Sitz der „Grammophone“.

Der gerade anwesende Direktor OWEN bat, das **Bild erst einmal zu sehen**.

Danach belehrte er BARRAUD, dass ein **moderner Mensch** doch wohl nur noch **Schallplatten** nutze.

Wenn er aber den Hund vor einem Grammophon seiner Firma malen würde, so werde er das Bild bestimmt kaufen.

Im September 1899 war das „veränderte“ Bild fertig.

Begeistert **kaufte** es OWEN zu einem guten Preis und bestellte **noch 12 Repliken**.

Wenige Jahre später starb Nipper, aber als **Symbol** blieb er der Nachwelt – sehr selten für einen Hund – **erhalten**.

Sein „Erlebnis“ wurde bald das Sinnbild für **hohe Wiedergabetreue**.

Noch heute hängt das Original im Hauptgeschäftssitz der jetzigen EMI (Electric & Music Industries Ltd.) in Hayes/Middlesex in England.

Angeblich soll man auf ihm „symbolhaft“ den **übergemalten Edison-Phonographen** noch erahnen können.

Erste Folgen in der Kultur

Mit der Schallaufzeichnung hatten erstmalig die **Ethnologen** Möglichkeiten zu einer objektiv fixierten **Feldforschung**. Bereits 1910 wurde das **Berliner Lautarchiv** auf Vorschlag von WILHELM DOEGEN geschaffen.

Es gehört noch heute zur Humboldt Universität Berlin. Gesammelt wurden und werden:

Sprache, Musik und Gesang der Völker der Erde, deutsche Mundarten sowie die Stimmen großer Persönlichkeiten.

Doch auch hier hatte der **Wettstreit** zwischen beiden Systemen seine Folgen.

In **Berlin** wurde die Schallplatte, in **Wien** die Walze verwendet.

Für den Austausch ihrer Aufzeichnungen mussten daher ganz spezielle, komplizierte Geräte entwickelt werden.

Sie wurden erst überflüssig als ein elektrisches Umspielen möglich wurde.

Doch auch anderweitig wurde schnell begonnen kulturell **unersetzliche Schall- „Dokumente“** zu sammeln.

Daran beteiligten sich insbesondere **mehrere Komponisten**.

Künstler hatten zunächst kaum Interesse

Zunächst musste die Technik zu den Künstlern kommen.

Erst sehr viel später waren Sie bereit, in Aufnahmestudios zu gehen.

Noch viel später war die Schallplatte für ihren Ruf entscheidend. Dann setzte die Schallplattenindustrie die Maßstäbe.

FRED W. GAISBERG (1873 - 1951) war durch **Reisen zu den Künstler** sehr erfolgreich.

Er hat so viele prominente Sängerinnen und Sänger, häufig in ihren **Hotelzimmern**, aufgenommen.

Besonders schwierig war es, Aufnahmen mit **ENRICO CARUSO** (1873 - 1921) zu verwirklichen, das gelang erst 1900.

Für zwei Stunden Aufnahmezeit in seinem Mailänder Hotel verlangte er das sündhafte Honorar von **100 Pfund** Sterling.

Das bedurfte einer **Sonderentscheidung** durch BERLINER.

Damals wurden die ersten 10 Titel aufgenommen, bis 1920 wurden es 265.

Mit diesen Aufnahmen wurde CARUSOs **Ruhm deutlich vermehrt** und die Schallplatte erreichte den **großen Durchbruch**.

Die **Höhe des Honorars** von CARUSO ist nur über Vergleiche einzuschätzen.

1935 forderte KARL VALENTIN (1882 - 1948) 500 Mark, erhielt aber nur 350, dennoch deutlich überm üblichen Honorar.

Der sehr beliebte Schlagersänger ERIC HELGAR (Am Abend auf der Heide, Hörst Du mein heimliches Rufen, Träume von der Südsee) erhielt für jeden Titel 30 Mark.

CARL WOITSCHACH mit seinem Blasorchester für Einstudierung, Arrangement und Aufnahme nur 50 Mark.

Bald traten die ersten großen Gewinne ein. Bereits 1907 gab es die erste **goldene (Schall-) Platte**.

Von CARUSOs Gesangstitel „on with mostly from i paggliacci“ wurde eine Million Platten verkauft.

Erster Urheber-Rechtsstreit

Aus heutiger Sicht ist es erstaunlich, dass es bereits damals heftigen Streit um **Aufführungsrechte** gab. Bis 1932 durften die **Rundfunkanstalten** Schallplatten ohne Voraussetzungen oder Zahlungen abstrahlen. Schließlich trugen die Sendungen ja auch dazu bei, dass **mehr Schallplatten gekauft** wurden.

Bald wurde aber **hart** mit dem Ergebnis **verhandelt**: Maximal 560 Stunden Schallplattenaufnahmen pro Monat.

Doch schon **1935** begann der so genannte „zweite Plattenkrieg“.

Im Rundfunk mussten **alle Schallplatten versiegelt werden**.

Zusätzlich gab es **Forderung nach Schadensersatz**.

Im März 1936 wurde dann vereinbart:

Der Rundfunk darf jährlich 25 000 Platten senden, muss dafür aber 300 000 RM (Reichsmark) zahlen.

Für alle weiteren 5 000 Platten waren 60 000 RM fällig.

1939 gingen daher die Rundfunkstationen **zu eigenen Aufnahmen**, den so genannten Transcripts über.

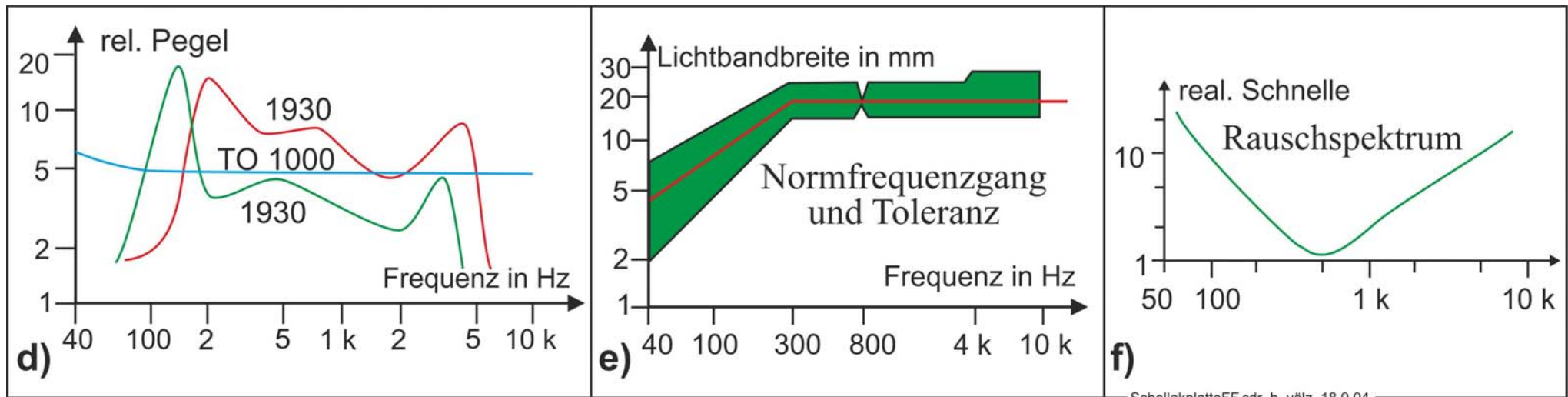
Noch 1940 prozessierten einige Rundfunkstationen für das Recht, Industrieschallplatten abspielen zu dürfen.

Gliederung

1. Einleitung und Abgrenzung
2. **Edison** und die Walzentechnik
3. Berliner und die Schallplatte
4. **Eigenschaften der Schellack-Platte**
5. Langspiel- und Stereo-Platte
6. Technische Daten
7. Spezielle Platten
8. Sonder-Techniken.
9. Kunststoff-Folien
10. Tefifon

Zum Frequenzgang

Das typische Spektrum einer späteren Schellackplatte zeigt (f).
 Um 1930 reichte der typische **Frequenzgang** mit bereits elektrischen
 Tonabnehmern von etwa 200 Hz bis 4 kHz.
 1937 gelang es Telefunken mit dem Tonabnehmer TO 1000, gut linear den
 ganzen hörbaren Frequenzbereich zu erfassen.
 Der Aufzeichnungspegel (Lautstärke) kann mit einer seitlichen
 Punktlichtquelle über die Lichtbandbreite sichtbar werden.
 Das Lichtband entsteht durch die Biegungen der Rille.
 Hiermit erfolgte auch die Normung.
 Der Abfall unterhalb von 300 Hz ist notwendig, damit bei großer Ablenkung
 sich nicht die Rillen berühren.



SchellakplatteFF.cdr h. völz 18.9.04

Größe und Laufzeit

Für die Laufzeit der Schellackplatten ist vor allem ihre Größe entscheidend, nebenbei auch die Drehzahl (s. u.). Ursprünglich fertigte Berliner nur Platten mit ca. 17 cm Durchmesser. Sie liefen etwa 1 Minute. Sie trugen noch **kein Etikett**. Alle Hinweise waren eingraviert. Sehr bald waren 20 cm üblich. Ab 1909 kamen 25 cm (3,5 Minuten je Seite) und ab 1911 und 30 cm (4,5 Minuten) hinzu. Sie wurden der Standard.

Bereits 1904 stellte Odeon die **beidseitig** bespielte Platte vor. Nach heftigen Patentstreitigkeiten durften sie **bald alle Firmen fertigen**.

Einzelne Firmen benutzen auch andere Abmessungen. Ab 1905 gab es in Frankreich und England sogar Platten mit 50 cm Durchmesser. Üblich waren hier auch 24, 28 und 35 cm.

Spezielle Platten fertigte die französische Firma von CHARLES PATHÉ (1863 - 1957). Um die Patente von EDISON und BERLINER zu umgehen, sind die Platten in Tiefschrift geschrieben. Sie werden von innen nach außen mit 98 bis 100 UpM abgespielt. Zunächst wurden Platten aus Hartgummi mit 27 und 38 cm Durchmesser gefertigt. 1905 erschien die 50-cm-Plattengröße und geplant waren sogar 1,20 m.

Die Drehzahl

Eine Schallplatte muss mit der richtigen **Drehzahl** abgespielt werden.

Zunächst war die Solldrehzahl der Platten nur recht ungenau.

So hatte sich um 1925 bei Berliner die Drehzahl zwischen 74 und 82 UpM eingependelt.

Erst mit Einführung der elektrischen Technik wurden 78 UpM verbindlich festgelegt.

Beim elektrischen Antrieb (bei Berliner teilweise schon 1915) kamen Synchronmotoren zur Anwendung.

Man verließ sich auf die Genauigkeit der Netzfrequenz und reduzierte die Drehzahl mit einem Schneckengetriebe.

Bei den in den USA üblichen 60 Hz (3600 UpM) wurden mit 1 : 46 etwa 78,26 UpM erreicht.

In Europa mit 50 Hz wurde 2 : 77 ein Mittelwert von 77,92 UpM erzeugt.

Bei den Feder- Gleichstrommotoren war bis in die 50er Jahre der nebenstehende Regler eingebaut.

Er ist über den Riemen mit dem Plattenteller gekoppelt, rotiert jedoch um ein Vielfaches schneller.

Je höher die Drehzahl wird, desto weiter entfernen sich die 3 Fliehgewichte von der Achse.

Dabei drücken sie Bremsscheibe stärker gegen den Bremsfilz.

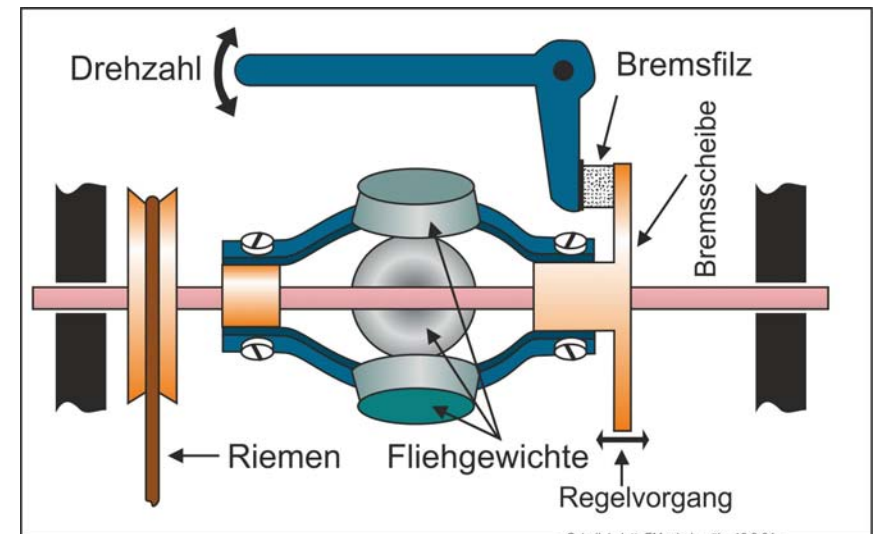
Durch die zunehmende Reibung wird die Drehzahl reduziert.

Umgekehrt wird bei abnehmender Drehzahl die Bremsscheibe vom Bremsfilz entfernt.

Dadurch nimmt die Reibung ab und die Drehzahl steigt wieder.

So wird weitgehend unabhängig von der Federkraft oder dem Motor eine gut gleich bleibende Drehzahl eingehalten.

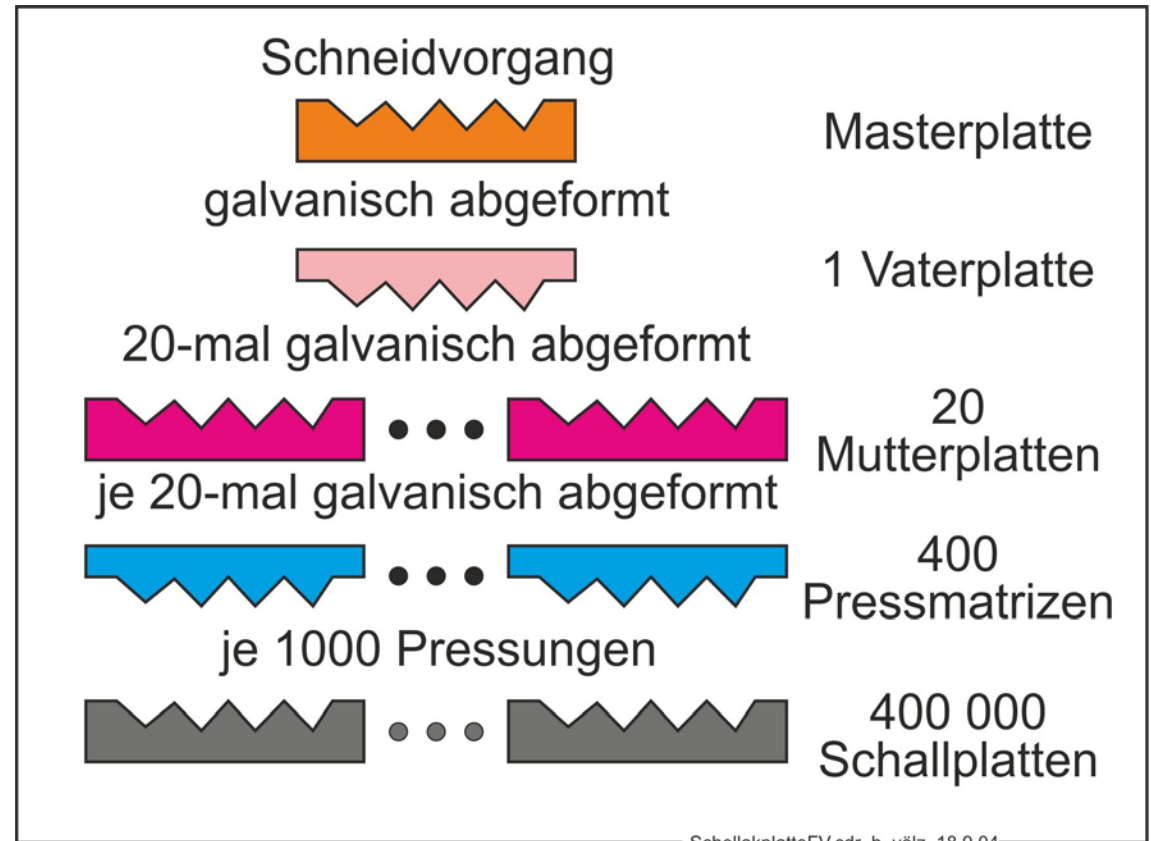
Durch den zusätzlichen Hebel kann sie eingestellt werden.



