

Funktion und Bedeutung von Speicherung für die Medien 3

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 Probleme

2. Versuche mit Nadelton

3. Zum Lichtton

4. Tri-Ergon

5. Die Technik

6. Magnetton

7. Sonder-Verfahren

Einordnung

Bild und Ton müssen **getrennt aufgenommen** und lange Zeit auch getrennt **gespeichert** werden.

Das **Bild** wird **diskret** mit ca. 24 Bilder/Sekunde gespeichert.

Der **Ton** dagegen bis zur Einführung der Digitaltechnik um 1980 **kontinuierlich**.

Wenn die Bildfrequenz bis zu **30 %** schwankt wird das so gut wie nicht wahrgenommen.

Zeitfehler des Tones sind dagegen schon ab etwa **0,1 %** unangenehm hörbar

Dennoch müssen beide vielfach sehr **gut zeit-synchron** wiedergegeben werden.

Bei **Begleitmusik und Kommentaren** ist eine Abweichung **einige Bilder unkritisch**.

Begleitmusik unterstützt nur sich ebenfalls relativ **langsam** ändernden **Stimmungen und Emotionen**.

Das andere Extrem betrifft die „**Lippensynchronität**“.

Bei Hören von Sprache wird, wenn sichtbar, auch einiges von den Lippen „abgelesen“.

Hierbei werden bereits Zeitfehler ab **20 ms deutlich unangenehm** wahrgenommen.

Bei 25 Bildern/s ist das ein Unterschied von nur einem **halben Bild!**

Um dies zu erreichen wurde die „**Klappe**“ eingeführt.

Zu Beginn der eigentlichen takes wird der obere Teil schnell auf den unteren geschlagen.

Dieser kurze Zeitpunkt ist durch ein einziges Filmbild bestimmt.

Im Ton gehört hierzu der Knall.

Auf der Klappe werden die wichtigsten Angaben zur Szene mit Kreide geschrieben.

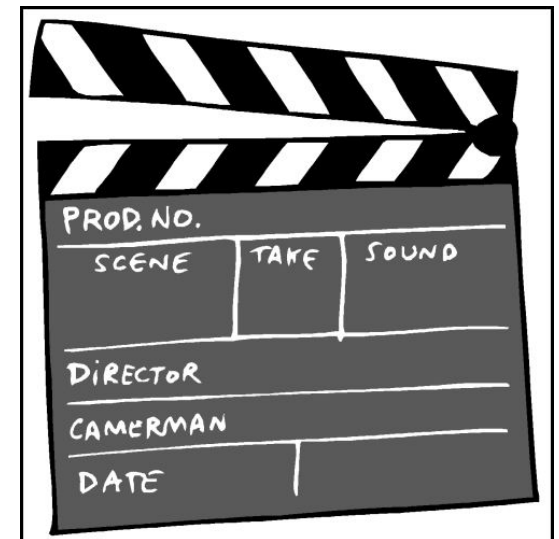
Diese werden zu Beginn der takes auch gesprochen aufgezeichnet.

So ist immer eine eindeutige Zuordnung für den späteren Filmschnitt vorhanden.

Zu Beginn des Tonfilms wurden Bild und Schall getrennt vom Film und von der Schallplatte wiedergegeben.

Hier hatte daher die Schallplatte den Vorrang vor dem Film.

Neben der **Synchronisation** war es schwierig eine ausreichende **Lautstärke** zu erreichen.



Gliederung

1. Einleitung und Probleme
2. Versuche mit Nadelton
3. Zum Lichtton
4. Tri-Ergon
5. Die Technik
6. Magnetton
7. Sonder-Verfahren

Ideen und Versuche

Film- und Schallaufzeichnung wurden etwa zur gleichen Zeit möglich.
Ihre Kombination erwies sich aber als schwierig.

W. DONISTHORPE wollte sein Lebensrad „Kinesigraph“ 1877 mit einem EDISON-Phonographen kombinieren.
1889 konstruierte FRIESE-GREEN eine Reihenbildkamera und wollte sie mit Ton kombinieren.
Beide konnten ihre Ideen jedoch nicht realisieren.

Zunächst entstanden nur improvisierte Varianten nach dem Vorbild der Moritatensänger
Vor der Leinwand stand ein Phonograph.

Mit dem knatternden Filmprojektor war der Filmvorführer in eine schalldichte Kabine gesperrt
Über ein Telefon hörte er mit und versuchte mit der Handkurbel annähernde Synchronität.

In den Kinos blieb es lange Zeit beim Stummfilm.

Zur Ergänzung spielten Klavier, Geige und Kinoorgel, manchmal ganze Orchester oft frei improvisiert.

Spezielle Geräuschmaschinen erzeugte Geräusche für Regen, Meeresrauschen, Sturm, Donner usw.

Die Kinos hatten auch deshalb große Breitenwirkung, weil es ganz unkonventionell zuging.

Man kam und ging, wann man Lust hatte, auch in Straßen- oder Arbeitskleidung.

Im „richtigen“ Theater und Varieté musste man sich erst „Feinmachen“.

EDISONS Versuche

EDISONS Patent von 1887 betraf ein Kinetoskop, zu dem bereits der ***Synchron-Ton geschützt*** wurde. Die Entwicklung hierzu hatte er seinem ***Mitarbeiter W. K. LAURIE DICKSON*** eigenständig übertragen.

Der führte ihm am 6.10.1889 folgende Lösung vor:

Ein langsam laufender ***Elektromotor*** für die Walze besaß ***zusätzliche Kontakte***.

Sie steuerten ***statt*** des üblichen Malteserkreuzes ein ***Schrittschaltwerk*** am Kinetographen.

1895 wurde die Kombination Phonograph-Kinematograph ähnlich einem ***Guckkastens*** (Peep Show) vorgeführt.

Mindestens 50 dieser Apparate wurden in Serie hergestellt.

Während der ***Pariser Weltausstellung*** (15.4.-31.10.1900) liefen Filmvorführungen mit ***BERLINERS Schallplatte***. (s. u.)

1913 schuf daraufhin Edisons einen Projektions-Kinematograph ***gekoppelt*** mit einem ***speziellen Phonographen***.

Er enthielt ***übergroße Walzen*** und ***Schalltrichter*** verwendete.

Der Ton wurde ***mechanisch verstärkt***: ein 130° Hartgummi-Bremsschuh umfasste einen rotierenden Bernsteinzylinder.

Der Abtaststift wirkte direkt auf den Bremsschuh ein und änderte so die Reibung zum Bernstein.

Die dadurch entstehende, unterschiedliche Auslenkung des Bremsschuhs erregte die Schallmembran am Trichter.

Das Verfahren wurde mit ***großem Erfolg*** mehrere Monate im Keith's Colonial Theatre in New York vorgeführt

Danach auch vielen großen Städten der USA und Europas vorgeführt.

Das war aber auch das Ende der Edison-Walze im Tonfilm.

LÉON GAUMONT

1899 schuf den mechanisch gekoppelten Phono- und Kinematograph

Die Walzenform wurde bald durch die Schallplattentechnik von BERLINER ersetzt $\Rightarrow$ **Pariser Weltausstellung** 1900

Im Juli 1901 wurde eine elektrisch gekoppelte Synchronisation patentiert.

Die Tonapparatur steuert dabei **mittels Differentialgetriebe** im Projektor

Diese Technik stellte er am 9.11.1902 auf einer Sitzung der Photographischen Gesellschaft in Paris vor.

Es gab 2 Plattenspieler zum Wechseln. Der **Ton wurde mit Pressluft** verstärkt.

1910 benutzte GAUMONT erstmals den 35-mm-Normalfilm (zuvor Bildformat $24,5 \times 60 \text{ mm}^2$).

Erfolglos **versuchte** er, den **Ton optisch zu speichern**.

OSKAR MESSTER

OSKAR MESSTER (1886 - 1943), der auch das Malteserkreuz eingeführt hatte, erreichte mehrere beachtliche Erfolge. Am 29.8.1903 führte er seinen ersten lippen-synchronen Sprechfilm im Berliner Apollo-Theater vor.

Zur akustischen Verstärkung liefen gleichzeitig 5 mit Synchronmotoren gekoppelte Grammophone mit 2-m-Trichter. Die Grammophone steuerten **Kontakte**, wodurch **Lampen im Vorführraum** aufblitzten.

Hiermit steuerte der Filmvorführer die Geschwindigkeit des Film-Projektors.

Mit dem Kameramann GUIDO SEEGER entwickelte er ein verbessertes Synchronsystem.

Ein Filmband als **endloser Riemen steuerte starr verkoppelt** über die Zahnrollen den Projektor und das Grammophon. Zur Vorführung schuf MESSTER „Tonbilder“, deren Länge der Spieldauer der Schallplatten ($\approx 2\frac{1}{2}$ Minuten) entsprach. Deshalb mussten zwei Plattenspieler abwechselnd betrieben werden.

Z. B. für den gekürzten 2. Akt der „**Fledermaus**“ (1874) von JOHANN STRAUSS mit **20 Minuten**.

MESSTERS Schallplatten wurden meist speziell bei der Deutschen Grammophon hergestellt.

Dort hatte er ein **eigenes Aufnahmestudio**. Er entwarf sogar ein **schalldichtes Studio** (1910; DRP 237961).

Für die Bildaufnahme wurde die fertige Schall-Platte abgespielt.

Eine damit synchronisierte Kamera nahm dabei im Playback die Szene mit den Schauspielern auf.

Die großen Aufnahmetrichter hätten im Bild gestört.

Erst sehr viel später ermöglichten es Mikrofone, gleichzeitig Bild und Ton aufzunehmen.

Tonfilmkarriere

PAUL LINCKE (1866 - 1946) vermittelte für Messter den stellungslosen Sänger-Schauspieler FRANZ PORTEN, Der brachte seine beiden Töchter HENNY und ROSA mit.

So begann für HENNY PORTEN (1890 - 1960) die „Tonfilmkarriere“ bei MESSTER.

Häufig gespielte Tonbilder waren u.a.: „Ave Maria“ von GOUNAUD, „Roland und Viktoria“, „Glühwürmchenidyll“ Szenen aus: „Fledermaus“, „Die lustige Witwe“ und „Walzertraum“.

Bis 1913 entstanden ca. 1 500 Tonbilder (Gesamtlänge 100 km). Von MESSTER stammt etwa $\frac{1}{3}$.

Von jedem Tonbild wurden ca. 60 Kopien, bei manchen Publikumserfolgen auch mehr als 100 angefertigt.

Erster Niedergang

MESSTER besaß alle wesentlichen Patente für den Tonfilm.

Daher konnte er jede Konkurrenz ausschalten.

Mit seinem stärksten Konkurrenten, LÉON GAUMONT, schloss er jedoch Burgfrieden:

Er verkaufte keine Tonfilme nach Frankreich; GAUMONT zeigte keine Aktivitäten auf dem deutschen Markt.

Um 1913 ging das Interesse an Tonbildern stark zurück. Es gibt dafür **mehrere Gründe**:

Für die größeren Kinos reichte die **Lautstärke des Grammophons** nicht mehr aus.

