

Die historische Entwicklung des Filmtons

von der Wachswalze bis zur Cloud

Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe
Fachbereich Medienproduktion

Bachelorarbeit
Jan-Eric Heitland
Matrikelnummer: 1533 2078
janheitland@gmx.de

20. Februar 2020
Erstprüfer: Prof. Dr. Phil. Frank Lechtenberg
Zweitprüfer: Tom Kentner

Inhaltsverzeichnis

Einleitung

1 Nadelton	1
1.1 Der Phonoautograph	2
1.2 Der Phonograph und die Wachswalze	3
1.3 Das Grammophon und die Schallplatte	5
1.4 Tonbilder und der erste Nadeltonfilm	6
1.4.1 Phase Eins: Erste Vorschläge, Synchronvorrichtungen und Weltausstellung in Paris	6
1.4.2 Phase Zwei: Tonbildboom	8
1.4.3 Phase Drei/Vier: Das Vitaphone	9
1.5 Fazit Nadelton	10
2 Lichtton	11
2.1 Frühe Experimente und erste Verfahren	12
2.2 Ton auf Film	13
2.3 Die Etablierung des Lichttonfilms	14
2.4 Analoge Lichtton Formate	16
2.4.1 Fanta Sound	17
2.4.2 Vitasound	17
2.4.3 Perspecta Stereophonic Sound	17
2.4.4 Dolby Stereo	17
2.4.5 Dolby Spectral Recording	18
2.5 Digitale Lichtton Formate	19
2.5.1 Cinema Digital Sound	19
2.5.2 Dolby Digital	19
2.5.3 Sony Dynamic Sound	19
2.4.6 Dolby Surround EX	19
2.6 Fazit Lichtton	20
3 Magnetton	21
3.1 Die Erfindung des Magnettons	22
3.2 Das Blattnerphon	23
3.3 Magnetband und Magnetfilm	24
3.4 Der Magnetton in Hollywood	24
3.5 Magnetton Formate	25
3.5.1 Cinerama	25
3.5.2 Cinemascope	25
3.5.3 TODD-AO	25
3.5.4 Dolby Stereo 6 Track	25
3.6 Fazit Magnetton	26
4 Digitalton	27
4.1 Rekorder und Digital Audio Workstation	27
4.2 Digitale Formate	28
4.2.1 Digital Theater System (DTS Digital Sound)	29
4.2.2 Dolby Surround 7.1	29
4.2.4 Immersive digitale Formate	29
4.2.4.1 Barco Auro 11.1	29
4.2.4.2 Dolby Atmos	30
4.2.4.4 Barco Auro Max	30
4.3 Fazit Digitalton	31
5 Fazit.	32
Literaturverzeichnis	36
Abbildungsverzeichnis	41

Einleitung

Der Ton im Film ist heutzutage eine Selbstverständlichkeit. Godzilla brüllt uns von der Leinwand ins Gesicht und in Weltraumschlachten fliegen uns TIE fighter „um die Ohren“. Es ist gar nicht vorstellbar wie heutige Filme uns ohne Ton in ihre Welt entführen könnten. Immerhin sind seit Einführung des Tonfilms 95 Jahre vergangen und Namen wie Vitaphone und Movitone längst vergessen. An ihre Stelle sind Namen wie Dolby Atmos oder Auro Max getreten und bieten uns ein spektakuläres Kino Erlebnis. Doch was ist in diesen 95 Jahren passiert? Welche Systeme gab es zuvor? Welche Möglichkeiten boten diese? Es lohnt sich einen Blick in die Vergangenheit zu werfen, um das heutige Arbeiten mit dem Medium Ton besser zu verstehen.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der historischen Entwicklung der vier Tonfilmverfahren und den daraus entstandenen Kino-Tonformaten. Diese Verfahren sind das Nadelton-, Lichtton-, Magnetton-, und Digitaltonverfahren.

Damit der Tonfilm entstehen konnte, musste zunächst das Medium Ton entstehen. Dies geschah mit der Erfindung des Phonographen. Zur Verwirklichung des Tonfilms entstanden unterschiedliche Ansätze einer synchronen Verbindung zwischen Bild und Ton. So entstanden zunächst Tonbilder und schließlich der Tonfilm (Kapitel 1). Parallel zum Nadelton entstand der Lichtton. Nun wurde Bild und Ton auf einem Speichermedium vereint (Kapitel 2). Neben dem Lichtton entwickelte sich der Magnetton zu einem im Kino angewendeten Verfahren und machte es möglich, mehrere Tonspuren zu verwenden (Kapitel 3). Zunächst als digitaler Lichtton und dann schließlich auf Festplatten gespeichert übertrifft der Digitalton die analogen Tonformate in Klangqualität und Wiedergabemöglichkeiten (Kapitel 4).