Die Vervielfältigung

Wegen des großen Bedarfs wurde für die **Vervielfältigung** ein mehrstufiger Prozess notwendig. Das Original wird unmittelbar in Wachs geschnitten. Dieses Original (Master) wird elektrisch leitend gemacht und dann galvanisch verstärkt. Der dabei entstandene „Vater“ besitzt Erhöhungen statt der Rillen und wird vom Wachs getrennt. Mikroskopisch wird er auf Fehler untersucht, die meist mechanisch korrigiert werden. Sie erhält eine Trennschicht von wenigen nm. Vom „Vater“ können, wieder elektrochemisch, bis zu 20 metallische „Mütter“ hergestellt werden. Sie können akustisch direkt kontrolliert werden. Ähnlich können dann von jeder „Mutter“ bis 20 Pressmatrizen (Söhne, 0,3 mm) erstellt werden. Damit liegen ca. 400 Pressmatrizen vor. Jede ermöglicht bis zu 1000 Pressungen. So entstehen von einer Aufzeichnung etwa 400 000 Schallplatten.

Selbst bei den späteren **Vinyl**-Platten wurde nur die **erste Stufe** deutlich verändert. Vor allem werden dann andere Aufzeichnungsmaterialien (Master) und die Magnetbandtechnik benutzt.



Notwendigkeit des Trichters

Beim Telefon und Rundfunk genügte anfangs der **Kopfhörer**, der den Schall direkt zum Ohr führt. Die Membran des Kopfhörers wird dabei elektromagnetisch oder piezoelektrisch bewegt. Die zu ihm führenden elektrischen Kabel ermöglichen eine relativ freie Bewegung des Menschen. Bei der Schallplatte ist das bestenfalls über Schläuche möglich. Besser ist es, die Schwingung der kleinen Abtastnadel unmittelbar in lauten Luftschall umzuwandeln.

Das ist u. u. mit einem Trichter möglich.

Doch dazu gehört ein kompliziertes mathematisches und nicht leicht zu verstehendes akustisches Problem. Eigentlich waren damals bereits die wesentlichen Grundlagen vorhanden, aber nur bei sehr wenigen Spezialisten. Andererseits gab es sogar Erfahrungen bei den Blasinstrumenten. Dennoch wurde damals zunächst viel experimentiert.

Umgekehrt ist auch für die direkte **Aufzeichnung** ein Trichter erforderlich, der den Luftschall zum Schreibstift überträgt.

Die ersten EDISON-Sprechmaschinen hatten nur kurze **Rohrstutzen** und erzeugten daher nur eine geringe Lautstärke. Ein erster Ausweg waren EDISONS **Hörschläuche**, die auch Verzweigungen zu mehreren Personen ermöglichten. Um 1900 wurde der **Kegel**-Trichter eingeführt.

Er hing an einem Halte-Galgen, so dass er nicht vollständig mit der Rille mitgeführt werden musste.

Um 1912 entstanden dann die meist stark verzierten **Glocken**-Trichter.

Als Material wurde zunächst Messing verwendet.

Da es recht schwer war, entstanden Trichter aus Aluminium, Holz, Hartgummi, Zelluloid, Pappe, Glas und Keramik. Für die Aufnahme baute EDISON sogar einen Trichter von 35,5 m Länge.

Schallausbreitung

Der Schall hat in verschiedenen **Medien** unterschiedliche **Geschwindigkeiten**.

Es ist ein großer Unterschied, ob 1 cm^3 Luft oder Eisen bewegt wird.

Bei gleicher Energie wird daher die **Schwingungs-Amplitude** etwa umgekehrt zur **Masse** sein.

Von der Oberfläche einer **Membran** wird aber nur ihre **Amplitude** von der Luft übernommen.

Das ist aber nur ein **sehr kleiner Teil** ihrer Energie.

Um mehr zu übernehmen, sind **Anpassungs-Mechanismen** erforderlich.

Bei **unserem Ohr** leisten das hauptsächlich die drei Gehörknöchelchen des Innenohres

Über ihren ruhenden Schwerpunkt bewirken sie eine **Hebelübersetzung** von etwa 20:1.

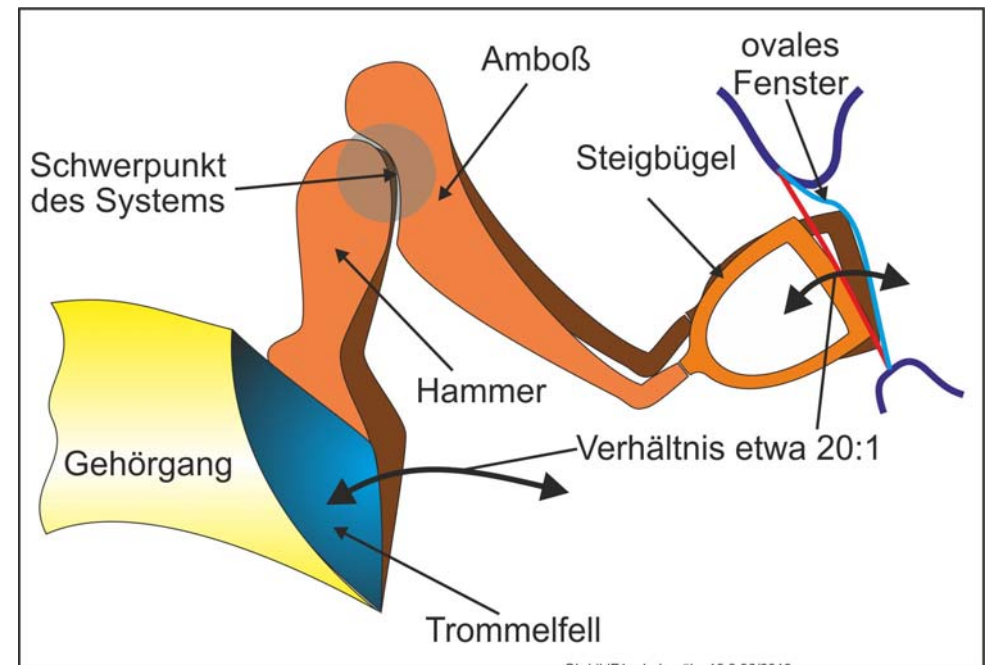
Ähnlich kann auch eine freie **Saite oder Stimmgabel** nur wenig Bewegungsenergie an die Luft als Schall abgeben.

Eine deutliche Verstärkung erfolgt durch **Resonanz oder mitbewegtem größeren Körper**.

Dazu hält man die den unteren Stil einer Stimmgabel auf den Tisch.

Instrumente erhalten **Resonanzkörper**, die dann zusätzlich den Klang deutlich verändern.

Bei einer Saite erreichen daher Geige, Gitarre, Laute, Flügel usw. ihren jeweils **spezifischen Klang**.



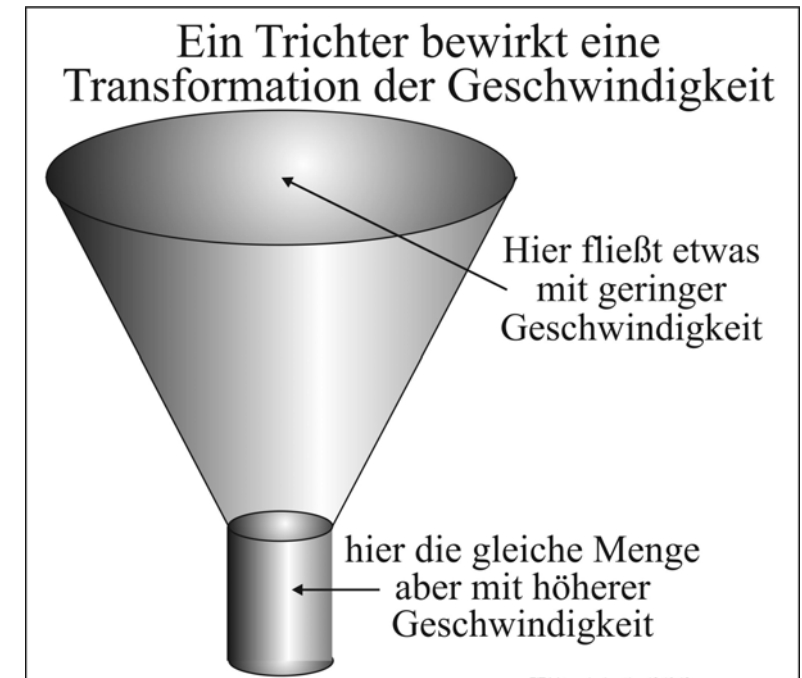
ÖhrbildF1.cdr h. vözl 16.8.96/2013

Anwendung auf das Grammophon

Bei der Aufzeichnung und Wiedergabe ist die **Übersetzung** zwischen Luftschall und Nadelbewegung erforderlich. Einen Teil davon bewirkt der Mechanismus aus Nadel und Membran. Doch von der Membran zur Luft ist eine deutlich andere Variante erforderlich. Hierzu ist der **Wellenwiderstand** der Luft einzuführen. Vereinfacht lässt er sich durch einen **Flüssigkeitstrichter** erklären. Am oberen Ende ist der **Bewegungs-Widerstand** viel größer als am unteren engen Ende. Das wird sehr erfolgreich bei der **Hydraulik** benutzt und kann leicht auf Schalltrichter übertragen werden. In jedem Fall kann so der die Bewegung der Nadel auf eine viel größere Menge Luft (oben) angepasst werden. Und umgekehrt wird so der Luftschall auch viel besser auch der Schreistichel übertragen.

Die Trichterform kann in Ihrem Verlauf vielfältig gestaltet werden. Umfangreiche Rechnungen zeigen: das Optimum liegt bei einem **exponentiellen Verlauf und rundem Querschnitt**. Die **tiefste übertragene Frequenz** ist von der großen Öffnung abhängig. Dabei gilt etwa: Ihr Durchmesser d muss größer als $\lambda/2$ sein. Für 100 Hz sind das reichlich 50 cm. Da der Durchmesser nur langsam zunehmen darf, wird ein Trichter mit großer Austritts-Öffnung auch lang. Außerdem darf der Trichter keine Eigenresonanzen besitzen.

Nebenbei: der Trichter bewirkt so betrieben keine Richtstrahlung. Zusätzlich bewirken das etwas auch die Reflexionen im Raum.



Wissenschaft vom Trichter

Rückblickend ist es unverständlich, warum nicht von Beginn *Exponential*-Trichter verwendet wurden. Bereits ein Vergleich mit Blasinstrumenten hätte entsprechende Hinweise geben können.

Schon 1650 nennt ATHANASIUS KIRCHER (1602 - 1680) im Werk über Akustik „Misurgia Universalis“ den Schalltrichter. 1671 erscheint die Publikation „Sprechtrumpete“ über das Sprachrohr.

1863 JOHANN HEINRICH LAMBERT (1728 - 1777) leitete aus den theoretischen Grundlagen die Notwendigkeit des exponentiellen Verlaufs ab.

Doch hierzu ist anspruchsvolles mathematisches Wissen und Rüstzeug erforderlich.

Zur Vertiefung sei auf Standardliteratur verwiesen, z. B.:

Reichardt, W.: Grundlagen der Elektroakustik. Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig K.G., existiert in vielen Auflagen, z.B. Leipzig 1954/58; S. 265 ff.

Skudrzyk, E.: Die Grundlagen der Akustik. Springer - Verlag Wien 1954; S. 457 ff.

Berechnete Frequenzgänge für kreisförmigen Querschnitt mit folgenden Daten zeigt das folgende Bild (a)

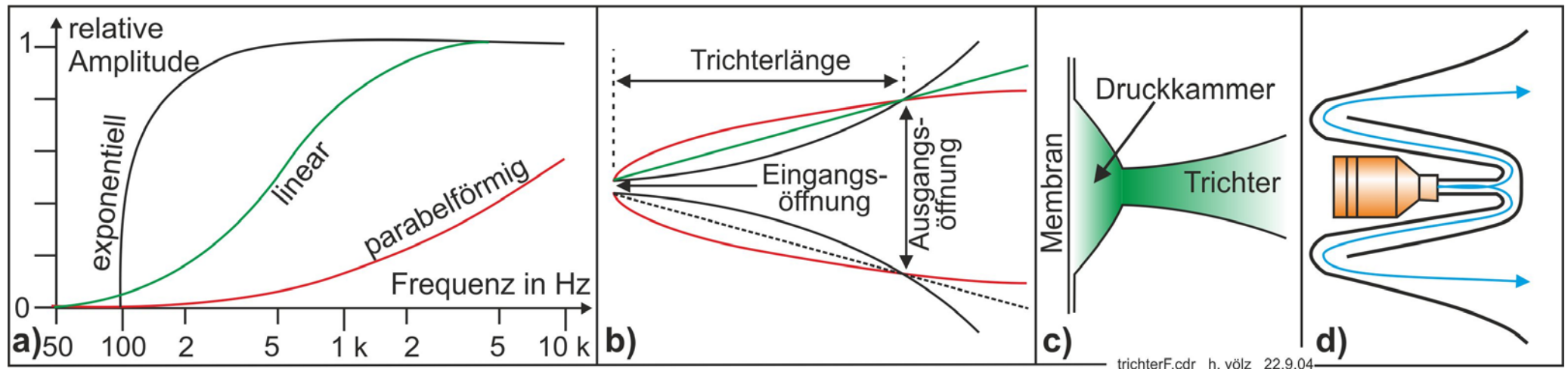
Trichterlänge $l = 1$ m, Eingangsöffnung $\ddot{O}_0 = 1$ cm² und Ausgangsöffnung $\ddot{O}_2 = 100$ cm².

Sie zeigen deutlich den großen Vorteil des Exponentialtrichters.