Mangelhafte Synchronität, wenn MESSTER nicht selbst vorführte

Vielleicht auch die **anspruchslosen Sujets**.

Statt der Schallplatte wurde wieder direkte Begleitmusik auf dem Klavier usw. gespielt.

Jedoch bis in die 20er Jahre wurde noch gelegentlich ein Tonbild als Einlage gezeigt.

Die Langspielplatte

Mit ihr gewann der Nadelton wieder etwas an Bedeutung.

1926 führten die Laboratorien der Bell Telephone Co. in New York erfolgreiche Versuche durch.

Es entstand das Vitaphon von EDWARD CRAFT mit Spezialplatten mit 40 cm Durchmesser

Sie wurden von innen nach außen geschnitten waren und mit 33 $\frac{1}{3}$ UpM abgespielt.

Mit 11 Minuten passte ihre Spielzeit zur Filmrolle.

Synchronprobleme gab es nicht. Es mussten Schallplatte und Film an festgelegten Marken zeitgleich gestartet werden.

Doch fast alle Filmgesellschaften zeigten kein Interesse.

Lediglich WARNER Brothers Picture Corporation (s.u.) produzierte den ersten abendfüllenden Tonspielfilm „*Don Juan*“.

Er wurde im August 1926 uraufgeführt.

Am 6.10.1927 folgte „*The Jazz Singer*“. In ihm sang AL JOLSON alias JOSEPH ROSENBLATT „*Sonny Boy*“.

Außerdem war der **Ton** hier erstmalig **dramaturgisch** eingesetzt.

Dieser Film hatte einen Riesenerfolg und das Lied zählt noch heute zu den Evergreens.

Dadurch übernahmen schnell viele Lichtspieltheater den Nadelton.

1929 waren in den USA von den 20 500 Kinosälen mehr als die Hälfte dafür ausgestattet.

Obwohl es in **Deutschland** bereits den weitaus besseren **Lichtton** gab, erreichte auch hier der Film große Erfolge.

Von den 1930 in Deutschland vorhandenen 830 Tonfilmtheatern waren

42 % mit Nadelton, 32 % mit Lichtton und die restlichen 26 % mit beiden Verfahren ausgestattet.

Brüder ALBERT WARNER 1884 - 1967; HARRY 1881 - 1958, JACK 1892 - 1981 und SAM 1888 - 1927

Gliederung

1. Einleitung und Probleme
2. Versuche mit Nadelton
3. Zum Lichtton
4. Tri-Ergon
5. Die Technik
6. Magnetton
7. Sonder-Verfahren

Frühe optische Versuche

Die Tonaufzeichnung hatte eigentlich **mit optischen Methoden** begonnen:

Daher ist es aus heutiger Sicht kaum zu verstehen, warum der Weg zum Lichtton so langwierig war.

1857 durch LEON SCOTT und 1878 durch ALEXANDER BLAKE sogar mit **Spiegelablenkung auf eine Fotoplatte**.

Bereits 1881 gelang es ALEXANDER GRAHAM BELL (1847 - 1922) und SUMNER TAINTER **Schall** mit in der Helligkeit modulierten Lichtstrahl **zu übertragen**.

Dieses Verfahren benutzte dann EUGEN LAUSTE zur **fotographischen Aufzeichnung** von Tönen.

1900 gelang ERNST RUHMER die **erste optische Wiedergabe** (Scientific American, 29.7.1901).

Die Aufzeichnung erfolgte mit seinem „**sprechenden Lichtbogen**“ als Intensitätsschrift auf einem Film.

Im Gleichstromkreis des Lichtbogens befand sich die Sekundärwicklung eines **Transformators**

Dessen **Primärseite** enthielt ein **Kohlemikrofon** und eine Batterie.

Für die Wiedergabe benutzte er eine sehr empfindliche **Selenzelle**.

Äußerst schwierig war es, den Lichtbogen stabil zu halten

Diese Entwicklung wurde durch den 1. Weltkrieg unterbrochen.

EDISONS Versuche

1904 er befestigte auf einer **Membran einen Spiegel**, dessen Ablenkung die Lichtintensität an einem Schlitz änderte. Hinter dem Schlitz wurde sein perforierter Film bewegt.

1905 gelang ihm die erste Wiedergabe, allerdings in sehr schlechter Qualität (Frequenzgang).

1910 konnte er durch ein bewegtes Gitter bessere Aufzeichnungen erreichen.

Mit einer von BRONK **neu** entwickelten **Selenzelle** gelang schließlich eine recht gute Wiedergabe mit Kopfhörern.

1913 entstand eine weiter verbesserte Aufzeichnungstechnik.

Die Wiedergabeapparatur bewährte sich auch an einem **Projektor** der Firma Pathé.

Eine Nutzung in Kinos war jedoch wegen **fehlender Schallverstärker** nicht möglich.

Auch diesen Versuchen setzte der Krieg ein Ende.

Erste Anwendung

LEE DE FOREST (1873 - 1961) erfand 1903 die **Vakuumröhre** und entwickelte zunächst eine optische Übertragung mit Kondensatormikrofon, Verstärker, Glühlampe, Fotozelle, Verstärker und Kopfhörer.
1904 erfanden HANS GEITEL/JULIUS ELSTER in Deutschland die **Fotozelle**, 1918 von JAKOB KURZ verbessert
JOSEPH T. TYCOCINER baute um 1920 auf zusätzlich auf den Ergebnissen von LAUSTE, RUHMER u. a. auf.
Er schuf eine besser geeignete, steuerbare **Gasentladungsröhre** von etwa 10 W Leistung.
Am 9.6.1922 führte er am American Institute of Electrical Engineers seine Ergebnisse öffentlich vor.
Er benutzte je einen 35-mm-Film für den Ton (**Sprossenschrift**) und das Bild.
Erst später vereinigte er beide Spuren auf einem Film.
Nach weiterer Optimierung konnte er **1922 erste Kinos** mit seiner Technik ausstatten.
1923 wurden seine Versuchs- und Demonstrationsfilme in 30 Filmtheatern öffentlich gezeigt.
Da immer noch gute **Lautsprecher fehlten**, entstand keine weitere Verbreitung.

Gliederung

1. Einleitung und Probleme
2. Versuche mit Nadelton
3. Zum Lichtton
4. Tri-Ergon
5. Die Technik
6. Magnetton
7. Sonder-Verfahren

Die drei Erfinder

heute gelte dafür HANS VOGT (1890 - 1979), JOSEPH MASSOLLE (1889 - 1957) und JO BENEDICT ENGL (1893 - 1942).

1919 gründete VOGT mit beiden Partnern die gemeinsame Gesellschaft „Tri-Ergon“ (*griechisch*: Werk der drei).

Ihr Laboratorium entstand in Berlins Babelsberger Straße 49.

Sofort stand die elektrotechnische Kette aus ***Mikrofon, Verstärker, steuerbarer Lichtquelle, lichtempfindlicher Abtastzelle, Verstärker und Lautsprecher fest.***

Schnell erkannten sie, dass es nicht um einzelne Erfindungen ging.

Es musste ein ***komplexes System*** entwickelt werden

Denn die ***meisten Elemente*** wiesen ***noch völlig unzureichenden technischen Stand*** auf.

Die Baugruppen

HANS VOGT ersetzte das übliche **Kohlemikrofon** durch sein **Kathodophon**.

Die von einer Glühkathode erzeugten Elektronen wurden dabei durch den Schall moduliert.

In einer eigenen Glasbläserei entstanden **spezielle Verstärkerröhren**, nebenbei sogar die **Schirmgitterröhre**.

Hatten sich IRVING LANGMUIR (1881 - 1957) und WALTER SCHOTTKY (1886 - 1923) 3 Wochen vorher patentieren lassen.

MASSOLLE erreichte mit einem **2-stufigen Widerstandsverstärker** 500-fache Verstärkung (je für Aufzeichnung und Wiedergabe).

Für die Lichtsteuerung entwickelten ENGL und VOGT eine **edelgasgefüllte Hochfrequenzlampe**.

Sie beleuchtete einen Spalt, der mit einem **Zeiß-Mikro-Projektionssystem** verkleinert auf den Film abgebildet wurde.

Der normal perforierte 35-mm-Film wurde einseitig **auf 42 mm verbreitert**.

So stand jenseits der Perforation eine **Tonspur von 7 mm Breite** zur Verfügung

Die 2 mm breite Tonspur auf dem normalen Film entstand erst viel später.

Der **ruckweise Filmtransport** musste für den Ton in eine konstante Geschwindigkeit überführt werden.

Bild- und Ton-Abtastung wurden räumlich getrennt.

Hinter einer freien Filmschleife bewirkte eine große **Schwungmasse** (wichtiger Patentanspruch) den nötigen Gleichlauf.

Die **nichtlineare Filmkennlinie** rief insbesondere beim Kopieren (Negativ - Positiv) nichtlineare Verzerrungen hervor.

Hierzu ergaben sich spezielle Patente.

Für die Tonwiedergabe entstand eine **hochempfindliche Fotozelle mit spezieller Kathode**.

Die Lautsprecherwiedergabe und Erfolge

VOGT und MASSOLLE schufen aus dem Nichts eine sehr große *elektrostatische Variante, das Statophon*.
Dünne versilberte Glimmermembranen mit bis zu 0,5 m Durchmesser schweben vor festen Elektroden.
Es mussten getrennte Typen für hohe, mittlere und tiefe Frequenzen entwickelt werden
Als erstes Wort soll „Milliampere“ übertragen worden sein.

Für den gesamten Arbeitsaufwand wurden *nur 3 Jahre* benötigt.
Am 26.2.1921 wurde als erster kleiner Film „Das Heideröslein“ von GOETHE gezeigt.
Der Text war von FRIEDEL HINTZE gesprochen.

Geschah in einem *provisorischen Atelier* (Friedrichstraße), das mit 500 gemieteten Kartoffelsäcken schallgedämpft wurde
Weitere Tonfilme, darunter der Einakter von HERMAN HEIJERMAN (1864 - 1924) mit dem Titel „Der Brandstifter“.
Seine erfolgreiche öffentliche Aufführung erfolgte am 17.9.1922 im 1000 Plätze fassenden „Alhambra-Kino“ in Berlin.

1923 wurde in der Berliner Bülowstraße das *erste Tonfilmatelier* mit Aufnahme- und Wiedergaberaum sowie einer
Entwicklungswerkstatt eingerichtet.

Täglich entstanden hier etwa 50 m Tonfilm.

Am 24.9.1923 neben Demonstrationsfilmen gezeigt „Das Leben auf dem Dorfe“ mit grunzenden Schweinen,
quietschenden Erntewagen, rufenden Nachtwächtern und einem auf dem Misthaufen krähenden Hahn.
Damit waren alle Grundlagen geschaffen, doch für die kommerzielle Umsetzung fehlte Interesse und Geld.
Es war ja die Inflationszeit.

Die Nutzung der Ergebnisse

Die deutsche *Filmgesellschaft UFA* hatte sich zwar rechtzeitig die *Patente gesichert*. Aber schließlich *verkaufte sie viele Rechte* für eine *Million Schweizer Franken* über einen Schweizer Rechtsanwalt. Die *Erfinder gingen fast leer aus*. Von ihrem geringen Anteil konnten sie gerade ihre *Schulden begleichen*.