1 Nadelton

Die mechanische Tonaufnahme und Tonabnahme mittels Nadel, die ein Trägermedium abtastet, wird als Nadeltonverfahren bezeichnet. Dabei werden zwei Formen der Tonaufzeichnung unterschieden. Die Tiefenschrift, bei der die Tonänderung durch unterschiedliche Rillentiefe, entsprechend der Amplitude des Schallereignisses, bei konstanter Rillenbreite, aufgezeichnet werden, und die Seitenschrift, mit einer konstanten Rillentiefe bei seitlicher Aufzeichnungsvarianz, entsprechend der Tonänderung (vgl. Webers 2003: 496).

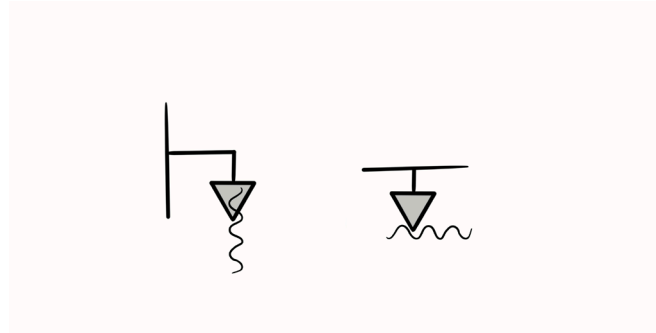


Abb.1: Schaubild Tiefenschrift Seitenschrift

Im folgenden Kapitel wird die Entwicklung des Nadeltonverfahrens in der Filmgeschichte beschrieben. Dazu wird zunächst der Phonoautograph, als Vorentwicklung des Phonographens, dargestellt. Danach wird die Entwicklung des Phonographens und des Grammophons beschrieben. Anschließend wird die Entstehung des Tonfilms von den ersten Versuchen einer synchronen Bild und Ton Verbindung, über die ersten Tonbilder, bis hin zu dem Nadeltonfilm erläutert.

1.1 Der Phonoautograph

1830 baute der an der Göttinger Universität arbeitende Professor Wilhelm Weber einen sogenannten **Phonoautographen**. Ein auf einer Stimmgabel befestigter Stahlstift schrieb die Schallschwingungen auf einen mit Reuß bestrichenen Papierzylinder (vgl. Große 1989: 7f).

Dieses frühe Nadeltonverfahren wurde 1856 von dem Franzosen Leon Scott aufgegriffen und verbessert. Er verwendete anstatt der Stimmgabel einen an eine Membran angeschlossenen Trichter. Mittels einer daran angebrachten Schweinsborste wurden auf einem mit einer Handkurbel angetriebenen, rußgeschwärzten Zylinder aus Glas, Schallschwingungen aufgezeichnet. Seine Erfindung trug ebenfalls den Namen Phonoautograph.

1874 entwickelte Alexander Graham Bell einen **Ear-Phonoautographen**. Bell benutzte ein menschliches Gehör anstelle einer Membran. Auf diese Weise erstellte er zur damaligen Zeit die präzisesten Schallaufzeichnungen.

Keiner der Phonoautographen konnte die aufgezeichneten Aufnahmen wiedergeben. Der Franzose Charles Cross vermutete, dass es möglich sei die Aufnahmen des Phonoautographen wiederzugeben. Dazu entwickelte er 1877 das **Parleophon**. Die Aufnahmen des Phonoautographen sollten in Form einer Spirale auf eine graphitbeschichtete Scheibe übertragen werden und anschließend in eine Metallplatte geätzt werden. Die Platte könnte nun vom Parleophon abgespielt werden indem ein Stachel die Rille abtastet und wiederum eine Membran in Schwingungen versetzt. Charles Cross fehlte es jedoch an Fördermitteln und so konnte er das Parleophon weder bauen noch zum Patent anmelden (vgl. Morton 2004: 2-5).