Für die gut abstrahlbare tiefste Frequenz f_u gilt näherungsweise die Größengleichung $\ddot{O}_2$ [in m] $\approx 50/f_u$ [in Hz].

Die Trichterlänge berechnet sich aus den beiden Öffnungen zu: $2 \cdot T_l \approx \ddot{O}_1 \cdot \ln(\ddot{O}_1/\ddot{O}_0)$.

In den Anfangszeiten der Tonfilmtechnik entstanden daher Trichter mit Austrittsöffnungen über einen Meter.



Erst später zeigte sich, dass mit einfachen Trichtern nicht immer der maximal mögliche Wirkungsgrad zu erreichen ist. Denn eine Membran kann nur bis zu einer relativ kleinen Amplitude verzerrungsfrei schwingen. Erst mittels einer **Druckkammer** kann indirekt eine größere Membran genutzt werden (c). Dabei bleibt dann die Eingangsöffnung des Trichters weiterhin klein. Es darf jedoch nirgends 10 W/cm^2 überschritten werden, dann treten nichtlineare Verzerrungen der Luft auf.

Für die Anwendung kann es vorteilhaft sein, durch Faltung des Trichters die Baulänge zu verkürzen. Hierbei dürfen aber nur relativ geringe seitliche Krümmungen auftreten. So entsteht der typische Aufbau des späteren Druckkammerlautsprechers (d). Auch bei Trichtergrammophonen wurden ähnliche Faltungen vorgenommen. So konnte der Trichter vollständig ins Gehäuse eingefügt werden. Es gab auch zusammenlegbare bzw. ineinander zusammenschiebbare Trichter.

Ein Sonderfall

Die Tiefschrift der EDISON-Walze und der PATHÉ-Schallplatte ermöglicht eine spezielle Schallerzeugung.

Sie funktioniert **völlig ohne Nadel**. Über die Platte läuft eine **Hartgummirolle**.

Unter ihr erzeugt die unterschiedlich **tiefe Schallrille** eine mehr oder weniger große **Öffnung für einen Luftdurchtritt**.

Die so geänderte Menge des hindurch kommenden Luftstroms lässt unmittelbar Luftschall entstehen.

Dabei ist ein **hoher Wirkungsgrad bei minimaler Belastung** der Rille zu erreichen.

Ein solches Gerät hatte PATHÉ 1926 entwickelt. Es kam jedoch zu **keiner Serienfertigung**.

Schließlich ist die Erzeugung der Druckluft auch nicht ganz einfach.

Auf weitere Schallerzeugungen, insbesondere Lautsprecher wird später gemeinsam mit den Mikrofonen eingegangen.

Elektrische Aufzeichnung und Wiedergabe

Mit dem **Telefon** von 1870 war eine wesentliche Grundlage für die elektrische Aufzeichnung und Wiedergabe vorhanden. 1892 konnte so FRANÇOIS DUSSAUD (1870 - 1953) die elektrische Aufnahme/Wiedergabe von Wachswalzen realisieren. Das führte er in den 1890er Jahren mehrfach öffentlich vor.

Für die Aufzeichnung hatte er eine spezielle Schneiddose entwickelt.

Die Wiedergabe erfolgte mit einem elektromagnetischen Tonabnehmer (Pick Up) über Telefonhörer.

Doch **industriell** wurden seine Ansätze **nicht wirksam**. hierzu mussten erst **drei andere Techniken** entstehen:

- Die **Elektronenröhre** von 1906 von LEE DE FOREST (1873 - 1961) ermöglichte eine elektrische **Verstärkertechnik**.
- Die Entwicklung des **Rundfunks** (ab 1924).
- Die danach entstehende **elektrische Übertragungstechnik**.

Für eine gute **Schallaufnahme** war die Qualität des **Mikrofons** entscheidend (technische Details später).

Das **Kondensator-Mikrofon** schuf 1916 E. C. WENTE, ab 1917 von Western Electric Company angewendet.

In Deutschland setzte es ab 1924 FERDINAND TRENDLENBURG (1896 - 1973) durch, im Rundfunk jedoch erst ab 1931.

Zuvor wurde 1923 das sehr hochwertige **Bändchen-Mikrofon** von E. GERLACH patentiert.

Für die elektrische **Wiedergabe** setzte sich relativ langsam der 1925 von EDWARD KELLOGG und CHESTER RICE geschaffene **elektrodynamische Lautsprecher** durch.

Die Kopplung zum Luftschall bewirkt die **große schwingende Membran**.

Sie war zunächst kegelförmig wie ein linearer Trichter gestaltet.

Später kam die nicht **nichtabwickelbare** (Nawi-) Membran auf.

Eine große **Schallwand, ein Lautsprechergehäuse** vermeiden für tiefe Frequenzen den akustischen „Kurzschluss“ (s.u.).

Das Gehäuse kann sogar auf tiefe Frequenzen abgestimmt werden (**Bassresonanz**).

Elektrische Aufnahme

Sie entstand ab 1920. 1922 begann damit die **Deutsche Grammophon Gesellschaft**.

Richtungsweisend war FRED W. GAISBERG (1873 - 1951).

In den USA ab 1925 bei Western Electric und Bell-Telephone von JOSEPH P. MAXFIELD und H. C. HARRISON.

Durch die Mikrofone entfiel der **große Trichter**, vor denen Künstler und Ensemble eng gedrängt agierten.

Die **ersten Platten** mit der neuen Qualität kamen jedoch erst 1925 auf den Markt.

Sie wurden durch den Aufdruck „**Elektrisch aufgenommen**“ gekennzeichnet.

Ab **1930** gab es **nur noch elektrisch** aufgezeichnete Platten.

Die elektrische Wiedergabe erfolgte dann durch Anschluss an die **Rundfunkempfänger**.

Dabei wurde nur der Niederfrequenzverstärker und Lautsprecher genutzt.

Eigenständige elektrische Plattenspieler entstanden deutlich später und erlangten nur geringe Verbreitung.

Ihre Domäne waren die **Musikboxen**.

Mit der elektrischen Wiedergabe entstand erneut ein **Qualitätsgewinn**.

Der Abtaster wurde nun auch **Tonabnehmer** oder pick up genannt.

Er musste aus der Rille **nicht mehr die Energie** für den Schall entnehmen.

Zur Erzeugung der kleinen Spannungen genügten weitaus kleinere Kräfte.

Vorwiegend war nur noch eine exakte Führung an den Rillenflanken notwendig.

Lagen die ersten mechanischen **Abtaster** mit 500 g auf der Platte, so genügten jetzt **wenige Gramm**.

Hierdurch wurde sowohl die **Platte** als auch die **Nadel** erheblich **weniger abgenutzt**.

Den größten Fortschritt ermöglichte der 1936 von Telefunken eingeführte magnetische Tonabnehmer **TO 1000** (s. o.).

Eine einseitig angefräste Schutzrolle gab den Saphir nur beim Aufsetzen auf eine sich drehende Platte frei.

Mit 25 g und einem Übertragungsbereich bis zu 10 kHz entsprach er schon den späteren hochwertigen Monosystemen.

Gliederung

1. Einleitung und Abgrenzung
2. **Edison** und die Walzentechnik
3. Berliner und die Schallplatte
4. Eigenschaften der Schellack-Platte
5. **Langspiel- und Stereo-Platte**
6. Technische Daten
7. Spezielle Platten
8. Sonder-Techniken.
9. Kunststoff-Folien
10. Tefifon

Erste Weiterentwicklungen

Trotz ihrer guten Qualität besitzt die Schellackplatte drei **Schwächen**: Zerbrechlichkeit, Schellack und Spielzeit.

Schellack ist recht teuer, und außerdem gab es in Krisenzeiten erhebliche Engpässe.

Trotz intensiver Suche führten erst ab 1948 die chemischen Kunststoffe zum Erfolg.

Zunächst **PVC** (Polyvinylchlorid, $(\text{CHCl}-\text{CH}_2)_n$), dann gemischte Polymere auf **Vinyl-Basis**, Vinyl-Azetat und -Chlorid.

Bei der **Spielzeit** war es die begrenzte Rillendichte.

Bereits 1906 unternahm der britische Tontechniker MICHAELIS erste Versuche mit **Mikrorillen**.

Sein Unternehmen „Neophone“ produzierte **zeitweilig 25cm-Platten** mit einer Laufzeit von ca. **12 Minuten**.

Um 1930 stellte PETER GOLDMARK (1906 - 1977) fest, dass für etwa 90 % aller Sinfonien 45 Minuten genügen würden.

Mit finanzieller Unterstützung der **RCA** (Radio Corporation of America) gelang ihm ein erster Erfolg.

Hierbei nutzte er die homogene Struktur des PVC und inzwischen verbesserten elektronischen Abtaster.

So konnte er die Rillenbreite von ca. 130 auf 70 μm und damit den Rillenabstand von 300 auf 100 μm verkleinern.

Mit weiteren Verbesserungen erreichte er eine Spielzeit von rund 30 Minuten je Seite.

Am 17.9.1931 wurde diese **Langspielplatte „EP“** (extended play) im Savoy Plaza Hotel in New York vorgestellt.

Ihr Durchmesser betrug 25 cm, die Drehzahl mit $33\frac{1}{3}$ UpM.

Die Drehzahl bedingten Synchronmotor (1 800 UpM, 60-Hz) und Schneckenrad (54 Zähne) $1800/54 = 33,333\dots$

Es war die **erste Platte mit einem vollständigen Orchesterwerk**, die V. Sinfonie von LUDWIG VAN BEETHOVEN (1770 - 1827) vom Sinfonieorchester von Philadelphia unter Leitung von LEOPOLD ANTONY STOKOWSKI (1882 - 1977).

Dabei bestimmte das vorhandene Mikrofon die Qualitätsgrenze. Doch die Entwicklung hatte keinen Erfolg.

Sie war **noch viel zu teuer**. Allein der Plattenspieler mit eingebautem Radio kostete mehr als 250 Dollar.

Weitere Versuche

1948 ist auch das Erfindungsjahr des Transistors. Hier erscheinen zwei neue Varianten:

Auf einer Händlertagung am 21.6.1948 in Atlantic City (USA) zeigte das **CBS** (Columbia Broadcasting System) die **LP**. Die neue Langspielplatte (**l**ong **p**laying record) verwendete auf PVC und wurde später auch „Album“ genannt. Ihre Daten: 30 cm Durchmesser, 10 Rillen/mm, $33\frac{1}{3}$ UpM. sie erreichte 23 Minuten Spielzeit je Seite. Auch sie hatte zunächst keinen Erfolg.

Vor allem weigerte sich das **RCA** mitzuarbeiten, es fürchtete um sein eigenes „Madame X“-Projekt. Ende 1948 brachte es die **kleine „Single“** (nur 1 Lied je Seite) mit 45 UpM (kleinerer Radius) und 17 cm Durchmesser heraus.

Die Folge war ein **Kleinkrieg** zwischen beiden Firmen. U.a. bot RCA seinen Plattenspieler für 45 UpM sogar gratis an. Der CBS Plattenspieler war dagegen für beide Geschwindigkeiten nutzbar.

Den **Durchbruch** erreichte **CBS** mit dem beliebten **Broadway-Musical** „South Pacific“ (1949; Pulitzerpreis 1950) Komponist RICHARD RODGERS (1902 - 1979, Librettist OSCAR II. HAMMERSTEIN (1895 - 1960) **auf einer einzigen Platte**.

Es folgt die Normung

1958 erfolgte die internationale Normung für Schellack- und Mikrorillen-Platten (PVC) durch das IEC (**I**nternational **E**lectrotechnical **C**ommission).

Es legte drei Geschwindigkeiten fest: $33\frac{1}{3}$, 45 und 78 UpM.

Alle Plattenspieler mussten die 3 Geschwindigkeiten ermöglichen und ***zwei unterschiedliche Abtastsysteme*** besitzen.

Die Statistik von 1954 weist 77 % Schellackplatten, ca. 6 % mit $33\frac{1}{3}$ und 17 % mit 45 UpM aus.

1950 erscheinen dann noch die ersten Sprachplatten mit ***$16\frac{2}{3}$ UpM***.

Doch sie erlangen infolge der entstehenden Heimmagnetbandtechnik keine größere Bedeutung mehr.

Ab 1960 werden kaum noch Schellackplatten produziert. Seitdem besitzt sie nur noch ***historisches Interesse***.

1935 wird in den USA der Begriff **HiFi** (**h**igh **f**idelity = hohe Wiedergabetreue) geprägt.

Deutschland erhält er erst ab 1966 mit dem Namen ***Heimstudiotchnik*** durch DIN 45500, Bl. 3 (u.a. Qualitätsnorm für Schallplattenabspielgeräte) eine präzisierte (messbare) Fassung.

Die Stereo-Technik

Bereits 1921 führte KÜCHENMEISTER *erste Versuche* zur „räumlichen“ Wiedergabe durch.

Sie führten zum „Ultrapophon“ von 1925: *zwei Schallkapseln* tasteten mit Abstand die gleiche Rille der Schellackplatte ab. So wurde das gleiche Schallsignal mit zeitlichem Abstand an zwei Orten abgestrahlt. = *Pseudo-Stereo-Effekt*.

Wenig später begann die *Western Electric* die elektrische Aufzeichnung *weltweit durch Patente zu blockieren*.

1929 machten die *Bell Laboratories* erste *Stereoaufnahmen* mit STOKOWSKI.

EMIs (Electric and Musical Industries Ltd. Hayes, Middlesex) Forschungs-Chef ISAAC SHOENBERG ging anders vor:

Er beauftragte ALAN DOWER BLUMLEIN (1903 - 1942), ein *patentfreies Aufnahmeverfahren zu entwickeln*.

Zunächst versuchte dieser je einen Stereokanal in *Seitenschrift und Tiefschrift* in einer Rille aufzuzeichnen.

Das Verfahren war nicht kompatibel zur Monoplatte und beide Kanäle besaßen unterschiedliche Qualität.

Daher drehte er den *Stereovektor um 45°*. So entstand das *45/45-Verfahren*:

Von zwei Mikrofonen kommen das rechte und linke Signal u_R und u_L .

Durch *Matrizierung* werden das *Mittensignal* $u_M = u_R + u_L$ und das *Stereosignal* $u_S = u_R - u_L$ gebildet und aufgezeichnet.

Bei der Wiedergabe sind aus ihnen leicht das linke und rechte Signal wieder herzustellen.

Außerdem entspricht das Mittensignal dem Monosignal oder ist zumindest zu ihm und auch zum Monosignal kompatibel.

Das britische Patent Nr. 394 325 vom 14.12.1931 enthält außerdem noch rund 70 Ansprüche.

Mit seinem speziellen Schneidkopf erzeugte BLUMLEIN dann *1932 die ersten Stereo-Schellack-Platten* mit 78 UpM.

Doch die Technik konnte sich noch nicht durchsetzen.

Weitere Versuche und endlich Erfolg

1935 macht auch Telefunken Versuche zur stereofonen Aufzeichnung.

Am 7.5.1941 erfolgt von den Bell-Laboratorien die erste öffentliche **Vorführung der Stereophonie**.