Später gingen die Patente für nur 200 000 Schweizer Franken an die *amerikanische Fox-Filmgesellschaft*. Diese entwickelte damit nach langen *Patentstreitigkeiten* ihr „*Movietone*“-System, das sie *1927* vorstellte. Nun erfolgte – ohne Nutzen für die Erfinder – der *Durchbruch des Lichttons*.

Doch *wichtige Patente waren in Deutschland geblieben*, Nach weiteren Patentstreitigkeiten konnte dadurch 1930 der „*Pariser Tonfilmfriede*“ geschlossen werden. Jeder Vertragspartner durfte in seinem Lande nach jedem System Filme aufzunehmen und in anderen Ländern abspielen. Damit war die Grundlage zur „*Tonfilmstadt*“ *Berlin* gelegt. *Bis April 1931 waren 137 Tonfilme* hergestellt, davon allein 46 Filme fremdsprachlich (meist französisch).

Gliederung

1. Einleitung und Probleme
2. Versuche mit Nadelton
3. Zum Lichtton
4. Tri-Ergon
5. Die Technik
6. Magnetton
7. Sonder-Verfahren

Der gleichmäßige Antrieb

Der Lichtton wird neben dem Bild aufgezeichnet.

Für ihn muss der Film mit sehr konstanter Geschwindigkeit laufen.

Andererseits muss er für die Bildwiedergabe sprunghaft bewegt werden.

Das erfordert eine komplizierte Mechanik

und einen linearen Versatz zwischen Bild und Ton.

International geht der Ton um 20 (35-mm-Film) bzw. 28 Bilder voraus,

nur beim Cinema-Scope läuft er um 28 Bilder hinterher.

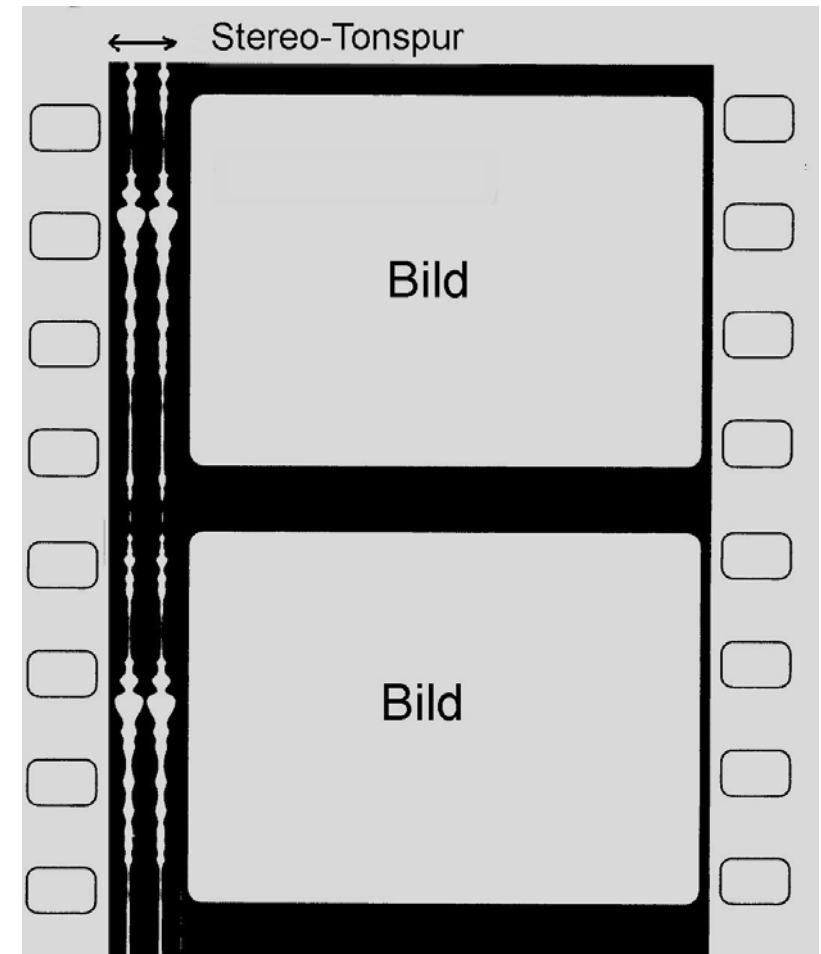
Das Grundprinzip der Mechanik zeigt das nächste Bild.

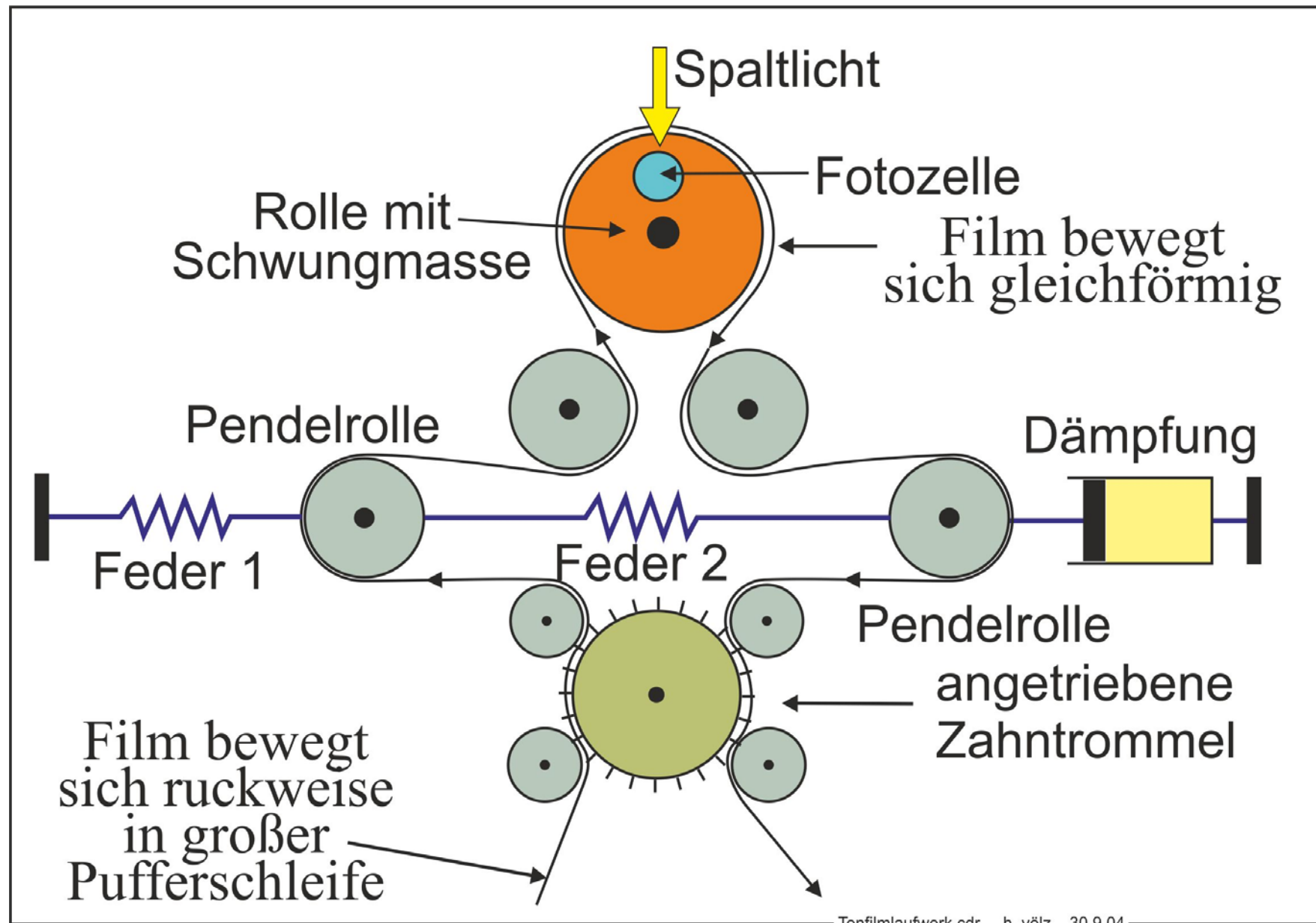
Die Zahnrolle macht die ruckartige Bewegung nahezu gleichförmig.

Das Tiefpass-Filtersystem aus den beiden Federn und Pendelrollen sowie der Dämpfung entfernen noch vorhandene Stöße.

So kann die Schwungmasse rotiert durch ihre Trägheit mit sehr konstanter Geschwindigkeit.

Da die Reibung mit $e^{k\varphi}$ (k als Faktor) zunimmt, ist ein Rutschen auf der Rolle bei der Umschlingung mit $\varphi \approx 200^\circ$ so gut wie ausgeschlossen.





Aufzeichnung und Wiedergabe

Die **Tonspur** befindet sich zwischen dem Bild und der Perforation.

Hier wurde sie in der **mittleren Helligkeit moduliert** aufgezeichnet.

Das muss über einen **sehr engen Spalt** $s \approx 5$ bis $10 \mu\text{m}$, $h \approx 2 \text{ mm}$ langen Spalt erfolgen.

Derartig enge und lange Spalte ($h \gg s$) sind **technisch nicht stabil** zu realisieren.

Auch die Lichtstreuung würde Probleme bereiten.

Deshalb werden deutlich **größere Abmessungen** gewählt.

Sie werden dann mit einer **Spezialoptik** verkleinert auf den Film abgebildet.

Das folgende **Bild zeigt links** die gebräuchlichere Variante für Aufzeichnung und Wiedergabe.

Bei der Aufzeichnung muss die Helligkeit der Lampe von Tonsignal gesteuert werden

Für die **Wiedergabe** existiert noch die nahezu gleichwertige Anordnung von **Bild rechts**.