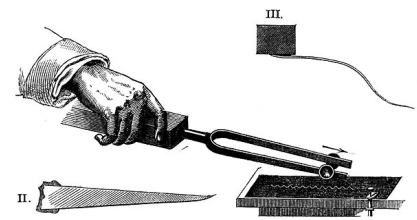


Abb.2: Phonoautograph nach Weber

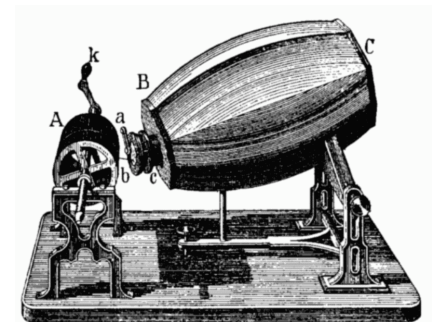


Abb.3: Phonoautograph nach Scott

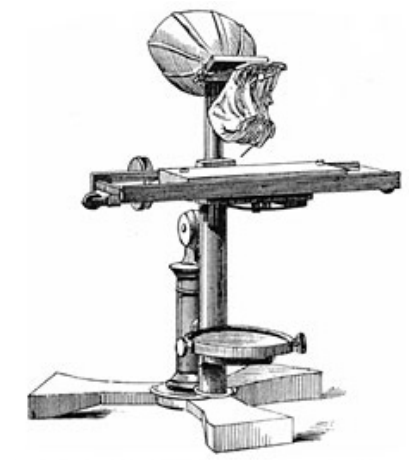


Abb.4: Ear-Phonoautograph nach Bell

1.2 Der Phonograph und die Wachswalze

Das erste Gerät mit dem es möglich war Schallereignisse sowohl aufzuzeichnen als auch wiederzugeben war der Phonograph (vgl. Moll 2006: 246). 1877 wurde Thomas Alva Edison beauftragt das im Jahr zuvor von Alexander Graham Bell erfundene Telefon zu verbessern. Anstatt das Telefon zu verbessern erfand Edison während seiner Arbeit den **Phonographen** (vgl. Große 1989: 10).

Edisons ursprüngliche Idee war es ein Gerät zu erfinden mit dem es möglich ist Telefonate aufzuzeichnen. Dazu arbeitete er an einem Gerät, das Telefonsignale elektromagnetisch auf ein mit Wachs beschichtetes Papierband prägt. Mangels ausreichender Verstärkung war eine elektrische Wiedergabe jedoch nicht bzw. unzureichend möglich (vgl. Morton 2004: 8f). Ein Problem, welches 30 Jahre später mit der Erfindung des Audion gelöst werden konnte (vgl. Josse 1984: 128).

Der erste Phonograph funktionierte ähnlich wie der Phonoauto-graph. Schallschwingungen wurden durch einen mit einer Membran verbundenen Stichel in eine dünne Zinnfolie eingeritzt. Die Wiedergabe erfolgte umgekehrt. Der Stichel tastete die in die Zinnfolie eingeritzten Rillen ab und reproduzierte so die Aufnahme. Ein trichterförmiges Horn (vgl. Morton 2004: 9f) oder Gummischläuche, die in die Ohren gesteckt wurden, sorgten zur Verstärkung. Im Gegensatz zur später erfundenen Schallplatte, bei der Schallschwingungen horizontal aufgezeichnet werden, was als Seitenschrift bezeichnet wird, werden beim Phonographen die Schallschwingungen vertikal in die Zinnfolie eingeritzt. Dieses Verfahren wird als Tiefenschrift bezeichnet.

Auf Basis des Phonographen wurde das **Graphophon** entwickelt. Anstatt der Zinnfolie wurde ein mit Wachs überzogener Zylinder verwendet. Dieser konnte schneller und einfacher gewechselt werden. Eine längere Walze und ein Fußpedal als Antrieb, ähnlich wie bei einer Nähmaschine, machten das Grammophon anwenderfreundlicher als den Phonographen (vgl. Große 1989: 16-29).

Wachs, als neues Speichermedium, verbesserte die Tonqualität, da die Schallwellen feiner in das Wachs geritzt wurden. Außerdem konnten die Wachswalzen geschliffen und so wieder benutzt werden. Unter dem Namen **perfected Phonograph** stellte Edison, der nun auch Wachswalzen verwendete, 1888 seinen verbesserten Phonographen vor. Ebenso verfügte der perfected Phonograph über einen Elektromotor als Antrieb zur gleichmäßigen Drehung der Walze (vgl. Edison 1888: 643f). Darüberhinaus gab es Phonographen mit Federuhrwerkantrieb oder ebenfalls mit Fußpedalantrieb für den Heimgebrauch oder als Diktiermaschine. Für den Unterhaltungsmarkt gab es Münzphonographen (Nickel Phonographenautomat) die sich gegen Einwerfen einer Münze bedienen ließen (vgl. Morton 2004: 22-28). Unmittelbar mit Verbesserungen an dem Phonographen sind Verbesserungen der Wachswalze verbunden. So wurde die Spieldauer von anfangs zwei Minuten auf vier Minuten erhöht (vgl. Shambarger 1995: 156-161).