Das geschah während der Jahresversammlung der Acoustical Society of America:

Zunächst spielte **hinter dem Vorhang** ein **Symphonieorchester** den **ersten Satz** einer Sinfonie.

Der folgende zweite Satz wurde **über Lautsprecher von einer Schallplatte** abgespielt.

Nur **wenigen Konferenzteilnehmern** gelang es, die **richtige Zuordnung** anzugeben.

Doch die Stereophonie konnte sich immer noch nicht durchsetzen.

Ab 1950 machte WOLFGANG GRAU (Pseudonym HANS RAUG) im Studio Gravesano (Schweiz) Versuche zu einer Pseudostereophonie: **Hohe Frequenzen links, tiefe rechts**.

Erst mit der Entwicklung der **Langspielplatte** wurde der Weg zur Stereoplatte frei.

Eigentlich sollte die RIAA (**R**ecord **I**ndustry **A**ssociation of **A**merica über 45°/45° oder 90°/0° beraten und entscheiden.

Doch 1957 kamen die ersten Platten und Geräte auf den Markt.

Ein kleiner Unternehmer hatte 3 000 Kopien nach der 45°/45°-Technik angefertigt und so die Technik eingeführt.

1964 wurde die Stereoplatte in die **IEC-Norm** einbezogen.

1971 kamen erste „**quadrophone**“ Platten auf den Markt, hatten aber keinen Erfolg.

Sie nutzen einen hochfrequenten Träger für die beiden Raumsignale.

Dazu verlangen sie eine deutlich höhere Aufzeichnungs- und Wiedergabequalität sowie Demodulatoren.

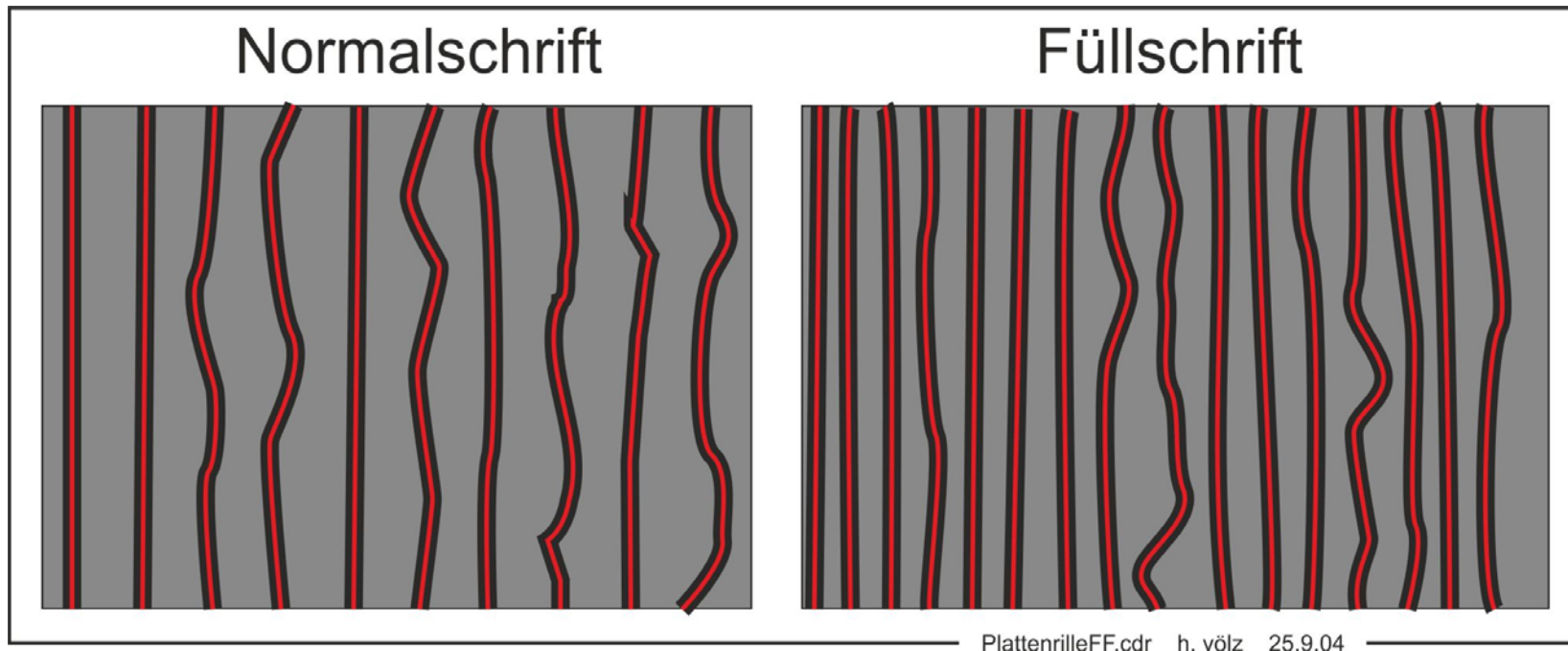
Sie waren analoge Vorläufer des dreikanaligen Dolby Surround und der digitalen 5.1; 6.1 und 7.1-Surroundverfahren.

Die Füllschrift

Zur Erhöhung der Spielzeit, kann man die **Steigung der Rille** der jeweiligen Lautstärke anpassen. Doch hierzu muss die maximal auftretende Lautstärke immer eine Rille im Voraus bekannt sein. In einem Patent der Columbia Gramophone vom 19.4.1928 wird dafür folgendes vorgeschlagen: Zunächst erfolgt eine **normale Aufzeichnung** und diese wird dann mit **zwei versetzten Tonabnehmern** abgehört. Vom „Vorhörer“ wird nur die Lautstärke abgeleitet und zur Steuerung des Rillenabstandes benutzt. Der zweite Abnehmer dient der eigentlichen Schallaufzeichnung. Mit großer Wahrscheinlichkeit ist dieses Verfahren nie benutzt worden.

Es wurde erst wieder aufgefunden, als 1942 EDUARD RHEIN (1900 - 1993) die Patentanmeldung zur „Füllschrift“ tätigte. Dabei besteht eine gewisse Ähnlichkeit zum **Reinton** des Films, der vorher existierte und viel einfacher ist (s. d.). Öffentlich vorgestellt wurde die „**Füllschrift**“ 1950 unter Nutzung des **Magnetbandes** als Zwischenspeicher. Die Apparatur von RHEIN ging zur Teldec und wurde mit HORST REDLICH und W. SCHMACKS technisch weiterentwickelt. 1953 erschienen die **ersten Platten** mit Füllschrift.

Bei der Deutschen Grammophon schufen GERD SCHÖTTLER + ALEXANDER SCHAAF die ähnliche „Variable Micrograde“. Durch die **Stereotechnik** ist die Füllschrift **noch komplizierter** geworden. Für einen hinreichend breiten, müssen Rillenabstand (mittlere Lautstärke) und Rillenbreite (gegenphasiger Anteil von links und rechts) berücksichtigt werden. Dabei wird auch die mittlere Rillentiefe langsam verändert. Sie wird nur so tief gewählt, dass noch einwandfrei die Tiefenmodulation vorhanden ist. Nach IEC muss dabei die Rillenbreite mindestens 25 µm betragen (unmoduliert > 40 µm).



Auf einen gleichen Abschnitt befinden sich in diesem Beispiel 10 bzw. 17 Rillen.

Es muss immer ein hinreichender Steg zwischen den Rillen bestehen bleiben.

Durch die Elastizität des Venyls darf kein Übersprechen von den beiden Nachbarrillen auftreten.

Es kann beim Aufzeichnen, Pressen der Platte und Wiedergeben als Vor- und Nachecho entstehen.

Bei der üblichen Füllschrift ergibt sich ein gemittelter Rillenabstand von etwa 0,1 mm.

Statt der 12 Minuten sind so je Seite einer 30-cm-Platte 25 bis 30 Minuten möglich.

Die Steuerung des Rillenabstandes muss dazu eine Umdrehung der zu schneidenden Schallrille (1,82 s) vorausseilen.

Beim Magnetband wird das Vorhörsignal über eine Schleife 70 cm vor dem eigentlichen Wiedergabekopf gewonnen.

Eigentlich bewirkt der veränderliche Rillenvorschub auch ein Wiedergabesignal.

Er muss daher so langsam erfolgen (< 1 Hz), dass er nicht wiedergegeben wird.

Etwas zum Umsatz

1955 werden in der BRD 31 Millionen Schallplatten hergestellt.

1960 beträgt der Anteil an Stereoplatten ca. 20 %.

1961 betrug in den USA betrug der Schallplatten-Umsatz 245 Millionen Dollar.

1972 sind es ca. 100 Millionen mit etwa 1 Milliarde DM Umsatz.

Damit hat die Schallplatte den ***Buch-Umsatz*** eingeholt.

Ab 1970 verschwindet die Monoplatte.

Um 1980 überholen die Bandkassetten den Schallplattenmarkt.

Ab 1990 überwiegen alles die CD und ab 2010 die MP3-Download.

Gliederung

1. Einleitung und Abgrenzung
2. **Edison** und die Walzentechnik
3. Berliner und die Schallplatte
4. Eigenschaften der Schellack-Platte
5. Langspiel- und Stereo-Platte
6. Technische Daten
7. Spezielle Platten
8. Sonder-Techniken.
9. Kunststoff-Folien
10. Tefifon

Rille und Nadel

Bei den Langspielplatten sind die Geometrie und Anordnung der Rille und des Abtaststiftes wichtig für die Qualität. Den Vergleich von Schellackplatte zur Mono- und Stereo-Vinyl-Platte zeigt Bild b.

Die Rille bei gemeinsamer Tiefen- und Seitenschrift zeigt Bild c.

Die Abtastnadeln sind ein konischer (kegelförmiger) Saphir oder Diamant mit einem Kegelwinkel von etwa 55° .

Die untere Abrundung der Kegelspitze besitzt bei Stereoplatten einen Radius von etwa $15\text{ }\mu\text{m}$ (Vgl. Folie 27).

Bei der Flankenführung der Stereo-Abtastnadel bewirkt der „**Klemmeffekt**“ zusätzliche Verzerrungen.

Er entsteht dadurch, dass die Abtastnadel bei den Biegungen der Rille unterschiedlich tief eintaucht (a).

Diese Verzerrungen treten vor allem bei hohen Frequenzen auf.

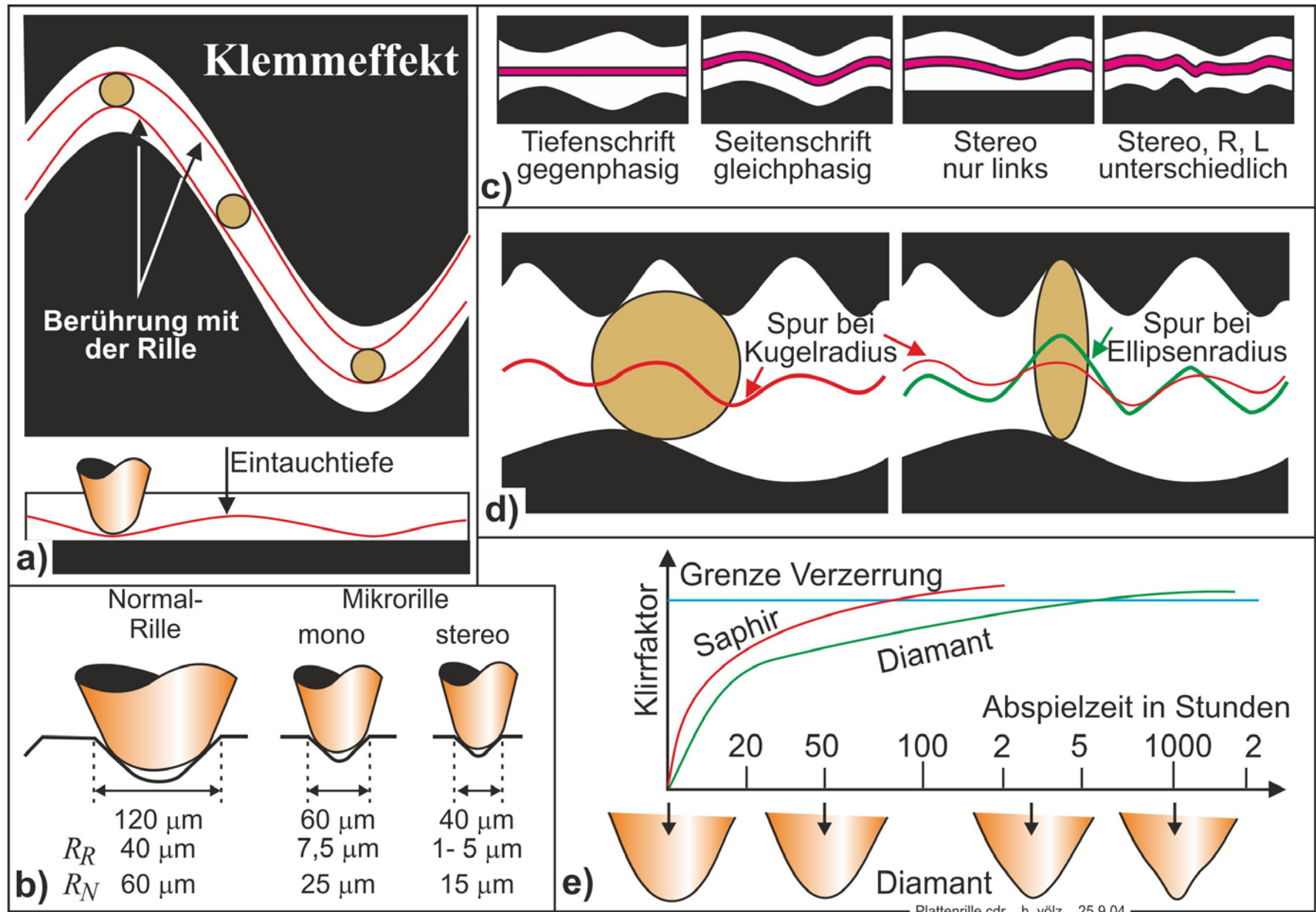
Bei sehr hochwertigen Abtastsystemen besitzt die Nadel einen elliptischen oder biradialen Querschnitt.

Dann ist es möglich, dass die Nadel besonders hochfrequenten Aufzeichnungen fehlerarm folgt (d).

Dies ist vor allem für die Quadrophonie notwendig, wo Frequenzen bis zu 50 kHz vorkommen.

Bereits 1902 wurden solche Saphirnadeln zur Verringerung der Abnutzung bei reiner Tiefenschrift benutzt.

Damals zeigte jedoch ihre größere Achse in die Längsrichtung der Rille.