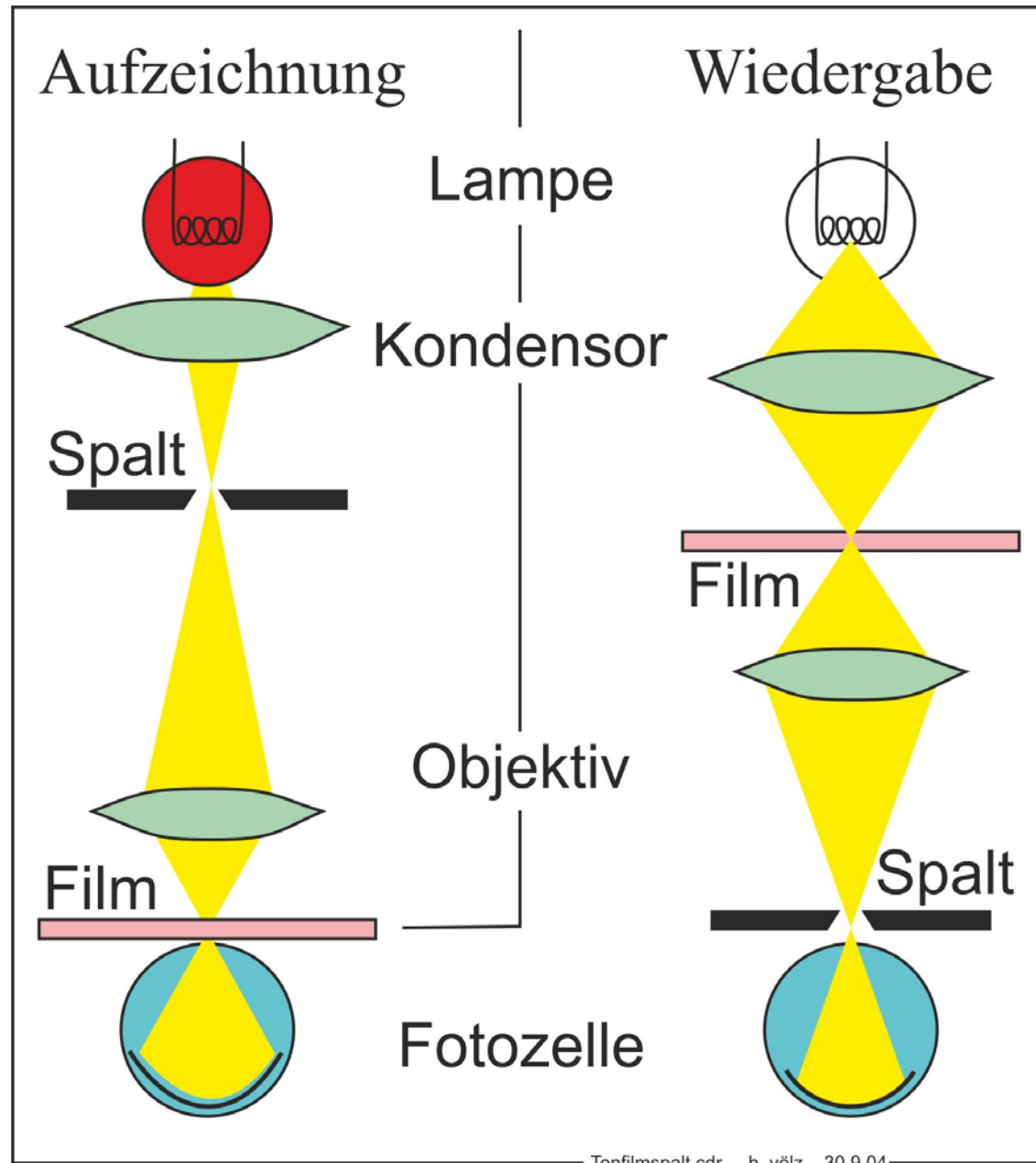
Hier wird der Film großflächig beleuchtet und über das Objektiv vergrößert auf den mechanischen Spalt abgebildet.

In diesem Fall wird der Film bei der Wiedergabe mit mehr Licht belastet.

Dafür tritt jedoch in der Filmschicht eine etwas geringere Lichthofdiffusion auf.

Die **Photozelle** besaß meist eine **Cäsiumkathode** mit einer typischen Empfindlichkeit von 50 bis $200 \mu\text{A/lm}$.

Heute ist sie durch in Sperrrichtung betriebene **Halbleiterdioden** (meist GaAs) ersetzt



Warum der extrem enge Spalt?

Die große Länge des Spaltes ist für einen hinreichenden Störabstand bei der Wiedergabe notwendig.

Für die Spaltweite wäre $s \rightarrow 0$ ideal. Doch Lichtbeugung, Filmkorn und erforderliche Lichtstärke setzen hier Grenzen.

Bei der Filmgeschwindigkeit v erzeugt eine Frequenz f die Wellenlänge $\lambda = v/f$.

Für eine ideale Aufzeichnung muss $\lambda \gg s$ gelten.

Doch zumindest müssen drei Werte je Wellenlänge getrennt aufgezeichnet werden.

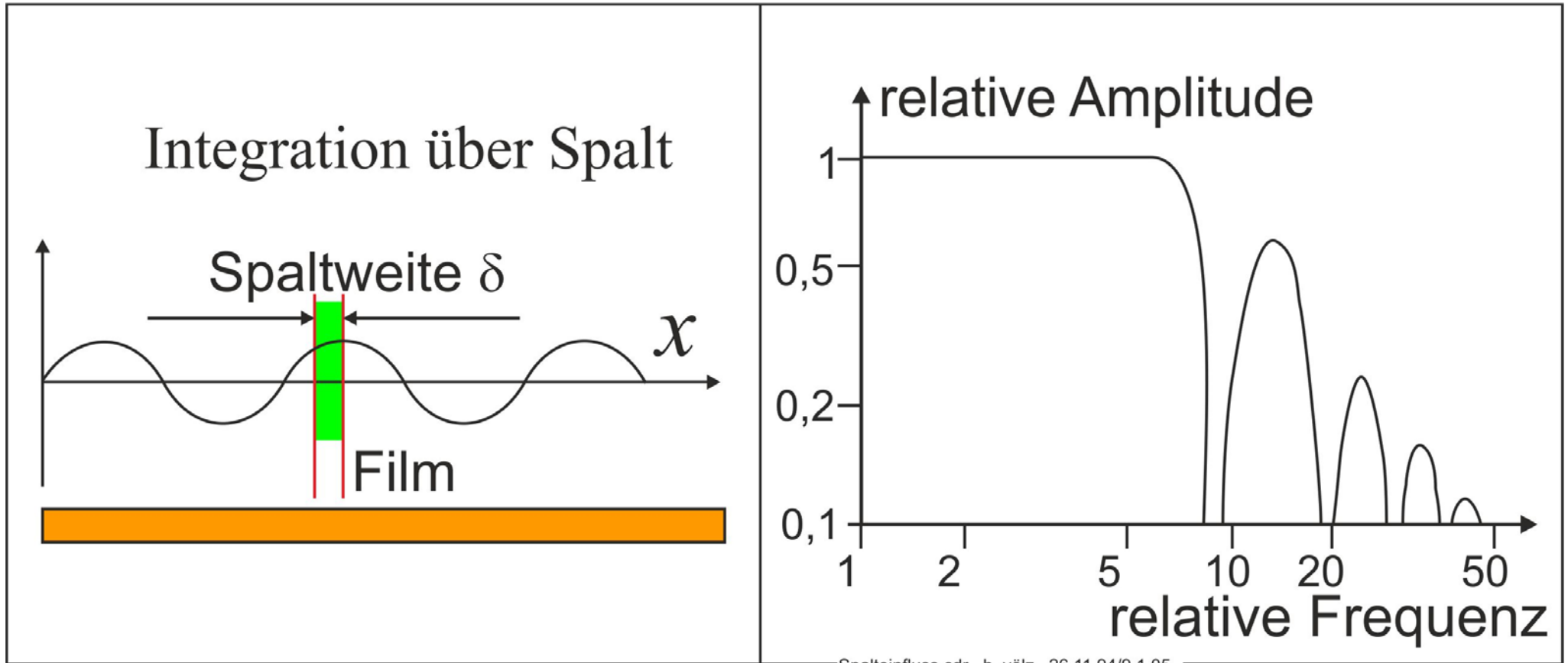
Für das Übertragungsmaß zum Film $\ddot{U}(s, \lambda)$ gilt die Spaltfunktion:

$$\ddot{U}_{Spalt} = \left| \frac{\sin\left(\pi \cdot \frac{s}{\lambda}\right)}{\pi \cdot \frac{s}{\lambda}} \right|.$$

Für $\lambda \gg s$ beträgt $\ddot{U} = 1$. Bei $s = n \cdot \lambda$ mit $n = 1, 2, 3, \dots$ sind Nullstellen vorhanden.

Die höchste aufzeichnenbare Frequenz liegt damit unterhalb der 1. Nullstelle $f_o < v/s$.

Die Filmgeschwindigkeit ist durch die Bilder bestimmt.



Spalt bei der Wiedergabe

Bei der Wiedergabe tritt erneut die Spaltfunktion auf.

Meist erfolgt die Aufzeichnung jedoch mit einem deutlich kleineren Spalt als die Wiedergabe.

Dann bestimmt fast ausschließlich der Wiedergabespalt den Frequenzgang.

Doch es tritt meist noch eine zusätzliche Beschneidung des Frequenzganges auf.

Der Aufzeichnungs- und Wiedergabespalt unterscheiden sich aus technischen Gründen meist um einen Fehlwinkel α .

Mit der Spalthöhe wird durch Integration eine Neigungsspaltweite $s_{\text{schief}} = h \cdot \tan(\alpha)$ zusätzlich wirksam.

$$\ddot{U}_{\text{schief}} = \left| \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot h \cdot \tan(\alpha)}{\lambda}\right)}{\frac{\pi \cdot h \cdot \tan(\alpha)}{\lambda}} \right|.$$

Das wirkt sich wie ein erweiterter Spalt aus.

Gebräuchliche Daten der Lichttonaufzeichnung.

Die letzte Spalte betrifft die übliche Höhenanhebung zum Ausgleich der Spaltverluste.

Filmformat in mm	Geschwindigkeit cm/s	Aufzeichnungsspal t in μm	Wiedergabespalt μm	Entzerrung: Aufzeichnung = Wiedergabe in kHz/dB
35	47,5	7	30	8/+4
16	19,05	7	15	6/+4
8	10,15	2	5	5/+8