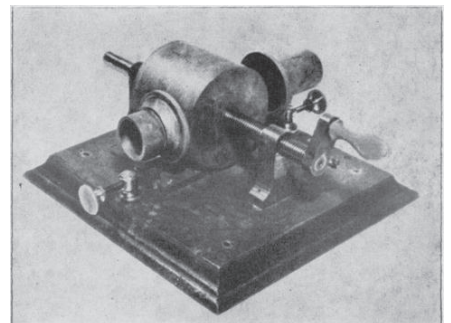


Abb.5: Der erste Edison Phonograph

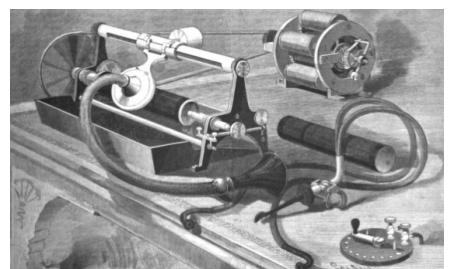


Abb.6: Das erste Graphophon



Abb.7: Nickel Phonographautomat



Mit der Einführung der Wachswalze begann die Herstellung von Unterhaltungs-Aufnahmen in Form von Musik oder gesprochenem Wort. Zur Herstellung dieser Aufnahmen wurden ausgebildete Techniker eingesetzt. Die Schwierigkeit der damaligen Aufnahmen lag darin, dass die aufzunehmende Schallquelle möglichst nah vor dem Trichter des Phonographen sein musste. Sollten mehrere Signale aufgenommen werden, mussten diese, je nach gewünschter Mischung, im passenden Abstand vor dem Trichter im Raum platziert werden. Außerdem durften die Signale nicht zu leise sein, da sie sich sonst im Eigenrauschen der Walze nicht durchsetzten. Ebenso durften sie nicht zu laut sein, da es sonst zu Verzerrungen kommen konnte. So kam es, dass aus technischen Gründen oftmals mehrere Aufnahmen gemacht werden mussten.

Zur Dublikation der Walzen gab es zunächst zwei Techniken. Bei der sogenannten Pantograph-Technik wurde ein spezieller Phonograph verwendet, der zwei Wachswalzen halten konnte. Dabei war die eine bespielt und die andere leer. Durch eine Verbindung der Abtastnadel wurde beim Abspielen der Walze eine Kopie in die leere Walze geschnitten. Diese Methode war zwar kostengünstig, jedoch verloren die Walzen mit jeder Kopie an Tonqualität. Die Methode, die sich durchsetzte, war die Gussmethode. Dazu wurde aus der aufgenommenen Walze eine Gussform erstellt. Mithilfe dieser konnten Kopien gegossen werden.

Die Wachswalze wurde durch die Blue Amberol Walze ersetzt. Als neues Material für die letzte Generation der Walzen wurde Zelluloid/Plastik verwendet. Diese waren robuster und härter. Dadurch konnte die Wiedergabelautstärke erhöht werden, da der Stichel die Walze mit höherem Druck abtasten konnte (vgl. Morton 2004: 26-28).

Durch das immer populärer werdende Grammophon und somit der Verbreitung der Schellackplatte wurde 1913 der **Diamond Disc Phonograph** eingeführt (vgl. Morton 2004: 42). Die Wachswalze wurde durch eine ca. 5 mm dicke Kunstscheibe mit Holzkern und Kunstharzbeschichtung ersetzt. Die Scheiben hatten einen Durchmesser von 25 cm und eine Spielzeit von maximal 5 Minuten (vgl. 13)¹⁹. Wie bei der Wachswalze wurde das Tiefenschriftverfahren angewandt. Dadurch konnte die Diamond Disc nur auf Edison-Geräten abgespielt werden. Außerdem war die Diamond Disc nur zur Wiedergabe geeignet. Es konnten also keine eigenen Aufnahmen mehr hergestellt werden.



Abb.8: Diamond Disc Phonograph

Mit der Markteinführung des Diamond Disc Phonograph endet die Ära des Wachswalzen-Phonographen als Massenprodukt. Die Diamond Disc soll eine bessere Tonqualität als die Schellackplatte gehabt haben, dennoch endet ihre Ära 1929. Ebenso wie die des Phonographen. Gründe dafür sind ihr höherer Preis im Gegensatz zur Schellackplatte und die Begrenzung auf ein Abspielsystem (Library of Congress o.D.). Bis in die 1950er Jahre fanden Wachswalzen-Phonographen Verwendung als Diktiermaschinen, da es keine nennenswerten Konkurrenzprodukte gab. Dies änderte sich durch die Kommerzialisierung des Magnettonverfahrens (vgl. Morton 2004: 50).



QR2: Aufnahmesession Phonograph



QR3: Aufnahmesession Phonograph

1.3 Das Grammophon und die Schallplatte

1887 erfand Emil Berliner auf Basis des Phonographen das **Grammophon**. Zur Aufnahme wurde ebenfalls ein Schalltrichter und ein an einer Membran befestigter Stichel eingesetzt. Allerdings wurde anstelle einer Walze eine runde Scheibe als Tonträger verwendet. Darüberhinaus erfand Berliner ein neues Tonaufzeichnungsverfahren, die Seitenschrift. Bei der Aufnahme ritzt der Stichel die Schallschwingungen in eine dünne Wachsschicht die sich auf einer Zinkscheibe befindet. Anschließend wurde die Zinkscheibe in ein Säurebad gegeben, wodurch sich die aufgezeichneten Schallschwingungen in die Zinkscheibe einätzen. Die Zinkscheibe konnte nun beliebig oft abgespielt werden. Des Weiteren war es möglich Kopien der Aufnahmen herzustellen. Im Gegensatz zum Phonographen konnte der Anwender nicht selbst Aufnahmen anfertigen. Die ersten Grammophone, noch mit Handkurbelantrieb, wurden 1889 produziert (vgl. Große 1989: 28f). Spätere Modelle wurden mit Elektromotor oder Federwerkantrieb produziert.