Der Verschleiß

Um die Platte und Nadel möglichst wenig zu belasten ist der **Auflagedruck gering** zu halten. Er muss jedoch **ausreichend groß sein**, damit der Abtaster nicht über die Platte springt und sie womöglich beschädigt. Bei dem kleinen Auflagedruck von 1,5 p wird auf die **Rillenflanke** zwar nur eine Kraft von etwa 1 p ausgeübt. Doch infolge der kleinen Fläche beträgt bei einer Verrundung von 5 µm der **spezifische Druck** etwa 5 Mp/cm². Das führt zu einer **Verformung der Rillenwand**, also zu Signalverzerrungen. Die **dynamische** Belastung ist noch **höher**. Die **maximale Rillenauslenkung** einer üblichen Stereoschallplatte liegt bei 50 µm (≈ 60 dB). Hier muss sich die Nadel mit Geschwindigkeiten (Schnelle bezeichnet) von 30 cm/s und mehr bewegen. Bei hohen Frequenzen entspricht das mehr als einer **1000-fachen Erdbeschleunigung** (10⁴ m/s²). An den leisesten Stellen müssen rund 50 nm geräuscharm wiedergegeben werden. Doch das vergleichsweise weiche Plattenmaterial wird dabei weitaus weniger als der sehr harte Abtaststift abgenutzt. Jede Stelle der Rillenwand wird von der Nadel nur sehr kurze Zeit berührt. Die **Nadel** hat die Belastung für die ganze Rillenlänge – etwa **600 m** bei einer 30-cm-Platte – zu überstehen (**10⁸-fach**). Leider ist der Verschleiß der Nadeln schwer festzustellen → Austausch entsprechend den Firmenangaben. Die durch den **Nadelabschliff** zusätzlich auftretenden **Verzerrungen** zeigt Bild e (vorige Seite). Je weiter eine Nadel abgeschliffen ist, desto stärker belastet sie auch die Schallrinne. Diamant erreicht etwa die 10fache Betriebszeit, splittet jedoch leichter, zerstört dann die Schallplatte (Schneidstichel). Der Hauptfeind von Schallplatte und Nadel ist jedoch, der sich in der Rinne festsetzende „schmirgelnde“ Staub. Die typische Masse einer Abtastnadel liegt bei 0,2 mg (¹/₁₀₀ Karat). Erst 10 000 Stück ergeben 2 Gramm.

Schnelle und Lichtbandbreite

Die Aussteuerung der Schallplatte wird *nicht* durch ihre Abweichung von der Mittellage ($\Delta x = \xi_s$) gemessen. Hierzu dient deren erste Ableitung, die Geschwindigkeit ($v = dx/dt$) der Auslenkung.

In der Akustik heißt diese Größe als **Schnelle** $v_s = \xi_s \cdot \omega$ ($\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ ist die Kreisfrequenz der Aufzeichnung). Hierfür gibt es zwei Gründe.

1. Alle hochwertigen Abtastsysteme nutzen die **Induktion**, und deren Spannung ist proportional dx/dt .
2. Für die Schnelle gibt es das sehr einfache Messverfahren der **Lichtbandbreite**.

Leider ist sie bei einer **Stereoplatte** infolge der zusätzlichen Tiefenschrift etwas schwieriger zu bestimmen.

Im Gegensatz zur Monoplatte ist nämlich die Richtung des Lichteinfalls und der Betrachtungswinkel zu beachten. Beide sollten bei etwa 45° liegen (Neigung der Rillenflanke).

Die dem Betrachter zugewandte, modulierte Rillenflanke zeigt dann die „richtige“ Lichtbandbreite.

Für die abgekehrte Seite kann theoretisch kein Lichtband entstehen.

Formal lässt sich daher bei genauer Einhaltung von 45° sogar das Übersprechen zwischen beiden Kanälen bestimmen.

Nutzbare Signalfäche

Für die Aufzeichnung der Schallplatte existieren **obere und untere Grenzen**.

So gibt es eine **maximale Auslenkung des Stichels**, die durch den Rillenabstand und das Schneidsystem bedingt ist.

Da diese Größe jedoch auf die **Schnelle bezogen** wird, ergibt sich die **geneigte** Grenze (Rillenabstand; Bild a).

Deshalb muss die Aussteuerung zu den **tiefen Frequenzen verringert** werden.

Bei **hohen Frequenzen** ruft dagegen der **Radius der Abtastnadel** bzw. des Schreibstichels zusätzliche Begrenzung hervor.

Die **kleinsten nutzbaren** – weniger die aufzeichnenbaren – Werte sind durch **Störungen** bedingt.

Sie werden besonders deutlich bei einer „**Leerrille**“ (ohne Signal).

Durch die Antriebstechnik und Erschütterungen aus der Umgebung tritt ein **tieffrequentes Rumpeln** auf.

Bei **höheren Frequenzen** tritt **Rauschen** durch die nie total glatte **Oberfläche** der Rillenflanken hinzu

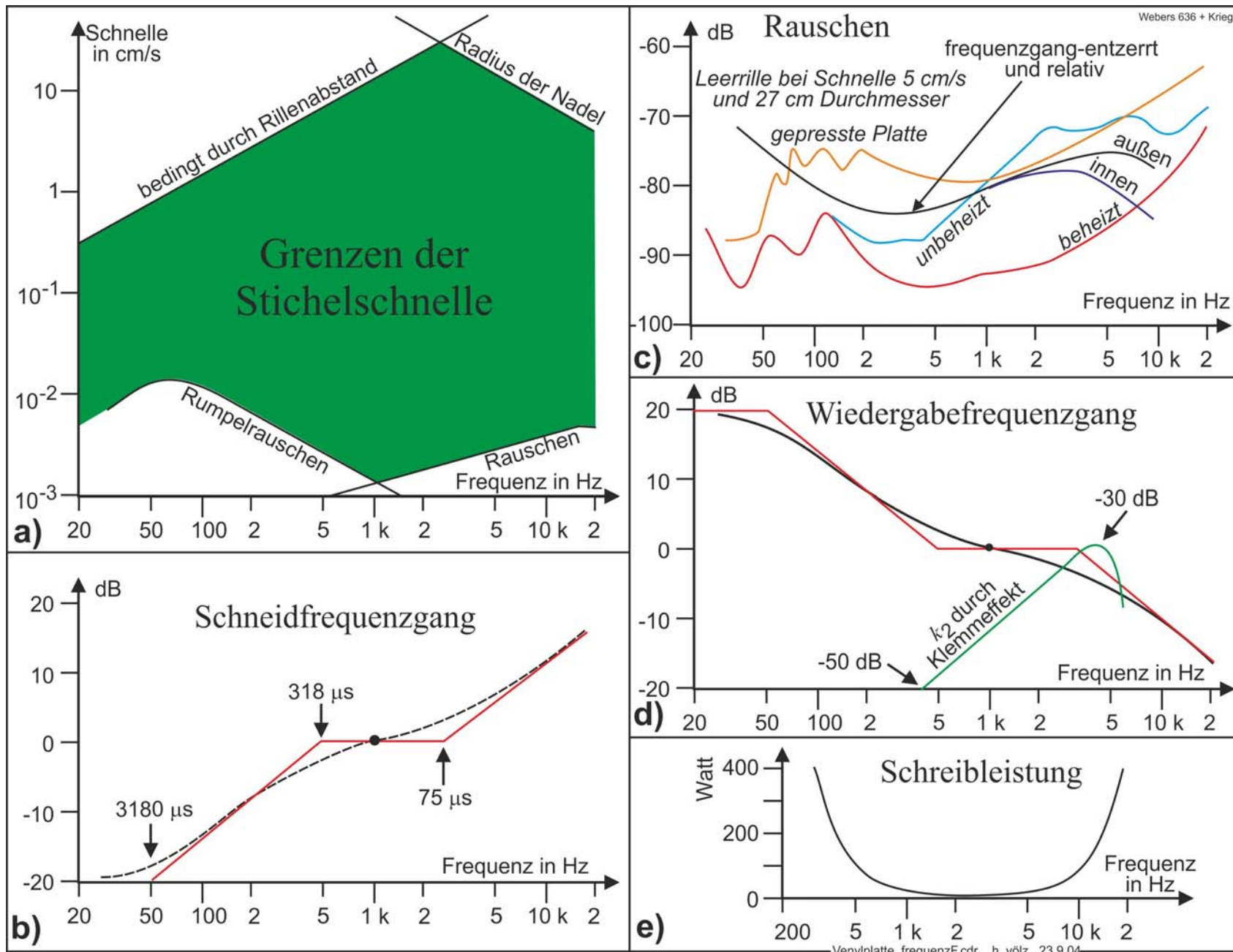
Es wird durch Wärmebewegungen und eventuellen Staub erhöht. Typische Werte aus verschiedenen Quellen (Bild c).

Im Bereich oberhalb von etwa 300 Hz ist es nützlich, den Stichel beim Schneiden zu erwärmen (heizen).

Auch das Vervielfältigen bis zur endgültigen Platte fügt beachtliches Rauschen hinzu.

Im Allgemeinen rauscht bei höheren Frequenzen eine äußere Rille stärker als eine innere.

Dies ist durch die größere Geschwindigkeit bei gleicher Umdrehungszahl (z.B. $33\frac{1}{3}$) bedingt.



Normen des Frequenzganges

Aus den verschiedenen Daten und Grenzen wurden Normen für den Frequenzgang festgelegt.

Die IEC-Norm 60 A folgt der früheren RIAA-Kennlinie (**R**ecord **I**ndustrie **A**ssociation of **A**merica) und DIN 45 546/7.

Die Schnelle zu den **tiefen Frequenzen** hin ab, weil sonst dort eine zu große Auslenkung der Rille erfolgen könnte. Das ist wichtig für einen kleinen Rillenabstand und damit großer Aufzeichnungsdauer

Der Anstieg bei den hohen Frequenzen erfolgt ganz im Gegensatz zur Schellackplatte.

Dadurch werden die hohen Frequenzen weniger durch das Rauschen der natürlichen Rillenrauhigkeit gestört.

Die Norm Kurve ist durch drei typische **Eckfrequenzen** festgelegt, die als Zeitkonstanten angegeben sind.

Sie entsprechen 50, 500 und 2 120 Hz (Neuere 78er Platten verwenden 50, 450, 3 180 μ s).

In erster Näherung steigt die gesamte Kurve **proportional mit der Frequenz** an.

Dadurch sind für preiswerte Plattenspieler elektroakustische Wandler ohne Entzerrerverstärker einsetzbar, deren Signal proportional der Auslenkung ist, z.B. **Kristall**-Tonabnehmer.

Für ein hochwertiges **induktives System** ist dagegen ein Verstärker mit **reziproker Entzerrung** notwendig.

Dann kommt noch 7950 μ s (20 Hz) hinzu, um die **tieffrequente Rumpelstörungen** zu mildern.

Im Bild d ist auch die Auswirkung des o.g. **Klemm-Effekts** eingetragen, in der Darstellung um 30 dB angehoben.

Bild e zeigt noch die typische **Leistung eines Schreibsystems** bei Vollaussteuerung.

Es entsteht beachtliche Wärme, die abgeführt werden muss. Z.T. wird dabei **Helium** verwendet (Wärmeleitung).

Aufzeichnungstechnik

Ursprünglich erfolgte die Aufzeichnung in einer **Wachs**-Schicht.

1948 wurden Metallscheiben (Alu) eingeführt, die mit $\approx 0,2$ mm **Nitrozelluloselack** (Zellulose-Azetat) überzogen wurden

Das verlangte **neue Aufzeichnungssysteme**, die 1950 zu elektro-dynamischen **Stereo**-Schnittsystemen führten.

Diese weiterentwickelten Systeme stammten u.a. von den Firmen GEORG NEUMANN und Westrex (USA).

Seit 1952 wurden sie mit **starker Gegenkopplung** betrieben (Bewegungs-Gegenkopplung, motional Feedback = MFB).

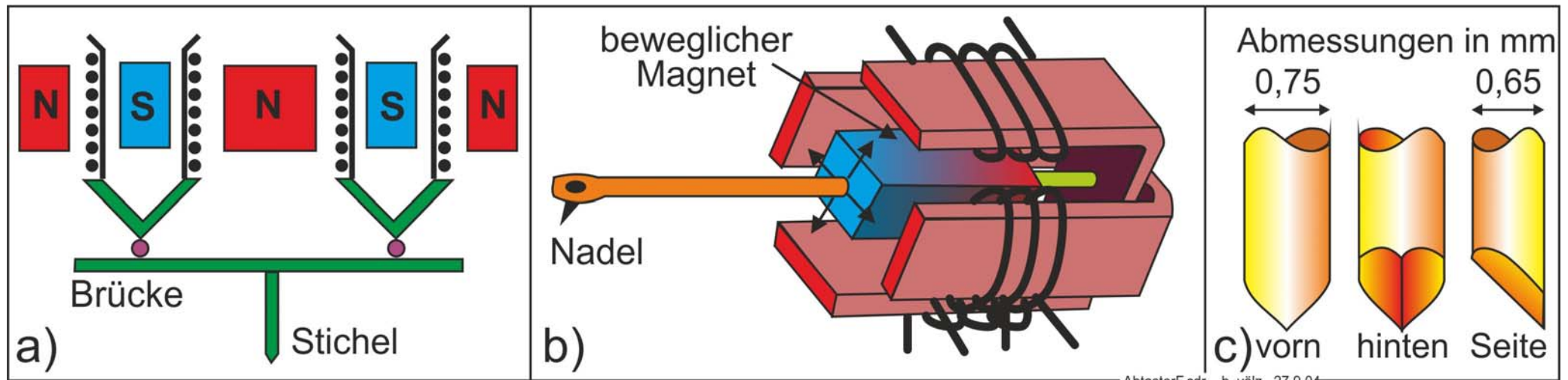
Dadurch lassen sich extrem geringe Verzerrungen erreichen.

Ab etwa 1966 wird der Schreibkopf absichtlich **mit bestimmten Signalverzerrungen** betrieben.

Mittels eines **Tracing-Simulators** (bei Decca, Dynagroove bei RCA, Phase Four, Stereosonic, Royal Sound bei Teldec)

werden sie so berechnet, dass bekannte und unvermeidliche Wiedergabeverzerrungen im Voraus kompensiert werden.

Das und weitere Fortschritte führten zu immer höherer Schallplattenqualität.



- a) Ein spätes Schreibsystem von Ortofon (Kopenhagen).
 Der Schneidstichel ist auf einer Brücke montiert, die an beiden Enden von je einer Schwingspule angetrieben wird.
 Bei gleichphasiger Erregung entsteht reine Tiefschrift.
 Gegenphasige Erregung führt zu einer Seitenschrift, der etwas Tiefschrift überlagert ist.
 Für reine Seitenschrift muss daher etwas Tiefsensteuerung durch eine gleichphasige Spannung überlagert werden.
- b) Ein übliches modernes Abtastsystem. Oft ist die Nadel komplett mit dem Magneten austauschbar.
- c) Typische Form eines Schneidstichels in drei Ansichten.
 Anfangs wurden sie aus Saphir (Rubin, Korund alle Al_2O_3 mit Zusätzen), später aus Diamant hergestellt.
 Die Facetten sind mit einem Winkel von ca. 90° und einer Steilheit von 45° angeschliffen.
 Sie erzeugen eine möglichst glatte Rillenwand.
 Der nicht erkennbare Verrundungsradius ist $\approx \frac{1}{2}$ vom Abtaster, $\leq 4 \mu\text{m}$, ca. $1,5 \mu\text{m}$ bei Quadro-Platten.
 Während der Wiedergabestift immer senkrecht stehen soll, wird der Schreibstichel um 20° geneigt.