Die Sprossenschrift

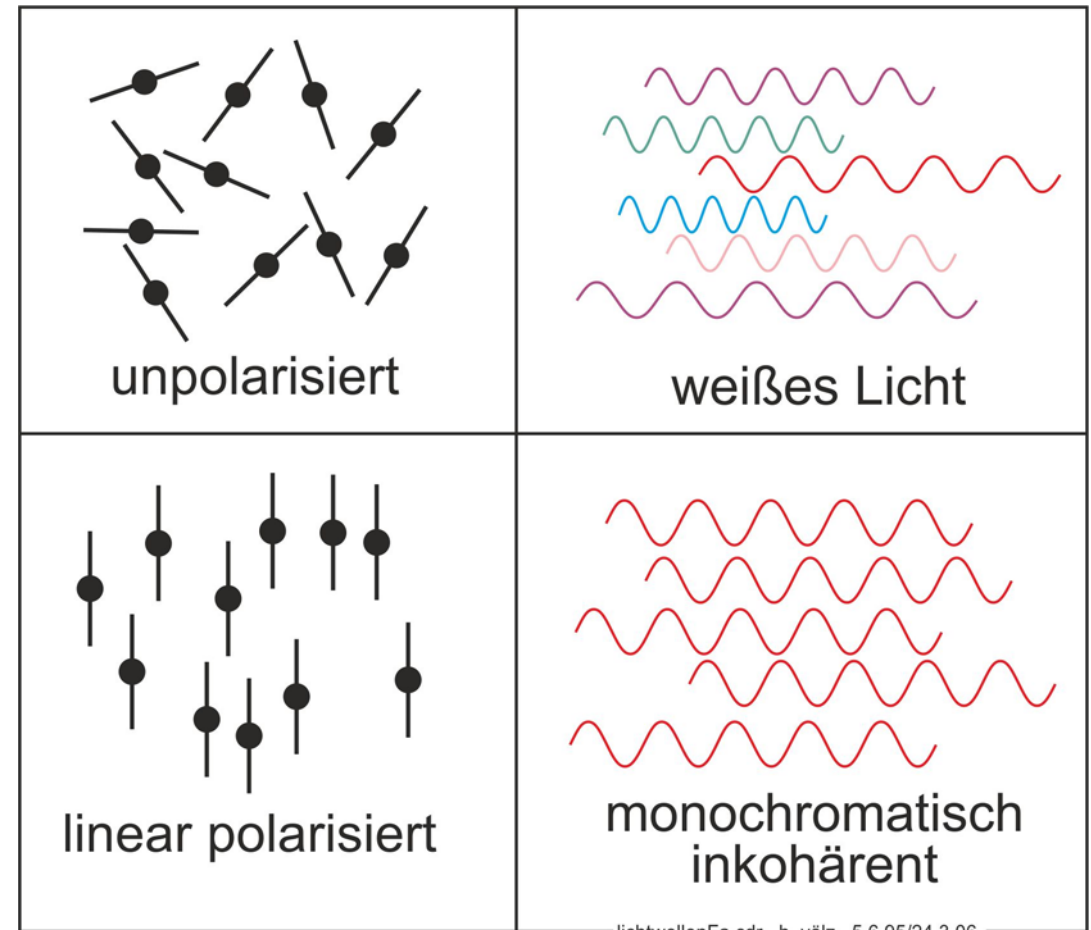
Dies ist die ursprüngliche Aufzeichnungsvariante. Sie heißt Intensitätsschrift
Sie wurde zunächst mit der **Modulation** von verschiedenen **Lichtquellen** mit wenig Erfolg versucht.
Dazu gehörten u.a. speziell entwickelte **Gasentladungsröhren**, z. B. die Ultrafrequenzlampe.
Ihre Linearität zwischen Strom und Lichtintensität oder Helligkeit war letztlich nicht ausreichend.
Hohe Qualität konnte später mit der **Kerrzelle und Polarisationsfiltern** erreicht werden.
Doch bei ihr bereiteten die sehr hohen Spannungen (einige kV) und das verwendete Benzol Probleme.
Letztlich erwiesen sich bis heute **spezielle elektromechanische Systeme** als vorteilhaft.
Sie arbeiten mit konstanter Lichtquelle und Schwingspiegel oder gesteuerter Blende.
Der Schwingspiegel lenkte den gebündelten Lichtstrahl so ab, dass durch eine feste Begrenzung nur ein Teil des Lichtes weitergeleitet wurde.
Hieraus erklärt sich der Begriff „**Lichthahn**“, der für die Steuereinheit aller Aufzeichnungssysteme üblich ist.

Zur Polarisation

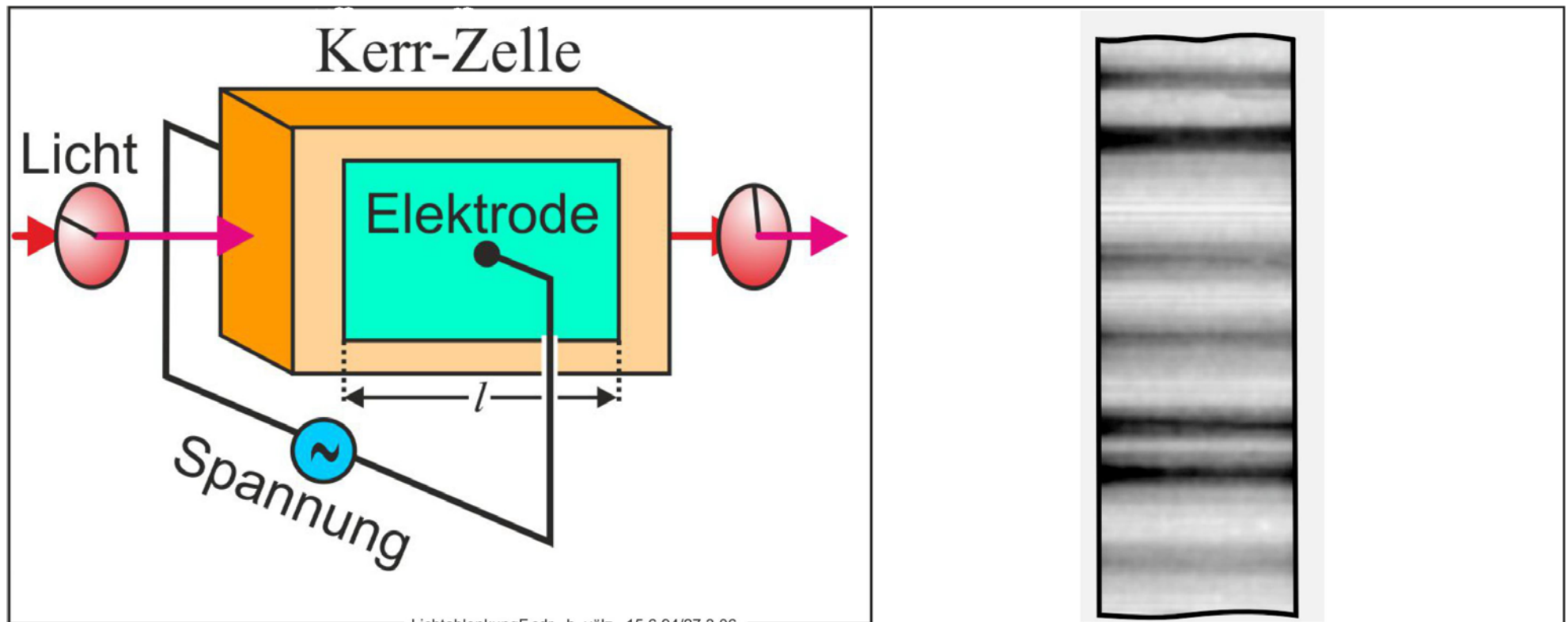
Für Licht existieren drei Kenngrößen

- Lichtfarbe bis monochromatisch
- polarisiert $\Leftrightarrow$ nicht monochromatisch $\Rightarrow$ farbig
- Kohärenz = Interferenzfähige Länge

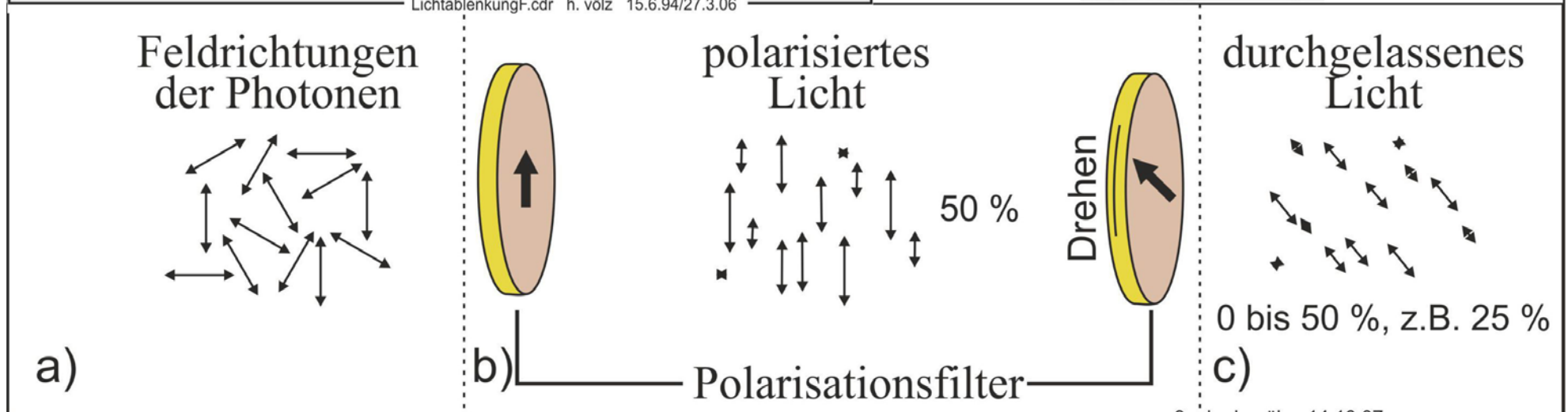
Die **Kerrzelle** ermöglicht mit einer angelegten Spannung die Richtung der **Polarisationsebene zu drehen**. Mittels **zwei Polarisationsfilter** kann dadurch dann die durchgelassene Lichtintensität verändert werden.



lichtwellenFa.cdr h. völz 5.6.95/24.3.06



LichtablenkungF.cdr h. vözl 15.6.94/27.3.06



zugmr3.cdr h. vözl 14.10.07

Probleme der Sprossenschrift.

Bei ihr ist die **Schwärzungskurve** des Filmmaterials entscheidend.

Vorteilhaft nutzbar ist **nur ihr linearer** Teil.

Filme müssen so umkopiert und vervielfältigt werden, dass die linearen Bereiche übereinstimmen.

Versucht wurde auch, die Krümmungen von Originalfilm und Kopie so zu kombinieren, dass nur insgesamt eine lineare Kurve auftritt.

Doch leider sind die Einflüsse von Filmcharge, Entwicklungs-, und Kopierprozess nicht ausreichend gut reproduzierbar. Daher treten relativ leicht **nichtlineare Verzerrungen** auf.

Hinzu kommt, dass das **Rauschen** infolge des Filmkorns im linearen (mittleren) Bereich beachtlich groß ist.

Es hängt es von der mittleren Größe und der Größen- sowie Lageverteilung der Silberkörner ab.

Im ganz transparenten Bereich ist es so gut wie nicht vorhanden und in tiefschwarzen sehr schwach.

Wegen beider Einflüsse ging die Bedeutung der Sprossenschrift immer mehr zu Gunsten der Zackenschrift zurück.

Zackenschrift

Sie wird auch Amplitudenschrift oder Transversalverfahren genannt.

Bei ihr wird der **Spalt** in seiner Länge wird **teilweise abgedeckt**.

Auf dem Film entstehen dann nur weiße und schwarze Bereiche.

Verzerrungen können hier nur durch eine **ungleichmäßig ausgeleuchteten Spalts** entstehen.

Dieser Effekt bewirkt dagegen bei der Sprossenschrift keine Störungen

Für die **Aufzeichnung** der Zackenschrift gibt es **viele Varianten**, u. a. jene im folgenden Bild.

Bei der Wiedergabe besteht dabei kein Unterschied. Sie erfasst ja nur die Summenhelligkeit über die Spaltfläche.

Die „einfache“ **Zackenschrift** von Bild f kann mit einem Tauchspulensystem gemäß a und b erzeugt werden

Es bewegt eine Blende, die einen variablen Teil des Spaltes abdeckt.

Die Variante a ist vorteilhafter, da bei ihr ein **scharfer schwarz-weiß-Übergang** entsteht.