Abb.9: Grammophon um 1894

Neben technischer Verbesserungen des Grammophons wurde die Plattenherstellung verbessert. Beim sogenannten Wachsgussverfahren wird die Aufnahme mittels Wachsscheibe angefertigt. Anschließend wird diese mit Graphit behandelt. Durch einen galvanischen Prozess wird ein Kupferabdruck gewonnen, mithilfe dessen weitere Kopien hergestellt werden können. Dieses Verfahren verbesserte die Tonqualität (vgl. Morton 2004: 36-38). Des Weiteren wurde anstelle von Hartgummischeiben Schellack als neues Plattenmaterial eingesetzt (vgl. Große 1989: 32). Schellack ist ein sehr hartes Material. Dadurch hält die Schellackplatte beim Abspielen einen höheren Gegendruck des Stichels aus, wodurch bei ebendiesem mechanisch arbeitendem Grammophon die Wiedergabelautstärke erhöht wird (vgl. Morton 2004: 35).

1924 wurde das erste elektronische Aufnahmeverfahren unter dem Namen Orthophonic eingeführt. Mikrofone und Verstärker ersetzten das Aufnahmehorn. Nun war es möglich mehrere Mikrofone zusammen zu mischen wodurch die Lautstärkeverhältnisse einzelner Schallereignisse korrigiert werden konnten (vgl. Morton 2004: 66).

1931 wurde die erste Langspielplatte eingeführt (vgl. Große 1989: 27f). Im selben Jahr wurde das Blumlein Stereosystem erfunden wodurch die Schallplatte durch die Flankenschrift, Stereo wiedergeben konnte (vgl. Große 1989: 142). 1948 wurde die noch bis heute verwendete Vinylplatte eingeführt, welche rauschärmer, robuster und kostengünstiger herzustellen ist, als die Schellackplatte (vgl. Wittenberger 2011).

1.4 Tonbilder und der erste Nadeltonfilm

Das Medium Tonfilm setzt die Erfindung und synchrone Verbindung zweier technischer Systeme voraus. Eins zur akustischen Aufnahme, Speicherung und Wiedergabe und eins zur photographischen Aufnahme, Speicherung und Wiedergabe (vgl. Jossé 1984: 16). Mit dem Phonographen und dem Grammophon war das benötigte akustische System geschaffen. Auf dem optischen Sektor wurde mit dem Kinetographen 1895 der Film geboren (vgl. Bergan 2007: 16f). In frühen Versuchen wurden Phonograph oder Grammophon mit dem Kinetographen oder ähnlichen Geräten verbunden. Die so entstandenen Filme wurden aufgrund ihrer mangelnden Bild-Ton-Synchronität Tonbilder genannt (vgl. Jossé 1984: 12f). Synchronität, Tonqualität, Spieldauer und Wiedergabelautstärke waren die technischen Probleme, die es zu lösen galt (vgl. Jossé 1984: 69f).

Toeplitz unterteilt die Etablierung des Tonfilms in vier Tonoffensiven. Die erste um 1900. Die zweite von 1908 bis 1914. Die dritte von 1923 bis 1925 und die vierte ab 1926 (vgl. Toeplitz 1979: 9-11). Um die Entwicklung des Nadeltonfilms zu beschreiben werden diese vier Phasen als Gliederung genutzt. Phase drei und Phase vier werden dabei zusammengefasst.

1.4.1 Phase Eins: Erste Vorschläge, Synchronvorrichtungen und die Weltausstellung in Paris

Die ersten Vorschläge, noch vor der Erfindung des Kinetographen, Ton und Bild zu kombinieren wurden von Erfindern der frühen Kinetographie gemacht und beschrieben mechanische Kombinationen ihrer präkinematischen Apparate mit dem Phonographen. Diese waren Wordsworth Donisthorpe (**Kinesigraph**) (vgl. Donisthorpe 1878: 242), Eadweard Muybridge (**Zoopraxiskop**) und William Friese-Greene (**Bio-Phantascope**). Keiner dieser Vorschläge hat in der Praxis verlässlich funktioniert dennoch wurde das Medium Tonfilm ideell begründet (vgl. Jossé 1984: 25-41).