Direct Cut und DMM

1970 besaß die (analoge) **primäre Magnetbandaufzeichnung** sehr hohe Qualität, dennoch galt sie als ein **Schwachpunkt**. So entstand der **Direktschnitt** (Direct-Cut). Dadurch war jedoch **kein Vorhörsignal** verfügbar (keine Füllschrift). Höchstens war eine gewisse „Handsteuerung“ möglich. So waren die 12 Minuten/Seite maximal auf 17 zu erhöhen. Um die erreichte Qualität zu sichern, wurden statt der üblichen 10 000 Pressungen je Seite nur 2 000 verwendet.

1981 – kurz vor der CD, 1982 – entwickelte Teldec (Hamburg) die Metallschnitttechnik **DMM** (**D**irect **M**etal **M**astering). Auf einer 0,8 mm Edelstahlplatte wurde galvanisch eine **amorphe Kupferschicht** $\approx 0,1$ mm aufgebracht. Die notwendige Verformbarkeit und Elastizität geht **relativ schnell** durch teilweise **Rekristallisation** verloren. Deshalb können solche Platten vor dem Schnitt **nur kurze Zeit gekühlt gelagert** werden.

Durch DMM **entfallen kritischen Prozesse**: Silberabscheiden, galvanisches Verstärken und Erzeugen der Mutterplatte. Die DMM-Platte kann sogar während des Schnitts vorsichtig nach einer **halben Umdrehung abgehört** werden. Doch zum Schneiden der Kupferschicht ist wesentlich **höhere mechanische Arbeit** erforderlich. Die notwendige elektrische Leistung konnte dennoch unter die des Vorgängersystems gesenkt werden. Beim Schneiden entsteht nämlich automatisch Ultraschall von ca. 80 kHz und daher genügt Luftkühlung. Der Schneiddiamant besitzt keine Facette mehr.

Als Ergebnis ist das Oberflächengeräusch mehr als 10 dB geringer. Daher war die **digitale Originalaufnahme** eine wesentliche Voraussetzung. Natürlich stiegen auch die Forderungen an die **Produktionsstätten**. Die Schneidapparatur benötigte ein **absolut festes, isoliertes Fundament**.

Vervielfältigung

Bei der Vervielfältigung hat sich gegenüber der Schellacktechnik **nur in Details etwas geändert** (Folie 44).

Nur die DMM-Technik lässt einige Schritte aus.

Zunächst wird die Lackschicht wässrig mit **Ultraschall** gereinigt.

Der elektrisch leitende **Überzug $\approx 20\text{ nm}$** muss ohne Fremdeinschlüsse, sehr gleichmäßig und vollständig deckend sein.

Bewährt hat sich die **Reduktionsversilberung**: Silbernitratlösung mit zweiter Lösung wird aufgespritzt → Silberschicht.

Zuweilen erfolgt stattdessen auch ein **Aufdampfen**.

Die Silberschicht wird galvanisch **mit Kupfer** auf etwa **1 mm verstärkt**.

Der so entstandene Vater kann vorsichtig **mit der Hand abgezogen** werden (nur 1mal möglich! Folgendes Bild)

Kleine Fehler werden anschließend mit viel Geduld und einem spitzen Graviereisen entfernt (auch unterm Mikroskop).

Der Vater mit einer feinen **Hilfsschicht** überzogen, um die erneute galvanische Abformung zur Mutterplatte erleichtern.

Vom Schnitt bis zur Mutterplatte sind international **Ausschussraten** um 25 % üblich. (Vorteil des DMM!).

Von der Mutterplatte werden erneut galvanisch die Söhne als **Pressmatrizen** (nur 0,3 mm) abgeformt.

Eine **Verchromung** wie bei Schellacks ist nicht mehr zwingend erforderlich.

Zwei Söhne werden in der Presse oben und unten sowie je ein Etikett befestigt.

Dann kommt eine abgewogene Portion Kunststoff-Granulat in die Presse.

Bei 160 bis 180 °C drückt sie für etwa 20 s. mit $1\,500\text{ N/cm}^2$ (ca. 150 Atm.) Ober- und Unterteil fest zusammen.

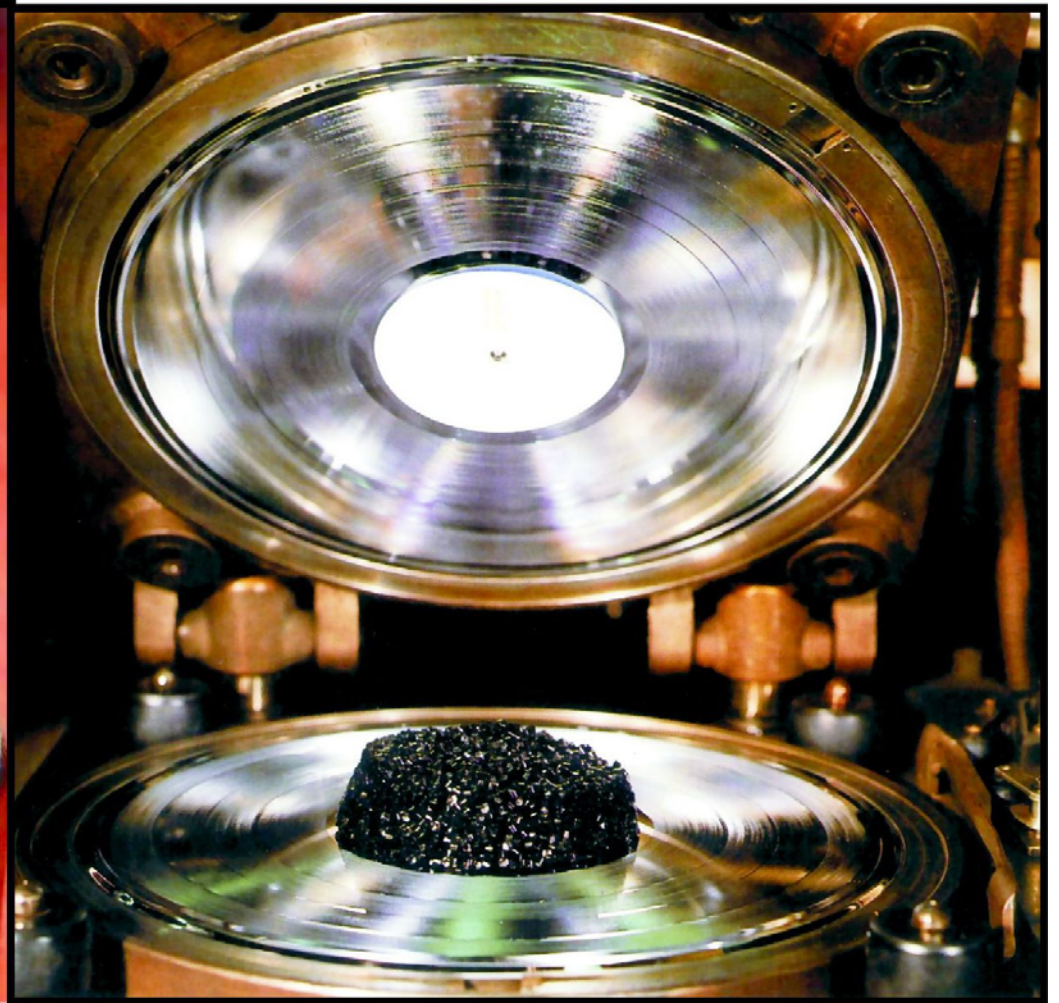
Nach dem Abkühlen auf 30°C kann die Platte herausgenommen und der Rand beschnitten werden.

Mit einem Sohn-Paar können etwa 10 000 Schallplatten hergestellt werden.

In diesem Prozess werden je Platte ca. **40 Liter Kühlwasser** verbraucht.



Abziehen des Vaters



Vor Pressbeginn

Plattenspieler

Er muss guten Antrieb, korrekte Abtastung und geringe Störungen von 20 Hz bis 20 kHz verwirklichen.

Der **Antrieb** muss die richtige und konstante **Drehzahl** der Platte erzeugen: Abweichung = falsche Tonhöhe.

Unwucht, Unrundheiten usw. bewirken **Gleichlauffehler**: langsam = „Jaulen“ (Wow), 5 bis 100 Hz „Wimmern“ (Flutter).

Bei Klaviermusik sind Schwankungen ab 0,1 % hörbar. → z.B. Reibrad 50 mm, maximaler „Schlag“ 25 µm.

Das liegt an der technischen Grenze, daher HiFi-Laufwerke mit Riemen- oder Direktantrieb.

Bei Serienplatten **Mittelloch-Abweichung 60 nm**, **Gleichlaufmessung** mit **speziell geschnittenen Lackfolien**.

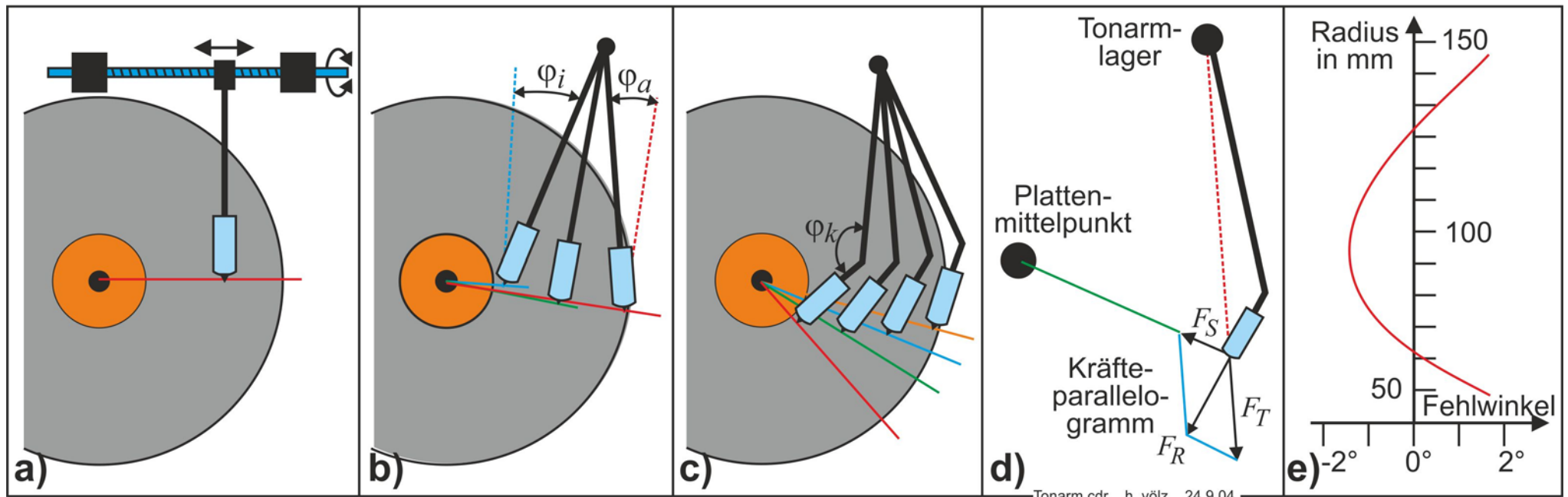
Der **Tonarm** muss auch für eine gute **Führung der Abtastnadel** in der Rille sorgen

Insbesondere ist der **Höhenschlag** einer Platte folgen (0,5 bzw. 0,7 Hz und Vielfache bis 10 Hz).

Ferner darf er keine Störungen aus der Umgebung – u.a. **Motordrehzahl**, **Trittschall** – auf das Abtastsystem übertragen.

Das verlangt eine komplizierte dynamische Auslegung bzgl. Resonanzfrequenz und Dämpfung.

Dennoch bleiben immer gewisse **Rumpelstörungen** übrig, die vor allem vom Antriebsmotor herrühren.



Bei der **Aufzeichnung** wird der **Schneidkopf** durch Zwangssteuerung **streng senkrecht zur Rille** geführt.

Bei der **Wiedergabe** reicht die erforderliche Kraft aus der Rille nicht zur Überwindung der Reibung aus.

Es sind **aktive Regelmechanismen**, was zu **sehr teuren Geräten** führt.

Üblich ist die einfache, reibungsarme Bewegung des Abtastsystems über einen **kugelgelagerten Tonarmdrehpunkt**.

Hierbei wird jedoch **nur für einen Rillenradius** das Abtastsystem korrekt bewegt.

Für die inneren und äußeren Rillen treten erhebliche Winkelfehler φ_i und φ_a mit beachtlichen Verzerrungen auf.

Durch einen **geknickten Tonarm** können sie deutlich reduziert werden, bei 2 Radien erfolgt fehlerfreie Abtastung.

Nachteil ist das Auftreten einer Skating-Kraft F_S (englisch **skating** ursprünglich Schlittschuhlaufen, schlittern).

Die Reibung der Nadel in der Rille entspricht dem tangentialen Wert F_R .

Durch das Tonarmlager kann aber nur der Anteil F_T aufgefangen werden.

Deshalb wird die zum Mittelpunkt der Platte zeigende Rillenseite um die Kraft F_S stärker belastet.

Dass kann (muss) am Tonarmlager durch eine Antiskatingkraft kompensiert werden.

Das Abtastsystem

Das **Abtastsystem** kann piezoelektrisch, elektromagnetisch oder bei höchster Qualität elektrodynamisch arbeiten. Nadelfreie, rein **optische** und damit verschleißfreie Verfahren sind nicht über ein Laborstadium hinausgekommen. Sie zeigten sich vor allem viel zu empfindlich gegenüber den Verunreinigungen in der Rille.

Die Nadel muss eine Masse (≤ 2 mg) gegen eine Rückstellkraft (Nadelnachgiebigkeit = $1/\text{Compliance}$) bewegen. Beide bestimmen die Resonanz, die oberhalb der höchsten Abtastfrequenz liegen muss (20 kHz, Quadro 50 kHz). Dabei ist auch die Elastizität der Rillenwand von Einfluss (Rillennadelresonanz). Das gilt auch für die Geschwindigkeit der inneren und äußeren Rillen (ca. 17 bis 50 cm/s).

Bei sehr langsamer Bewegung der Nadel wird der Tonarm mitgenommen. Es entsteht dann keine Ausgangsspannung. Erst oberhalb der Frequenz (Nachgiebigkeit der Nadel, Trägheitsmoments des Tonarms) wird das Abtastsystem wirksam.

Gliederung

1. Einleitung und Abgrenzung
2. **Edison** und die Walzentechnik
3. Berliner und die Schallplatte
4. Eigenschaften der Schellack-Platte
5. Langspiel- und Stereo-Platte
6. Technische Daten
7. **Spezielle Platten**
8. Sonder-Techniken.
9. Kunststoff-Folien
10. Tefifon

Spezialplatten

Im Laufe der Entwicklung entstanden viele **Spezialschallplatten**.

Neben den üblichen Abmessungen von 17, 25 und 30 cm gab es mehrere **andere Durchmesser**.

Zu den kleinen **Werbe- und Spielzeugplatten** siehe unten.

Ansonsten gilt die amerikanische „Durium Junior“ von 1930 mit 10,2 cm als kleinste Platte.

Auf die größte „Pathé Concert“ vor 1914 mit 50 cm Durchmesser ist bereits oben hingewiesen (Folie 42).