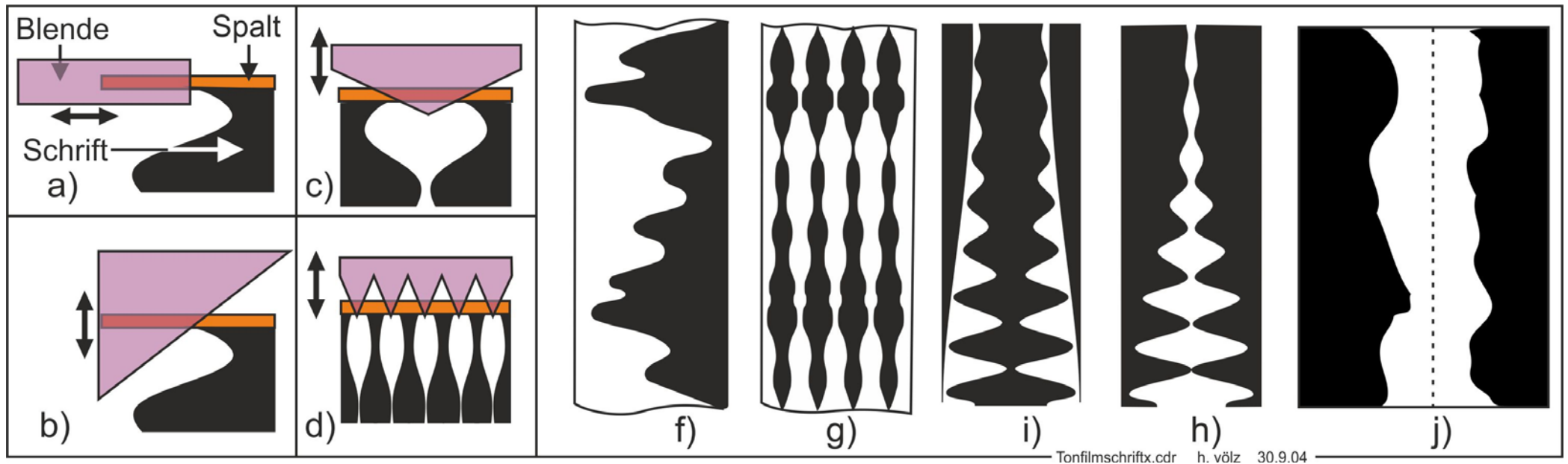
Mit den Varianten b, c und d sind recht verschiedene Zackenschriften (auch g) zu erzeugen.

Hierbei ist jedoch von Nachteil, dass durch die **schrägen Flanken Verzerrungen** entstehen können.

Je mehr Zacken verwendet werden, desto geringer sind diese Störungen, weil die Steilheit zunimmt.

Zusätzlich kann dabei auch der Einfluss ungleichmäßiger **Spaltausleuchtung** gesenkt werden.

Die mechanischen Systeme sind dabei so klein, dass seine Eigenresonanz oberhalb des Übertragungsbereiches liegt.



Die Bilder zeigen das Negativ der Filme.

a) bis d) zeigen die Bewegungen der Blenden.

Zugeordnet sind a), b) $\Rightarrow$ f); d) $\Rightarrow$ g)

i) und h) Reinton- Aufzeichnungen.

j) Stereoaufzeichnung mit linem und rechtem Kanal, der Trennstrich ist nur zur Ergänzung eingezeichnet.

Donner-Effekt

Beugung an den **Kanten der Blende** und **Lichtdiffusion in der Emulsion** bewirken eine „Verschmierung“ des Übergangs. Dagegen kann auch **kein Lichthofschutz** angewendet werden.

Das macht sich besonders deutlich bei **hohen Frequenzen** (kurzen Wellenlängen) bemerkbar.

Besonders bei Zischlauten entstehen so **Differenztöne**, die sich ähnlich wie Donner anhören.

Sie werden ähnlich einer Einweggleichrichtung einseitig beschnitten $\Rightarrow$ **Donnereffekt**.

Für die Aufzeichnung ist es daher üblich, hinter der Spaltebene einen **dichroitischen Strahlenteiler** einzubauen.

Er lässt nur das **blaue Licht auf den Film** einwirken. Dadurch entsteht weniger Streulicht.

Das **rote bis grüne Licht** wird zur Seite gespiegelt.

Es kann zum **Mithören** bei der Aufzeichnung und zur **Gegenkopplung** zur Verringerung der Verzerrungen benutzt werden.

Reinton-Steuerung

Die geschwärzten Bereiche erzeugen mehr Rauschen als die hellen.

Es macht sich umso mehr bemerkbar, je kleiner die Signalamplitude ist, dann viel schwarz!

Durch Steuerung des Schwarz-Weiß-Verhältnisses kann daher das wirksame Rauschen zu senken.

Das erfolgt mit der **Reinton-Steuerung**, von der zwei Varianten Bild 16d und e zeigt (als Negativ!).

Die Blende wird gemäß der mittleren Signalamplitude so nachgeführt, dass ein möglichst geringer Signalbereich verbleibt.

Dabei besteht eine geringe **Ähnlichkeit zur Füllschrift** der Schallplatte

Da hier jedoch **kein Rillenabstand zu steuern** ist, **entfällt** auch das erst mit dem Magnetband mögliche „**Vorhören**“.

Die Reinton-Steuerung ist folglich **deutlich einfacher und älter**.

Aber auch bei ihr ist zu vermeiden, dass das **Verschieben der Blende** zu **keinem hörbaren Signal** führt.

Deshalb werden **Einschwingzeiten** von etwa **15 bis 30 ms** benutzt.

Neuere Geräte: Tonsignal digital mittels einer Schieberegisterkette noch zusätzlich um **16 ms verzögert**.

Die **Ausschwingzeiten** dürfen noch länger sein nämlich 150 bis 400 ms: **Verdeckung, z.B. durch Nachhall**

Mit **steigender Aussteuerung** wird die **Verschiebung** des Reintons **geringer** gewählt

Ab 60 % der Vollsteuerung ist sie **Null**.

Insgesamt wird so für den typischen Tonfilm der **Geräuschspannungsabstand um** etwa 10 dB auf ca. **45 dB** erhöht.

Schmalfilm-Spuren

Auf dem beidseitig perforierten 16-mm-Film war kein Platz für eine Lichttonspur vorhanden.

1929 perforierte die Eastman-Kodak Co. **nur eine Seite** und nutzte die andere für den Ton.

Hieraus ging 1935 der ASA-Norm (**A**merican **S**tandard **A**ssociation) hervor.

Nur der 16-mm-**Negativfilm** blieb für einen besseren Bildstand beidseitig perforiert.

Die einseitige Perforation setzte sich dann auch beim 8-mm-Film ohne Ton fort.

Bei ihm erlangte aber der Licht-Ton lediglich zeitweilig eine gewisse Bedeutung bei Super-8-mm-Massenkopien.

Sie entstanden durch Verkleinerungskopien von 35- oder 16-mm-Negativen auf extrem unempfindlichen, feinkörnigen Positivfilm.

Das galt vor allen beim Verleih von Spielfilmen in den USA und in Japan.

Gliederung

1. Einleitung und Probleme
2. Versuche mit Nadelton
3. Zum Lichtton
4. Tri-Ergon
5. Die Technik
6. **Magnetton**
7. Sonder-Verfahren

Magnetton

Ab den 1950er Jahren war die ***Tonqualität des Magnetbandes*** deutlich besser als die des optischen Tons. So erfolgten zunächst Bild- und Tonaufnahme mit getrennten Geräten. ***Zweiband-Verfahren*** der Aufnahme. Es entstand ***perforiertes Magnetband*** mit dem leicht Lippensynchronität zu erreichen war.

Doch die ***Ton-Apparaturen*** bewährten sich nicht besonders.

„***Stöße***“ durch die Perforation und viel ***zu groß*** für beweglichen Einsatz.

So wurden „normale“ Studiogeräte und deren Abwandlungen für mobilen Einsatz entwickelt.

Die Synchronisation erfolgte durch zusätzliche Magnetspuren oder ***spezielle Hilfsspuren***.

Bald wurden so auch ***komplizierte Ton-Formate*** (stereo usw.) möglich.

Sie mussten auch auf den Kopien für die Vorführung nutzbar sein.

Dabei haben sich auch mehrere Magnetspuren auf dem Band bewährt.

Es gab aber immer Kinos, die sich diesen Aufwand nicht leisten wollten oder konnten.

So enthielten einige Filmformate ***Magnet- und optischen Ton***.

Schließlich kam die ***Digitalisierung*** des Tones hinzu. Auch er musste (z. T.) als dritte Spur hinzugefügt werden.

Da hier aber leicht zeitlicher Versatz und Verzögerung möglich sind, landete er ***zwischen den Perforationslöchern***.

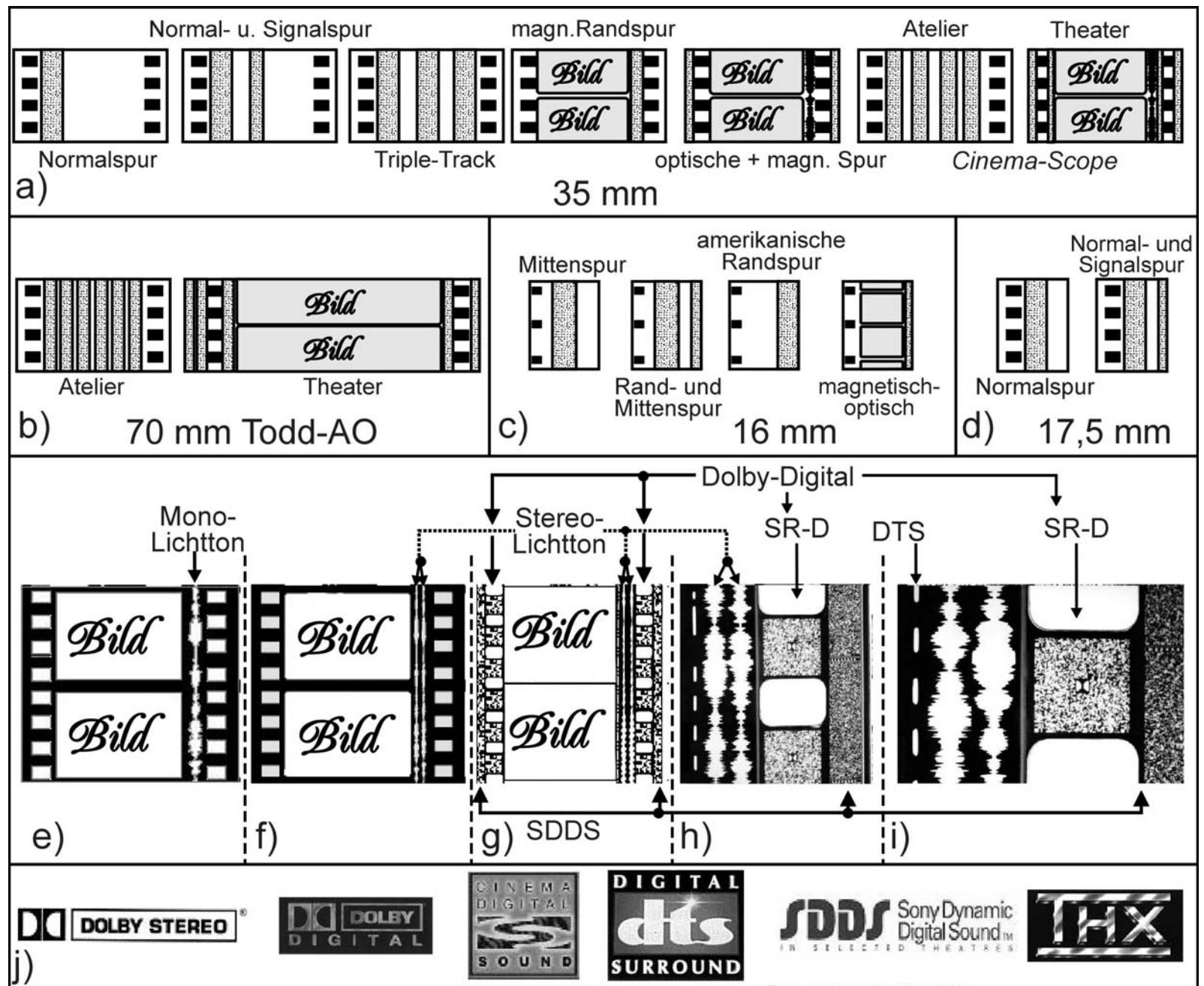
Heute ist die Fülle der Verfahren für den Ton bei Film fast unübersehbar.