„The establishment of harmonious relations between Kinetograph and Phonograph was a harrowing task and would have broken the spirit of inventors less inured to hardship and discouragement than Edison’s veterans“ (Dickson 1970: 18)

Kinetophonograph/Kinetophon (1889)

Einen ersten erfolgreichen Versuch unternahm William Kennedy Dickson ein Angestellter Edison’s (vgl. Jossé 1984: 30). Der sogenannte Kinetophonograph funktionierte indem Mikrobilder auf eine Zylinderwalze kopiert wurden. Diese Zylinderwalze wurde neben der Phonographenwalze befestigt. Anschließend wurde die Phonographenwalze möglichst synchron zu den Bildern besprochen (vgl. Dickson 1970: 8). Der Kinetophonograph hat keine praktische Verwendung gefunden (vgl. Toeplitz 1979: 8). Er diente lediglich dazu Edison zu überzeugen weitere Gelder in die Tonfilmvorschung zu investieren (Jossé 1984: 33). Durch die Verwendung von Filmband entstanden neue Synchronisations-Probleme woraufhin die Tonfilmforschungen zunächst eingestellt wurden und Dickson Edison verließ (Köcke 1962: 379). Dennoch wurde das sogenannte Kinetophon veröffentlicht. Dabei handelt es sich um ein Kinetoskop* mit nicht synchroner



Abb.10: Kinetophon

Musikbegleitung durch einen Phonographen. Das Kinetophon konnte die allgemeinen Erwartungen an ein Tonfilmsystem nicht erfüllen (vgl. Jossé 1984: 33). Dickson verließ Edison und veröffentlichte das Phono-Mutoscope. Die Funktionsweise ist nahezu identisch zum Kinetophon. Der einzige Unterschied ist, dass anstelle eines Filmbands das Prinzip der Abblätterbücher (ähnlich wie Daumenkino) eingesetzt wurde (vgl. Jossé 1984: 48).

*Kinetoskop: Guckkasten-Maschine für eine Person.
(vgl. Monaco 2009: 76)

Graphophonoskope (1896)

Die erste patentierte Synchronvorrichtung war das Graphophonoskope von Auguste Baron (vgl. Jossé 1984: 48). Die Synchronisation funktionierte über ein elektrisches System. Dabei werden Elektromagnete in Abhängigkeit der Geschwindigkeit der Kamera aktiviert und erzeugen so eine Drehbewegung beim Phonographen. Angetrieben wurde das System zunächst per Handkurbel. Später durch einen Elektromotor. Neben dieser für die Anfangszeit des Tonfilms ungewöhnlichen Art der Synchronisation wurde zur Aufnahme bereits eine elektromagnetische Tongravur mittels Kohlemikrofon eingesetzt (vgl. Pisano 2004: 17-24). Das System soll einen guten Synchronlauf gehabt haben. Ein Problem war die Vervielfältigung der Wachswalzen, was zu der Zeit des Graphophonoskopes noch nicht möglich war. Außerdem fanden sich keine Sponsoren und das System wurde aufgegeben (vgl. Jossé 1984: 50f).

Weltausstellung Paris (1900)

Erste öffentliche Vorführungen von Tonbildern fanden auf der Weltausstellung 1900 in Paris statt. Folgende Systeme waren dort vertreten.

Cinemicraphonograph (1897)

Eine Verbindung mehrerer sogenannter Mikrophonographen über ein Riemensystem angetrieben durch einen Elektromotor. Durch die Verwendung mehrerer Phonographen, die unterschiedliche Geräusche abspielten, entstand ein frühes Multi-Channel-Verfahren. Um das Problem der Verstärkung zu lösen wurden bei öffentlichen Vorführungen Telefonhörer im Raum verteilt. Außerdem fand auch hier die Aufnahme elektromagnetisch statt. Anlässlich der Weltausstellung wurde das System in **Phonorama** umbenannt. Die Initiatoren waren die Erfindergruppe Berthon, Dussaud und Jaubert.

Joly Zeigervorrichtung (1900)

Eine Vorrichtung die mittels zwei konzentrisch angeordneten Zeigern den Synchronlauf zwischen Phonograph und Kinematograph anzeigt. Ein Zeiger wird vom Phonographen angetrieben, der andere vom Kinematographen. Der Phonograph war dabei maßgebend. Um die Geräte zu synchronisieren musste der Kinematograph so bedient werden, dass die beiden Zeiger synchron laufen. Dies war Aufgabe des Filmvorführers der den Kinematographen per Handkurbel bediente. Im Vergleich zu anderen Erfindungen dieser Zeit war dieses System keine komplette Anlage sondern eine Vorrichtung zur Erweiterung handelsüblicher Geräte. Henry Joly war der Erfinder dieser Vorrichtung. Er stellte seine Tonbilder im Théâtre de la Grande Roue vor. (vgl. Jossé 1984: 54-57).

Lioretograph (1891)

Der Lioretograph war eine Weiterentwicklung des Phonographen bei dem der Federuhrwerkantrieb verbessert wurde. Sein Erfinder ist Henri Lioret. Zusammen mit Clément Maurice Gratioulet stellten sie ihre Tonbilder unter dem Namen Phono-Cinéma-Théâtre vor. Bei der Vorführung waren Phonograph und Kinematograph nicht verbunden. Mittels Telefonverbindung spielte der Vorführer den Film möglichst synchron zum Phonographen per Handkurbel ab (vgl. Zu Hünigen 2011).