Es gab auch Schallplatten mit sehr kleinen (Aretino, Busy Bee) und sehr großen (sowjetische Label) **Mittellöchern**.

Andere Platten wurden mit **konstanter Rillengeschwindigkeit** (veränderlicher Drehzahl) aufgezeichnet.

In der **Studiotechnik** wurden in den 40er Jahren Schallplatten aus beschichtetem Glas eingesetzt.

Dazu gehören auch die **Mess-, Test- und Prüf-Schallplatten**.

Sie enthielten u. a. sehr genau kalibrierte Aufzeichnungen meist sinusförmiger Signale.

Es gibt sogar eine **digitale Anwendung der Schallplatte** für Computer.

Von 1986 bis 1990 wurden über Radio DDR II und DT 64 etwa hundert Sendungen für Heimcomputer abgestrahlt.

Für die verschiedenen Computer gab dabei Probleme mit den abgestrahlten Programmen.

1989 übernahm daher die DDR den in den Niederlanden der von KLAAS ROBERS (*1944) entwickelte BASICODE.

Mit speziellen Zusatzprogrammen wurde für alle Rechner ein virtuelles Betriebssystem geschaffen.

Hierzu erschien ein Buch, dem dafür eine Schallplatte beilag. Eine **Compact-Cassette (CC)** war zu teuer.

Völz, H. (Hrsg.): BASICODE, Mit Programmen auf Schallplatte für Heimcomputer Verlag Technik, Berlin 1990.



V-Discs

Doch die Schallplatten dienten auch sehr ernsten Zwecken.

Im letzten Weltkrieg brachten die **Alliierten** die unverkäuflichen, so genannten 16-Zoll (30 cm) **V-Discs** heraus.

Sie wurden von 1942 bis 1948 zunächst in **Schellack**, später in **Kunststoff** an die amerikanischen Soldaten ausgegeben.

Damit sollte ihnen ein wenig Abwechslung und Unterhaltung gebracht werden.

Das „V“ steht für **Victory (Sieg)** über Nazi-Deutschland und Japan.

Hierfür verzichteten Musiker, Solisten, Bands, Verleger und Agenten weitgehend **auf Honorare und Lizenzen**.

Es gibt 904 verschiedene Aufnahmen, die heute als **Raritäten zu hohen Preisen** gehandelt werden.

Essbare Schallplatten

Doch die Schallplatte dient sogar dem Gaumen-Genuss.

Die Kölner Firma **Stollwerk** – 1906 von LUDWIG STOLLWERK (1857 - 1922) gegründet – war hier Vorreiter. Für das Weihnachtsgeschäft von 1904 hat sie sogar EDISON persönlich herangezogen.

Im „Beiblatt der fliegenden Blätter“ wurde für einen Spielphonographen wie folgt geworben:

„Ein physikalisches Spielzeug für den Weihnachtstisch; Modell A zum Handdrehen 1 Mark, Modell K mit Uhrwerk 6 Mark“.

Dazu gab es für 25 Pfennig die abspielbare und nachher essbare **Schokoladen-Walze „Qualität Extra-Zart“**.

1910 erschien dann die **Schokoladen-Schallplatte**. Insgesamt gab es etwa 300 verschiedene Aufnahmen.

Um 2000 produzierte in Berlin-Neukölln erneut PETER LARDONG Schallplatten aus Schokolade.

Da er die Anzahl von **600 000 Stück** erreichte, ist er hiermit sogar ins **Guinness-Buch** der Rekorde eingegangen.

Details berichtete die Berliner Zeitung vom 27.12.2002. Beruflich war er in einer Brauerei als Flaschenabfüller tätig.

Doch er hat auch andere Varianten, z. B. aus Rührei oder gefrorenem Bier hergestellt.

Darüber hinaus gibt es eine akustische Galerie von URSULA BLOCK, die solche Varianten mehrerer Hersteller zeigt.

http://www.kunstradio.at/1988A/24_3_88/fuenf.html, download 10.10.04.

Gliederung

1. Einleitung und Abgrenzung
2. **Edison** und die Walzentechnik
3. Berliner und die Schallplatte
4. Eigenschaften der Schellack-Platte
5. Langspiel- und Stereo-Platte
6. Technische Daten
7. Spezielle Platten
8. **Sonder-Techniken.**
9. Kunststoff-Folien
10. Tefifon

Mehrkanal-Ton

Für den Film entstand schon 1941 der **Raumton** mit mehreren Kanälen. In der Wohnung war hierfür der Aufwand zu groß. Das wohl älteste Patent zur zweikanaligen Übertragung von vier Kanälen stammt von der RCA (DRP 483 542, 5.5.1925).

Erste, noch erfolglose Versuche zu einer entsprechenden Schallplatte begannen 1955 bei Decca.

Jedoch erst ab 1970 gab es auf dem Markt Quadroplatten – und dann gleich in mehreren, konkurrierenden Varianten, u.a.

SQ, QS, RM, UD4, EV4, QM, UMX, CD4 und QuadraDisc.

Fast alle Quadroplatten wurden in der 45°/45°-Stereo-Technik geschnitten und sind daher stereokompatibel.

Die zusätzlichen zwei Kanäle sind unterschiedlich in diese Signale eingefügt.

Bei der **CD4** ist die Platte und das Wiedergabesystem für Frequenzen bis etwa 50 kHz ausgelegt.

In dem Bereich von 20 bis 45 kHz sind die zusätzlichen Kanäle mit Einseitenband-Amplituden-Modulation eingefügt.

Das **SQ**-Verfahren arbeitet dagegen ähnlich wie Dolby und benötigt nur den üblichen Frequenzbereich bis 20 kHz.

Aus den Signalen L und R (Links, Rechts) werden durch Matrizierung die vier Kanäle wie folgt gewonnen:

Links vorn = L, Rechts vorn = R, Links hinten = $0,7 \cdot (L^x - R)$, Rechts hinten = $0,7 \cdot (L - R^x)$. x = Phasenverschiebung

Es gibt immer ein Übersprechen zwischen den decodierten Signalen, das hinreichend gering gehalten werden kann.

Doch ein ernsthafter Markt ist daraus nicht hervorgegangen. Nach 1980 wurden keine Quadroplatten mehr produziert.

Es gab mehrere Versuche durch **Kompondersysteme** die Qualität der Schallplatte, insbesondere ihre Dynamik zu steigern.

1946 entwickelte H. H. SCOTT bei der DECCA ein erstes Verfahren „dynamic noise reduction“ (nie angewendet).

Anfang der 70er Jahre wurde erstmals das Kompondersystem „dbx-11“ für Platten angeboten

1981 versuchte die CBS, das ebenfalls speziell für Schallplatten entwickelte „CX“ einzuführen.

Obwohl der Gewinn (bis zu 35 dB) dieser Systeme mehrfach erfolgreich vorgeführt wurde, entstand keine Produktion.

Erste Versuche zur Jukebox

Amerikanischer Jargon **juke** ungebärdig, außer Rand und Band, *englisch* **box**, Kiste, Kasten

Für Musik sind die meisten Menschen bereit, Geld auszugeben.

Daher schuf bereits EDISON 1877 einen Vorläufer des späteren Musikautomaten, auch Musikbox oder **Jukebox** genannt

Am 23.11.1889 stellte LOUIS GLASS den ersten Münz-Musikautomaten mit Walzen im Palais Royal Saloon von San Francisco auf. Die Musik konnte nach getrenntem Münzeinwurf von vier Hörern über einzelne Schläuche gehört werden. Das war noch leise, individuell zu hörende Musik.

Lautstark war dagegen das elektrische, **münzbetätigte Klavier** „Tonophon“, das 1896 auf den Markt kam.

1905 JOHN C. DUNTON aus Michigan entwickelt den Musikautomaten „Multiphone“

Er bot eine Auswahl aus 24 Edison-Walzen.

Er war befand sich in einen 2 m hoher Mahagonikasten, musste mit einer Kurbel aufgezogen werden und sah wie eine riesige Lyra aus.

1906 folgte in Chicago von JOHN GABEL der „Automatic Entertainer“ mit 24 Schallplatten (= erste **Musikbox**).

Er besaß bereits Münzerkennung und verwendete nach jeder Platte automatisch eine neue Nadel.

Leider war dennoch die Klangqualität so schlecht, dass GABEL 1908 die Produktion einstellte.

Nach diesen frühen Versuchen trat eine Pause bis in die späten 20er Jahre ein.

Musikbox mit elektronischen Verstärken

Sie werden ab etwa 1927 in den USA von „The Automatic Music Instrument Company“ aufgestellt. Sind **elektrisch angetrieben** und besitzen **elektrischem Verstärker**, später mit Super-Bass. Dabei werden **Schallplatten mit 40 cm** Durchmesser verwendet.

1933 entstand der berühmte, zunächst nur als Test gedachte WURLITZER-**Musikautomat** (ohne Firmen-Emblem). Ab 1934 begann seine Großproduktion als „P10“.

Nach einem Münzeinwurf ermöglichte eine **Telefonwählscheibe** eine Auswahl aus **10 Platten**.

Um 1938 waren in den USA bereits über **300 000 Jukeboxen aufgestellt**.

In sie gelangten rund **15 000 000 25-cm-Schellack-Platten** = $> \frac{1}{2}$ **amerikanische Plattenproduktion**.

Sie waren in vielen Gaststätten und an öffentlichen Orten aufgestellt, wurden wöchentlich mit neuen Platten bestückt.

Über **Zählwerke** wurde die **Auswahl registriert** und die Plattenfirmen richteten danach ihre Produktion aus.

Auch eine **Ausleihe übers Wochenende** war möglich.

In **Europa** wird diese Entwicklung erst durch amerikanische Einfuhr nach dem Zweiten Weltkrieg bekannt

In **Deutschland** ab 1950 folgte mit dem „Wirtschaftswunder“ auch eine eigene Produktion.

Die ersten Typen stellen 1952 „Georg Wiegandt & Söhne“ und 1953 „Bergmann Hamburg“ vor.

Dann folgten mehrere weitere Firmen, die z.T. auch mit **Magnetband** arbeiteten.

Sie ermöglichten dann z. T. **Selbstaufnahmen** mit sofortiger Wiedergabe.

In Deutschland 1949 bei Perpetuum-Ebner ein individueller „Musikautomat“, der **Zehnplattenwechsler**.

P.S.: FRANZ RUDOLPH WURLITZER (1831 - 1914) stammt aus einer deutschen Musikinstrumenten-Firma, wanderte 1853 in die USA aus und schuf dort die Firma WURLITZER, U.A. die berühmte WURLITZER Kino-Orgel.

Gliederung

1. Einleitung und Abgrenzung
2. **Edison** und die Walzentechnik
3. Berliner und die Schallplatte
4. Eigenschaften der Schellack-Platte
5. Langspiel- und Stereo-Platte
6. Technische Daten
7. Spezielle Platten
8. Sonder-Techniken.
9. **Kunststoff-Folien**
10. Tefifon

Schallplatten-Post bis -Zeitschrift

Bereits 1905 konnten im Pariser Postverkehr **Zelluloid-Walzen** als „sonorine“ versandt werden. Jedermann konnte sie an entsprechenden Stellen besprechen und dann dem Briefpartner zuschicken lassen. Dazu gab es ein besonderes Verzeichnis der Postkunden, die einen Phonographen zum Abhören besaßen.

Etwa um diese Zeit erschienen in Berlin bei Zonophone „**klingende Postkarten**“ aus Zelluloid-Folie. Die britische Firma Neophone stellte 1906 Platten aus Pappe her, die mit einem wachsartigen Trägermaterial überzogen waren. Haltbarer waren die u.a. von MARTIN REISS um 1910 entwickelten Ansichtskarten aus Pappe. Sie waren dünn **mit Schellack überzogen, in den die Rille gepresst wurde**.

In den 1920er Jahren wurden von der Firma Metallophon Schallplatten aus **lackiertem Stahlblech** produziert.

Ab den 1950er erhielt eine etwas größere, übliche Postkarte eine dünne Schicht aus **thermoplastischem Material**. In sie wurde dann die **Mikrorille** eingepresst wurde.

Eine **Urlaubskarte** enthält dann z. B. auch ein Lied oder Musikstück, das für den Ort typisch ist. Ähnliche Karten gab es für Geburtstage, Hochzeiten, Geburt eines Kindes usw.

Thermoplastisches Material und beidseitiges Einpressen der Mikrorille führte auch zu **hörbaren Zeitschriften**. Ein Beispiel ist der monatlich über mehr als ein Jahrzehnt in Russland erschienene **Krugosor**.

Er war im Abonnement und an Kiosken zu erwerben. Die Folien in Mono aufgenommen.

Trotz etwa 17 cm waren die 2*6 Folien-Seiten mit 33¹/₃ UpM abzuspielen sind (Bild).

Sie enthielten neue Aufnahmen und Ausschnitte aus Klassik, Volkslied, Chanson, Pop, historische Sprachaufnahmen.

Verwandt hiermit ist die aus dünnem Kunststoff bestehende **Schallfolie**.

Sie wurde für die **Selbstaufnahme** mit dem **Vinyl-Recorder** in dem Rillenabstand der Schellackplatte geschnitten und hatte daher nur eine kurze Laufzeit.



Text zum vorhergehenden Bild

- a) unbespielte Folien zum Selbstschnitt der 30er Jahre mit z. B. 12 und 25 cm Durchmesser. Sie gab es in verschiedenen Farben. Mit elektrischen Tonabnehmern waren sie erstaunlich oft abzuspielen.
- b) Aufgeklappte russische Zeitschrift Krugosor, links ergänzender Text, rechts dazugehörige Tonfolie.
- d) Vergrößerter Ausschnitt der Schall-Folie von Krugosor.
- e) Ausschnitt vom Krugosors Titelseite mit typischem Text.
- c) Ausschnitt aus einer neueren, klingenden Postkarte.

Sonder-Anwendungen

Sprechende Puppen und Geräte haben für Kinder – und nicht nur für sie – einen besonderen Reiz. Daher hat bereits 1893 EDISON mit einer französischen Puppenfirma den ersten Versuch gewagt. Die dann folgenden Varianten und Lösungen sind leider sehr wenig dokumentiert. Doch noch in den 60er und 70er Jahren war diese einfache Technik viel in Gebrauch. Ein kleines Laufwerk mit einer Batterie und mittelgroßer Membran ist in die Pappe eingebaut. Ausgelöst wird der Ton meist durch Schütteln ausgelöst.

Eine „humorige“ Abwandlung ist der „***Lachsack***“. Er besteht nur aus dem gleichen Transportwerk, wird jedoch versteckt in einem grauen Beutel getragen. Die Platte enthält auf beiden Seiten unterschiedliches, herzhaftes bis krampfhaftes Lachen. Auch Platten mit Schnarchen und „unanständigen“ Geräuschen waren im Handel. Angetrieben werden die Laufwerke von einer Lady-Batterie. Die Betätigung erfolgt durch kurzzeitiges Drücken auf einen Knopf. Mit einem verstellbaren Widerstand ist die Geschwindigkeit variierbar.