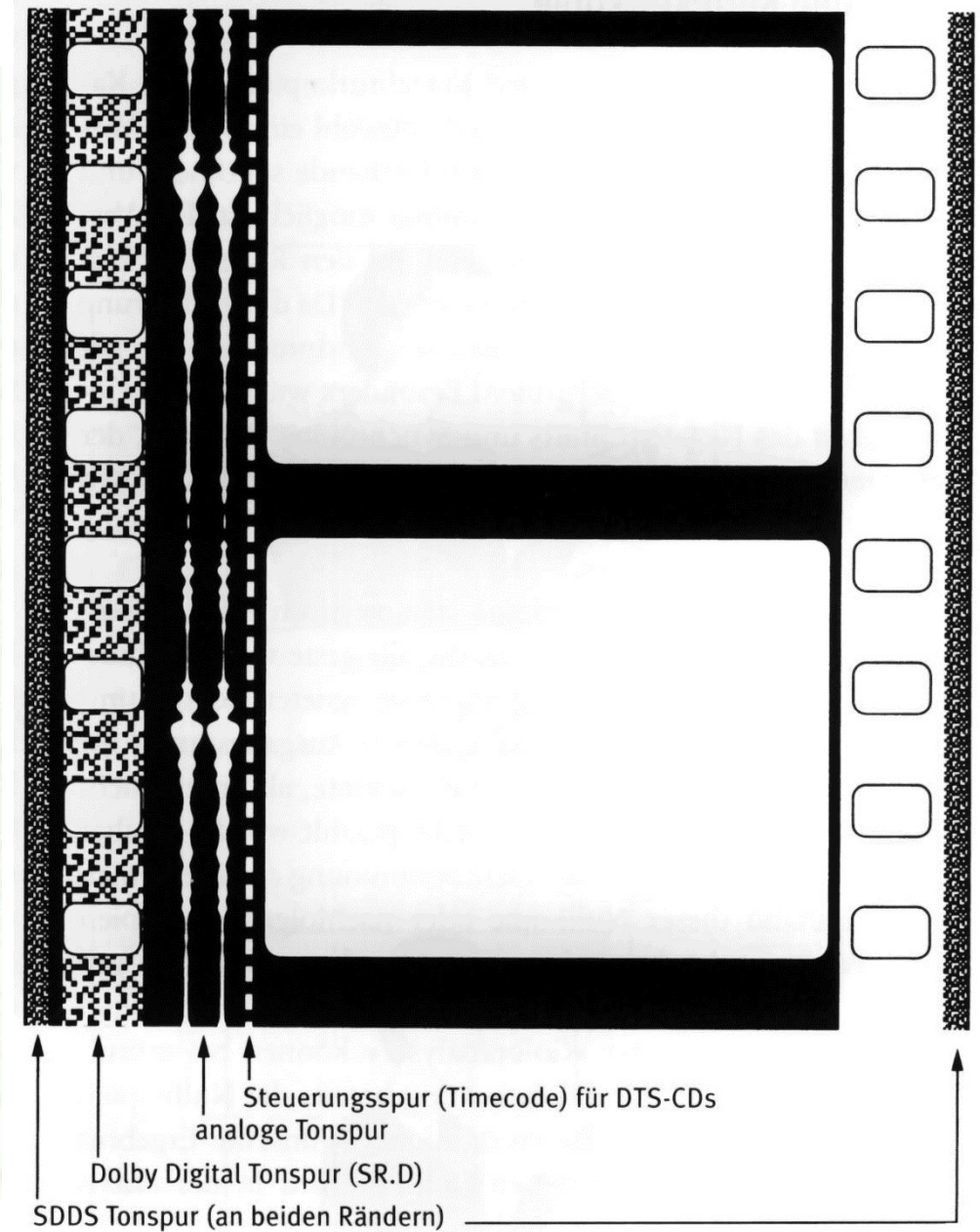
p. s.: Details zu diesen vielen Variante bringe ich im nächsten Semester beim Film!

Die wichtigsten Formate von Magnetton (a bis d) und Lichtton.

Die Lichttonspuren in e) und f) ermöglichen den Vergleich zu den digital optischen Verfahren g) bis i)

j) zeigt die Markenzeichen der wichtigsten Tonfilmsysteme.





Magnet-Ton beim Schmalfilm

Um 1953 hatte die Magnetbandtechnik für den Heimgebrauch einen brauchbaren Stand erreicht.

Nun wollte der Schmalfilmamateur auch seine 8-mm-Filme vertonen.

Hierzu war der Lichtton jedoch zu aufwendig.

Für den Amateur kam zunächst nur ein Zweistreifenverfahren in Betracht.

Dafür entstanden Zusätze, die Tonbandgerät und Projektor leidlich synchron koppelten.

Das erfolgte entweder über eine mechanisch flexible Welle oder durch Regelung mit Nachlaufsteuerung.

Ein Fühlhebel tastete den Bandzug ab und steuerte über einen Regelwiderstand im Motorstromkreis den Projektor.

Beides ermöglichte jedoch kaum lippensynchrone Technik.

Um 1956 entstand die magnetische Randspurtechnik.

Ab etwa 1959 wurde in Anlehnung an die übliche 16-mm-Randspur ein 0,8 mm breiter Tonbandstreifen in eine eingefräste Nute eingeklebt.

Trotz der geringen Geschwindigkeit von etwa 9 cm/s wurde eine beachtliche Qualität – einschließlich nachträglicher Lippensynchronität – erreicht.

Später entstand auch ein Impulsverfahren der Firma Bauer.

Ähnlich dem Pilotton erfolgte hier eine elektronische Verkopplung von Tonband und Film.

Auf einer zusätzlichen Tonbandspur wurden Impulse von ca. 20 ms Dauer und 1 kHz aufgezeichnet, was der Bildfolge entsprach. Eine andere Methode benutzte ein speziell perforiertes Magnetband.

Richtig durchgesetzt hat sich aber kein System.

Schließlich entstanden Ende der 70er Jahre die rein elektronischen Camcorder, die alle derartigen Versuche überflüssig machten.

Gliederung

1. Einleitung und Probleme
2. Versuche mit Nadelton
3. Zum Lichtton
4. Tri-Ergon
5. Die Technik
6. Magnetton
7. Sonder-Verfahren

Lichtton-Abwandlungen

Für den Lichtton gab es einige Anwendungen, die *nur der Schallaufzeichnung* dienten.

HANS THIRRING hat ein zweispuriges Gerät mit einem 6 mm breiten *Papierband* entwickelt.

Es wurde als Selenophon am 12.7.1929 dem Österreichischen Rundfunk vorgeführt.

Von DÉNES VON MICHALY gab es ein Wiedergabegerät, das in Durchsicht einem 16-mm-Film von 30 m Länge benutzte. Bei 10 Lichttonspuren wurden 40 Minuten Spielzeit erreicht.

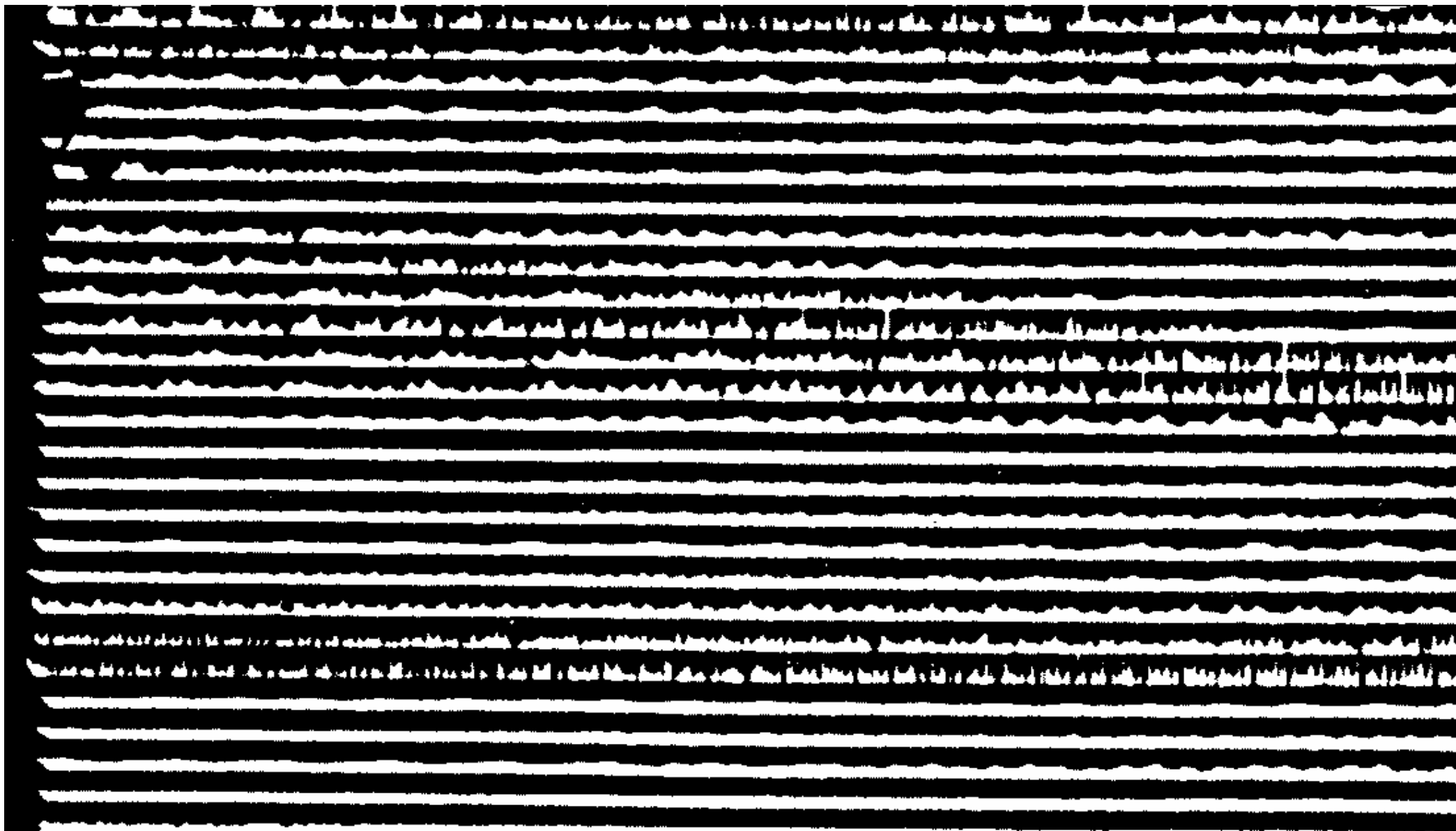
1936 brachte die Klangfilm GmbH eine Koffieranlage für die Schallwiedergabe mit einem 5,84 mm breiten Film heraus.