In den ersten Jahren der Tonfilmgeschichte zeigt sich ein struktureller Wandel bei den Tonfilmproduzenten. Der Typ des Universalerfinders wird vom Spezialisten der Phonographen- oder Kinematographentechnik ersetzt (vgl. Jossé 1984: 61f). Die erste Tonbild Phase ging kurz nach der Weltausstellung zu Ende. Ein unumstrittener Grund dafür sind technische Mängel. Vor allem beim Aufnahmeverfahren und der daraus resultierenden schlechten Tonqualität und beim Wiedergabeverfahren aufgrund fehlender elektrischer Verstärkung. Toeplitz gibt als weiteren Grund den Zuschauer der damaligen Zeit an. Der Zuschauer wollte lieber Bewegung auf der Leinwand sehen. Damit der Ton zur Geltung kam, musste das Bewegungstempo herab gesenkt werden wodurch der Film an eben diesem verloren hat (vgl. Toeplitz 1979: 10). Jossé hingegen widerspricht Toeplitz in diesem Punkt und gibt an, dass die Vorführungen nur für die Weltausstellung bestimmt waren und daher seitens der Investoren kein Interesse bestand die Systeme nach der Weltausstellung weiter zu betreiben (vgl. Jossé 1984: 65).

1.4.2 Phase Zwei: Tonbildboom

Die zweite Phase beginnt 1907 und endet 1914 mit dem ersten Weltkrieg (vgl. Toeplitz 1979: 11). Zu dieser Zeit findet ein Tonbildboom statt. Zu den dazugehörigen Systemen zählen: **Vivaphon**, **Kinoplastic** (vgl. Talbot 1914: 180), **Cinematophon** (vgl. Zu Hünigen 2012), **Animatophone**, **Cameraphone** (vgl. Zu Hünigen 2011), **Stantophone**, **Synchronoscope** und **Phono-Kinema** (vgl. Jossé 1984: 91f). Die zwei dominanten Systeme waren das **Chronophone**, das **Biophon** und das **Kinetophon** (vgl. Toeplitz 1979: 11).

Chronophone (1901-1928)

Das Chronophon basiert technisch auf dem Chronophonographen und wurde von Léon Gaumont entwickelt. Zur Synchronisation trieb der Phonographenmotor einen Dynamo an der dann wiederum die Geschwindigkeit des Projektormotors steuerte. Bei einer späteren Version des Chronophones wurde mittels Pressluft die Wiedergabelautstärke erhöht. Das Chronophone wurde dann auch Chronomega-phon genannt (Fielding 1979: 65). Ebenfalls verfügte das System über eine elektromagnetische Tongravur zur Aufnahme. Zur Verlängerung der Spieldauer wurde eine Zweitellerwiedergabeapparat erfunden die einen automatischen Wechsel zwischen zwei Schallplatten ermöglichte und so die Spieldauer verdoppelte (vgl. Jossé 1984: 86). Nach dem ersten Weltkrieg wurde ein elektrischer Tonabnehmer zur Steigerung der Tonqualität eingesetzt. Der Klang des Chronophones soll sehr gut gewesen sein, jedoch war die Synchronisation nicht ausgereift (vgl. Jossé 1984: 176f). Kurz nach Einführung des Nadeltonfilms verschwand das Chronophone vom Markt (vgl. Jossé 1984: 203f).



Abb.11: spätes Chronophon

Biophon (1903-1912)

Das Biophon verwendete zur Synchronisation zwei parallelgeschaltete Drehstrommotoren. Spätere Versionen besaßen eine Zeigervorrichtung die den Synchronlauf anzeigte. Zur Erhöhung der Lautstärke wurden teilweise bis zu fünf Plattenspieler, die über eine Antriebswelle verbunden waren, gleichzeitig abgespielt. Dies hatte allerdings zur Folge, dass das Grundrauschen der Platten verstärkt wurde. Außerdem hatte diese Methode nicht den gewünschten Verstärkungseffekt (Hinz 1993: 120-122).



Abb.12: Biophon 1910

Kinetophon (1911)

Das Kinetophon wurde zunächst unter dem Namen Cinephonograph vorgestellt und war ein erneuter Versuch von Edison. Zur Verbesserung der Tonqualität wurde eine Art Vorverstärker entwickelt der es ermöglichte auch weiter entfernt gesprochene Texte auf den Phonographen aufzunehmen. Um die Wiedergabelautstärke zu erhöhen wurde ein vergrößerter Schalltrichter eingesetzt. Das System versagte regelmäßig bei öffentlichen Vorführungen wodurch es nicht weiter ausgebaut wurde (vgl. Jossé 1984: 92-94).