Auch die ***Plattenspieler*** blieben von Kuriositäten – zumindest in den 30er bis 50er Jahren – nicht verschont. Mit dem Plattenteller drehten sich Weihnachtsbäume und -pyramiden, Pflanzen und vielfältige Figuren. Außerdem wurden Plattenspieler in die seltsamsten Gehäuse, wie Automodelle, Modelle von Flügeln, Zeppelinen, Häuser, Burgen usw. eingebaut.

Zeitweilig wurden sogar die ***Hüllen der Schallplatten*** zu einem Kunstobjekt. U.a. gab es hierzu 1979 eine Ausstellung der angewandten Kunst.

a) bis c) Foliensammlung
zu einer **sprechenden
Puppe**.

a) Folienauswahl mit
verschiedenen Texten.
Beidseitig bespielt,
 $\varnothing = 6 \text{ cm}$, 2 mm dick.

b) Vorderseite der
Plattensammlung.

c) Rückseite mit Titeln und
erkennbaren Aufhängern
für die Platten.



d) und e) Beispiel für einen
Lachsack.

d) Innenaufbau. Neben der
Batterie ist die Nadel zu
erkennen.

e) Außenansicht ohne
umhüllenden Beutel
(Sack). Der dünne Stift
oben dient der
Auslösung.

Gliederung

1. Einleitung und Abgrenzung
2. **Edison** und die Walzentechnik
3. Berliner und die Schallplatte
4. Eigenschaften der Schellack-Platte
5. Langspiel- und Stereo-Platte
6. Technische Daten
7. Spezielle Platten
8. Sonder-Techniken.
9. Kunststoff-Folien
10. Tefifon

Bandspeicher gemäß Schallplatte

Generell gilt für die motorischen Speicher mit *wachsender Kapazität: Zylinder → Platte → Band.*

Für die Nadelabtastung bedeutet das EDISON-*Walze* → BERLINER- und andere *Platten* → *Schallband.*

Doch *Schallbänder* mit Nadel-Abstattung sind heute kaum bekannt.

Es gab zwar mehrere Ideen. Doch kaum eine erlangte keine Bedeutung.

Von 1911 bis 1915 baute BERNHARD HILLER (1869 - 1959) eine die *Zeit ansagende Uhr* in etwa tausend Exemplaren. Sie enthielt ein 48 mm breites, endloses Zelluloidband. In jeder der 48 Rillen war eine einzige Viertelstunden-Ansage gespeichert, z. B. 6 Uhr, 6 Uhr 15 usw. Alle 15 Minuten erfolgte daher ein Spurwechsel.

Ab 1934 erreichte in *Japan* eine Filmon-Maschine von SHOZO KONISCHI gewisse Verbreitung.

Sie verwendete ein *35 mm* breites, 0,23 mm dickes und *13 m langes Zelluloseacetat-Band.*

Die Wiedergabe erfolgte mit *61 cm/s. Bei 100 Rillen* wurde so eine Laufzeit von *36 Minuten* erreicht.

Insbesondere im *letzten Weltkrieg* verwendeten Militär und Geheimdienste viele Schallaufzeichnungsgeräte.

Doch dazu ist sehr wenig bekannt geworden.

Ur-Tefifon

Die wahrscheinlich einzige bekannte **Ausnahme** mit Speicherband entstand in den 1950er Jahren, das **Tefifon**. Es war zumindest in **Deutschland massenhaft** verbreitet und wurde dabei neben dem Magnetband benutzt. Bereits Anfang der 1930er Jahre befasste sich KARL DANIEL (1905 - ?) mit der mechanischen Schallaufzeichnung. Zunächst war sein Ziel ein **Telefonanrufbeantworter mit Aufzeichnung/Wiedergabe**: Patent Nr. 579 997 von 1933. Infolge der **Vorschriften der Deutschen Post** gelangte das Gerät nicht auf den Markt. Hieraus dürfte der sich **Name Tefiphon** (Telefon, Film, Phonograph; nur Anfangs mit „ph“) ergeben haben. Das erste Tefiphon und Tephicord wurde **1936 auf der Rundfunkausstellung** vorgeführt. Der Informationsträger war ein üblich perforierter **35 mm-Film** aus Zelluloseacetat oder -nitrat von 80 µm Dicke. Statt der lichtempfindlichen Schicht war beidseitig eine **70 µm** dicke Schicht aus **Spezialgelatine** aufgetragen. Mit bläulichem Farbton war der Film durchsichtig. Das **50 m lange Band** war zu einer **Möbius**-Schleife zusammengefügt und lief mit **45,6 cm/s**. Auf der **genutzten** Breite von **25 mm** befanden sich **100 Schallrillen** (4 Rillen/mm, 250 µm Rillenabstand). Ihre Tiefe betrug 65 bis 70 µm bei maximalen seitlichen Auslenkung von reichlich **60 µm**. So ergab sich eine Spielzeit von **6 Stunden**. Um hinreichende Genauigkeit zu erreichen, wurden alle **Rillen streng parallel zur Filmkante** geschnitten. Nach jedem Umlauf wurde dann die Spur im schnellen Übergang um eine Spurbreite verschoben. Dieses Gerät wurde ab **1938 in Serie produziert**. Der Tonabnehmer hatte eine **Saphirnadel**. **1939** entstand eine Variante für den **Fronteinsatz**.



Vergleich einiger Daten bis etwa 1950

Bezeichnung	Jahr	UpM	Abmessung	Rillen/cm	Spieldauer (Füllschrift)
Normalplatte	1901/03	78	25/30 cm	38	3,5/4,8
Edison Record	1926	89	30 cm	170	20
LP	1948	$33\frac{1}{3}$	25/30 cm	88	15,5/22 (26/40)
LP	1949	45	17 cm	88	5,5 (9)
Philmil	1936	32 cm/s	ca. 300 m	1 (2) Spur	15
Tefifon	1938	45,6 cm/s	50 m	40	360

Philmil ist ein optisches Verfahren, Details siehe dort.

Großproduktion

Nach dem Krieg begann eine Großproduktion des Tefifons mit unperforiertem Band von 16 mm Breite. Zum Gerät gab es bespielte Bänder. s. u.

Bald wurde das Gerät auch in Rundfunkgeräte eingebaut.

Ferner erfolgten Kombinationen mit Plattenspieler und Magnetbandgerät.

1954 erfolgte die Umstellung auf 19 cm/s und 6 Rillen/mm.

Im Laufe der Zeit gab es auch mehrere Kassettengrößen

1955 entstand die Kleinkassette mit $4,5 \times 9,6 \times 11,2 \text{ cm}^3$ und 1960 mit $4,5 \times 8 \times 8,5 \text{ cm}^3$.

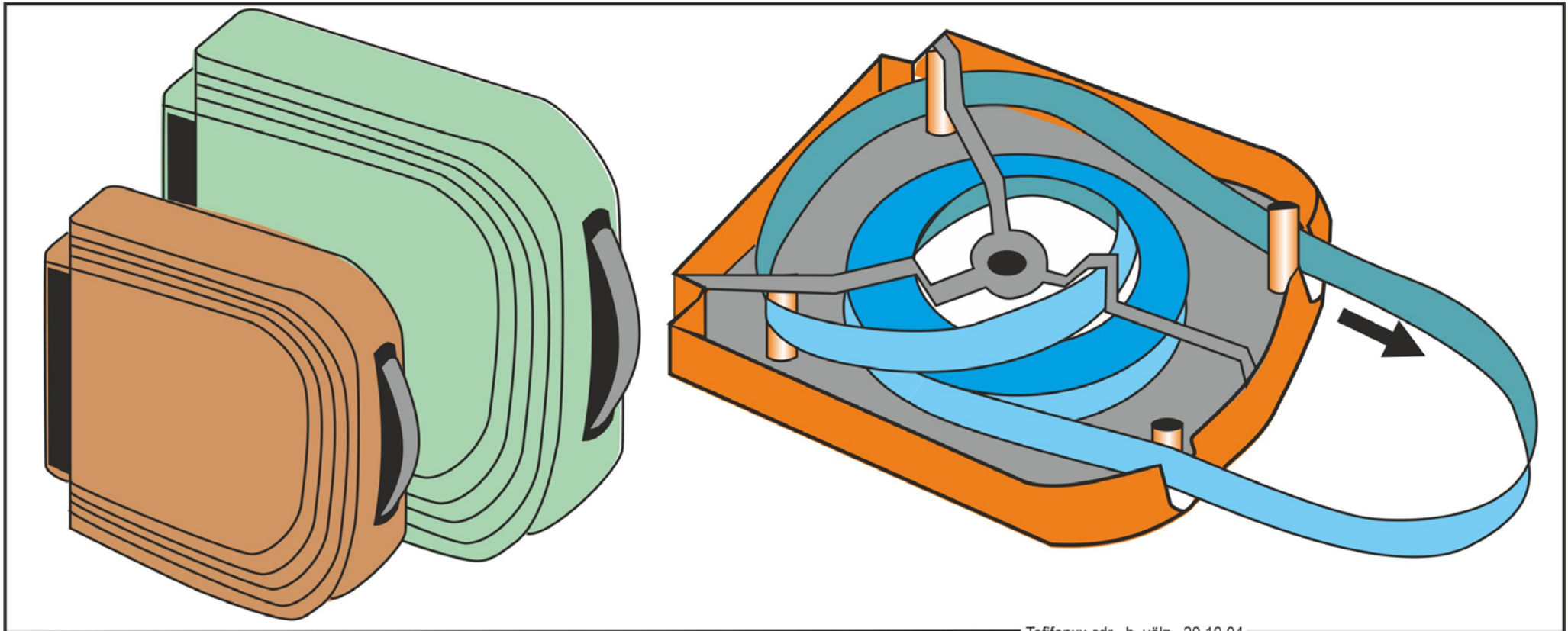
Für einzelne Musiktitel (Preis, vgl. Single-Platte 45 UpM) entstand 1960 ein Kurzbandadapter für 3 Minuten Spieldauer.

Wegen der komplizierten Bedienung hat er sich jedoch, genauso wenig wie eine runde Stahlkassette, behauptet.

Ab 1963 wurden die Umsätze des Tefifons – durch LP und Tonbandgeräte – rückläufig.

1965 erfolgte die Liquidation des erfolgreichen Unternehmens.

Das Versandhaus Neckermann übernahm die Vermarktung der Restbestände.



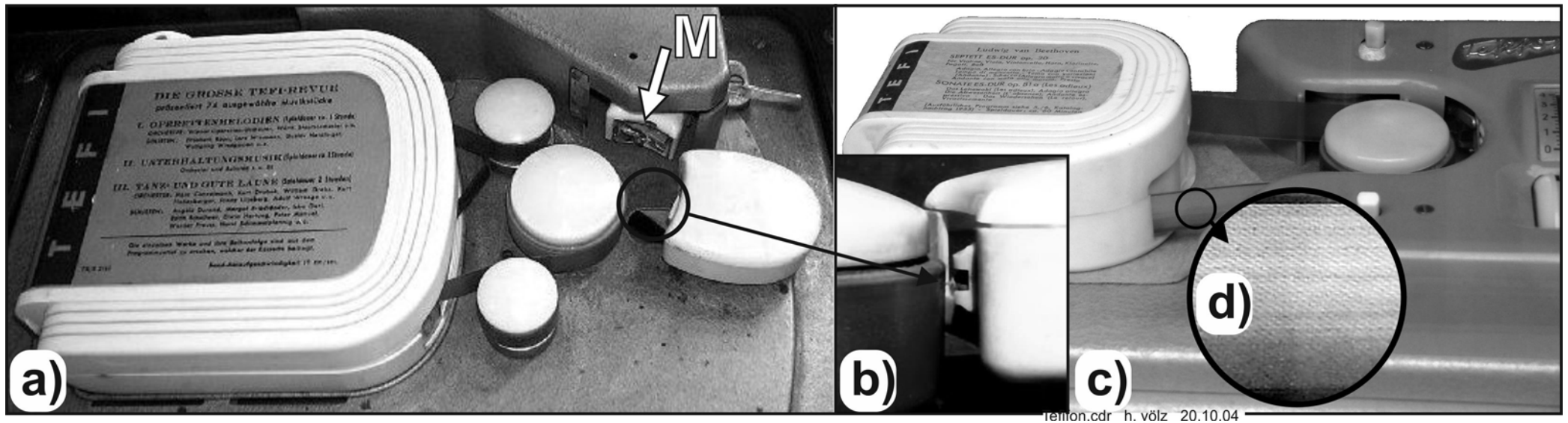
zwei Kassettenvarianten,

Aufbau des Endloswickels als Möbiusband.

Zum folgenden Bild:

- a) Koffer mit einem Tefifon und Zubehör
- b) Kassette und Antriebsbereich bei einem Gerät mit Magnettonzusatz. Rechts Mitte Nadelträger, rechts oben Magnettonzusatz.
- c) Geöffneter Endloswickel.
- d) Spuren auf dem Band.





- a) Ausschnitt aus einem relativ späten Gerät mit Magnettonzusatz (M und Pfeil).
 b) Nadelkontakt zum Schallfilm.
 c) Ausschnitt des Bandbereiches.
 d) Vergrößerter Bandausschnitt mit noch gerade erkennbaren Schallrillen,

Die Musikbänder

Wesentlich für den Erfolg des Tefifons waren die Musikprogramme.

Bereits 1952 umfasste das Repertoire 1577 Titel mit Musik und 230 Titel mit Lehrmaterial für Schulen.

1960 war das gesamte Schall-Repertoire von Philips verfügbar.

Zur Herstellung waren Masterbänder (Tefifon- oder Magnetbänder) notwendig.

Sie wurden z.T. speziell aufgenommen oder als Aufzeichnung erworben.

Ursprünglich musste jedes Band einzeln geschnitten werden.

Jedoch bereits 1938 gelang die Vervielfältigung durch Prägen mit einer speziell hergestellten Matrize.

Hierzu wurde ein 120 µm dicker Ausgangsfilm mit einem modifizierten Bienenwachs beschichtet.

Nach dem Schnitt erfolgte eine Bestäubung mit feinsten Graphit.

Das so leitend gemachte Band wurde galvanisch mit Kupfer und danach mit Stahl verstärkt.

Da jedoch das Korn ein, wenn auch sehr geringes Rauschen hervorrief, wurde zur Kathodenzerstäubung übergegangen.

Hierbei entstand eine Silber-Schicht von 0,2 bis 1 µm Dicke.

Sie wurde wiederum durch Galvanisieren auf 0,2 mm Kupfer und dann weiter um 0,1 mm Eisen verstärkt.

Diese „positive“ (Vater-) Matrize wurde in das erwärmte, zunächst gelbweiße Rohschallband eingedrückt.

Später wurde zum roten 16-mm-Prägeband aus Polyvinylchlorid (Igelit, PVC, Type F) übergegangen.

Es war mit einem Weichmacher versehen, der u.a. 2 % Wachs und 0,5 % Stabilisierungsstoffe enthielt.

Die Pressung erfolgte im Durchlauf durch einem Kalandr (Press-Walzen-Werk).

Dann musste das endliche Band zum Endlosband in Möbiusbandform sehr genau verspleißt und anschließend speziell aufgewickelt in die Kassette eingefügt werden.

Teilweise mussten zuvor auch zu kurze Enden aneinander gefügt werden.

Ab 1941 gab es auch endlose Masterbänder.