Völlig ungewöhnlich erscheint heute die „*sprechende Zeitung*“ von FERNANDO CRUDO.

Sie wurde ab 1932 auf Papier der Größe $50 \times 42,5 \text{ cm}^2$ gedruckt. Einen Ausschnitt zeigt das folgende Bild.

Am linken Rand ist der aufgedruckte Streifen für die automatische Befestigung auf der Walze zu erkennen.

Es wurde Zackenschrift verwendet.



PhilMil

1932 patentierte JAMES ARTHUR MILLER (BBC) für ein **nicht-fotographisches, optisches** Tonaufzeichnungsverfahren. Es wurde 1936 von Philips realisiert und wird seitdem **Philips-Miller-Verfahren** oder kurz PhilMil genannt.

Es benutzt einen transparenten, etwa 7 mm breiten Zelluloidfilm.

Auf ihn wurde eine spezielle, gut durchsichtige **Gelatine**-Emulsion von ca. **1 mm** Dicke aufgetragen.

Sie ist mit einer **undurchsichtigen Schicht von etwa 25 μm** Dicke abgedeckt.

Die Aufzeichnung erfolgt mit einem **Diamantstichel**, dessen Schneidspitze den sehr flachen Winkel von **176 °** besitzt. Seine senkrechte Bewegung schneidet ein unterschiedlich breites Stück der Deck- und Gelatine-Schicht heraus.

Die mittlere Breite der Aufzeichnungsspur beträgt 2 mm.

Der vollkommen **kornfreie** (nicht rauschende) Film wird mit 32 cm/s transportiert. Eine Rolle reicht für 15 Minuten.

Es wurde ein Frequenzbereich von **30 Hz bis 8 (10) kHz** und eine Dynamik von 1 : 40 (**32 dB**) erreicht.

Sie ist durch die damalige Technik (Mikrofone, Fotozellen usw.) bestimmt = Grenze der direkten Übertragung.

Mit **heutigen** Mitteln sind gut **60 dB** erreichbar.

Bei diesem Film war sogar relativ einfach ein **Cuttern** durch Spleißen möglich.

1941 wurde das Verfahren mit **zwei, nur einseitig schrägen Stacheln auf Stereo** erweitert.

Dabei blieb in der Mitte ein **schmaler Steg** stehen.

Prinzipiell wäre mit diesem Verfahren auch eine Vervielfältigung durch Druck möglich gewesen.

PhiMil-Aufnahmen.

Das PhilMil-Verfahren wurde viel vom *niederländischen und englischen Rundfunk* (BBC) bis 50er Jahre benutzt. Auch in den **USA** war es bei einigen Sendern gebräuchlich (WOR und WQXR)
Es musste dort jedoch wegen *fehlender Filmlieferungen* ab etwa 1940 ungenutzt bleiben.

Einige der PhilMil-Filme sind *bis heute erhalten geblieben*.

Kulturgeschichtlich bedeutsam ist eine Aufzeichnung aus dem Concertgebouw in Amsterdam.

„Matthäuspassion“ BACHs (1685 - 1750) unter dem Dirigat von JOSEF WILLEM MENGELBERG (1871 - 1951).
Sie erfolgte am Palmsonntag 1939.

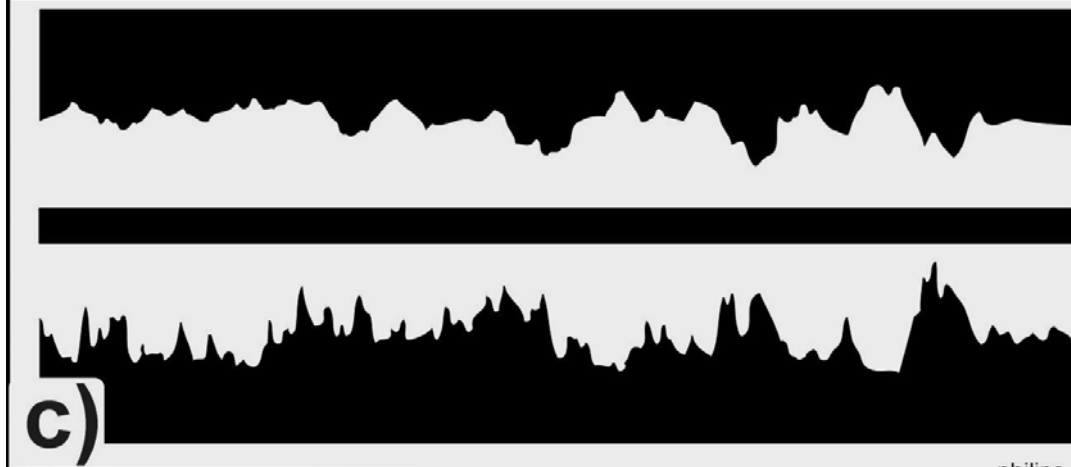
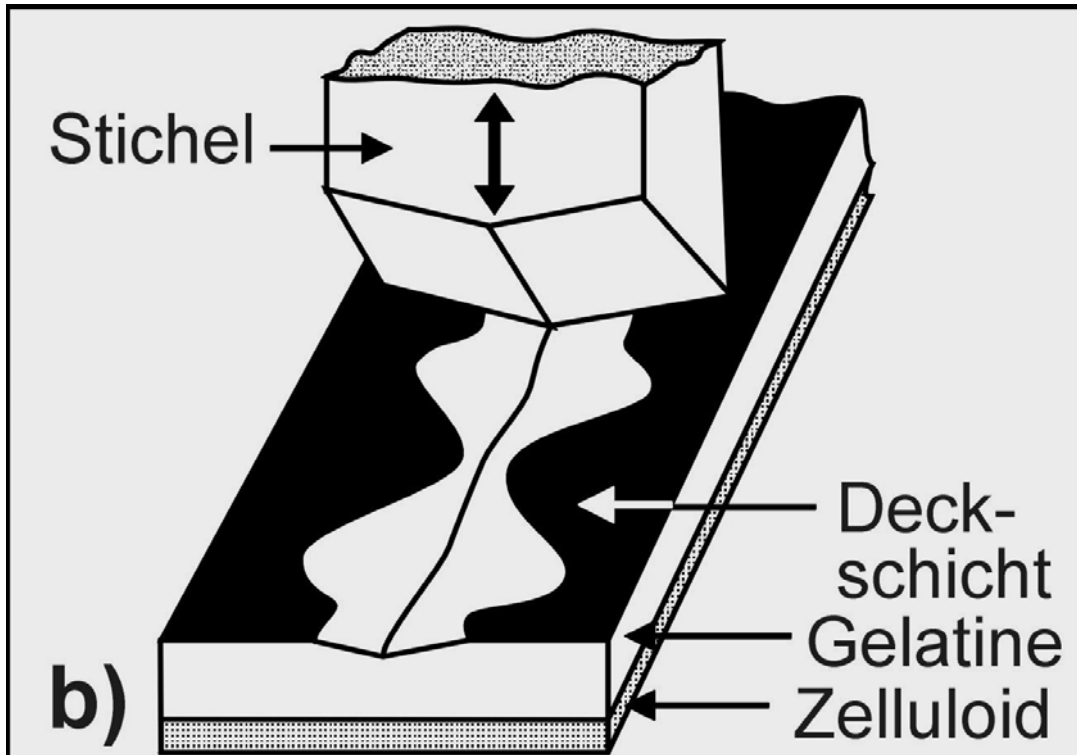
Diese insgesamt 8 km Film galten *lange Zeit als verschollen*.

Sie wurden dann 1952 in einem *sehr feuchten Keller* gefunden.

Nach einer recht geringen *Restauration* konnte die Aufnahme mit noch in Betrieb befindlichen Apparaturen wiedergegeben werden.

Am 24.1.1953 erfolgte im Concertgebouw von der „Philips Phonografischen Industrie“ die Vorführung der umgeschnittenen LP.

Apparatur und Etikett der CD zeigen das Bild.



philips_miller.cdr h. vözl 20.10.04

TED-Videoplatte

Schließlich gab es noch eine Abwandlung der mechanischen Schallplatte für die Videotechnik

Es ist das Bildplattensystem **TED** (**T**eldec **t**elevision **d**isc)

Es benutzt eine dünne, flexible PVC-Folie und wurde am 24.6.1970 auf einer Pressekonferenz in Berlin angekündigt.

Die Entwicklung erfolgte gemeinsam

- von der AEG-Telefunken durch GERHARD DICKOPP und EDUARD SCHÜLLER (1904 - 1976)
- sowie der Teldec durch HANS JOACHIM KLEMP und HORST REDLICH.

Die Bild-, Farb-, Toninformationen sind dabei **frequenzmoduliert durch Noppen** in der Oberfläche der Folie gespeichert.

Die Tiefenaufzeichnung ermöglichte **≈150 Rillen/mm**, Spurabstand 7 µm (Schallplatte nur 10 - 13).

Mit **1 500 UpM** ergab sich eine obere Grenzfrequenz von 3 MHz.

Für die **Abtastung** wird ein sehr schmaler kufenförmiger Diamant in der Rille geführt

Er presst dabei reversibel etwa zwei Noppen zusammen.

Verlässt er eine Noppe, wird der Druck auf den **piezoelektrischen Wandler** geringer, es ändert sich seine Spannung.

Damit hierbei die Noppen eine tausendfache Abtastung überstehen, müssen sie sehr haltbar sein.

Dies wird zusätzlich durch ein **dünnes Luftpolster** unter der TED-Platte unterstützt.

Dennoch darf die Höhenabweichung der Platte nicht mehr als 50 µm betragen.

Auf einer 8-Zoll Scheibe wurde eine Laufzeit von 5 Minuten erreicht.

Bei der 12-Zoll-Scheiben betrug sie rund 12 Minuten.

Durch Mehrfachabtastung von Windungen war sogar **Zeitlupen- und Standbildwiedergabe** möglich.

TED ist jedoch nicht marktwirksam geworden.

Es wurde durch die **magnetische** Videoheimaufzeichnung, die zudem Selbstaufzeichnung ermöglicht, überrundet.