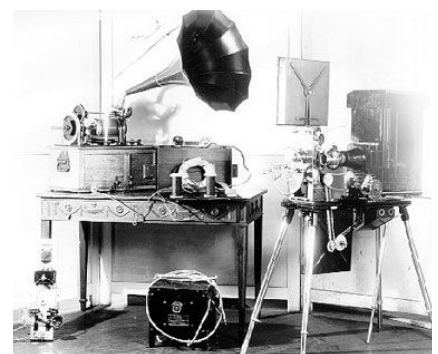


Abb.13: Kinetophon 1913

Die Tonbildsysteme der zweiten Phase verbesserten zwar die bereits angesprochenen Probleme der frühen Tonbildsysteme (Tonqualität und Synchronisation), lösten diese aber nicht zufriedenstellend. Gerade die Wiedergabelautstärke stellte sich als großes Problem heraus. Außerdem übertraf die Spieldauer der Filme die der Schallplatte und Wachswalze (Toeplitz 1979: 13f). Oskar Messter (Erfinder des Biophons) gibt außerdem die unzureichende Bedienung der Synchronsysteme durch Nichttechniker als Grund an warum die Tonbilder wieder unpopulärer wurden (Hinz 1993: 121f).

1.4.3 Phase Drei/Vier: Das Vitaphone

Vor Beginn des ersten Weltkriegs wurde bereits die Ära der elektronischen Verstärkung eingeleitet (vgl. Kellogg 1955: 293). Vor allem während des Krieges, als die drahtlose Nachrichtenübermittlung immer größere Entfernungen überwinden musste, war das Problem der elektronischen Verstärkung intensiv bearbeitet worden. Weiterentwicklungen in der Mikrofontechnik sowie der Lautsprechertechnik begünstigten die Verwirklichung des Tonfilms (vgl. Jossé 1984: 128-130).

Es begann die Zeit in der intensiv an verschiedenen Lichttonverfahren gearbeitet wurde (vgl. Toeplitz 1979: 15). Diese werden in Kapitel zwei erläutert.

Auf dem Gebiet des Nadeltons fand fast keins der Vorkriegssysteme nach dem ersten Weltkrieg noch Verwendung. Lediglich das Chonophone und das kurz vor dem Krieg entwickelte Phonograph-Kinema wurden weiterentwickelt, standen allerdings in der Tradition der Tonbilder und nicht des neu aufkommenden Tonfilms (vgl. Jossé 1984: 175).

Vitaphone (1925-1931)

Das erste ausgereifte Nadeltonsystem war das Vitaphone. Es wurde von Western Electric entwickelt und 1925 von Warner Bros. eingeführt (vgl. Toeplitz 1984: 15). Obwohl es bereits funktionierende Lichttonsysteme gab wurde das Vitaphone als Tonfilmsystem verwendet, da es klanglich den damaligen Lichttonsystemen überlegen war (vgl. Jossé 1984: 193). 1931 wurde es aufgegeben und durch Lichttonsysteme ersetzt (Flückiger 2017: 32). Zur Synchronisation wurden Projektor und Plattenspieler auf mechanische Weise verbunden. Aufnahme und Wiedergabe funktionierten elektronisch. Neuartige Lautsprecher sorgten für ausreichenden Wiedergabelautstärke (vgl. Kellogg 1955: 296-298). Das Vitaphon hatte eine Spieldauer von maximal 10 Minuten. Die Schallplatten konnte 24 mal abgespielt werden bevor sie verschlissen waren (McGee 2001: 262). Der erste so entstandene Nadeltonfilm war 1926 Don Juan. Der Film selber hatte nur Musikbegleitung, da das Vitaphone die sonst eingesetzten Orchester zur Filmbegleitung im Kino aus Kostengründen ersetzen sollte. Neben dem eigentlichen Film wurden im Vorprogramm Tonkurzfilme gezeigt die für Aufsehen sorgten. Grund dafür ist das in ihnen gesprochen wurde (vgl. Toeplitz 1979: 24-28). 1927 wurde mit The Jazz Singer der erste sogenannte part-talkie Film gedreht. In diesem Film wurden noch nicht alle Dialoge vertont. 1928 wurde mit Lights of New York der erste sogenannte all-talkie Film im Kino aufgeführt. Dieser Film entsprach dem heute üblichen Tonfilm mit Dialog (vgl. Jossé 1984: 219).

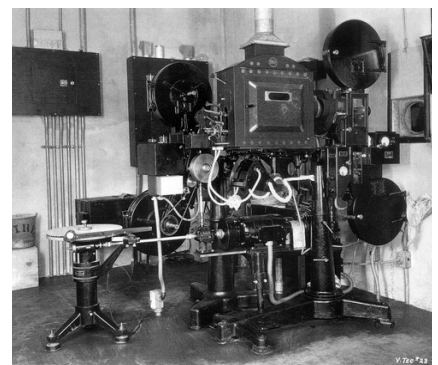


Abb.14: Vitaphone



QR4: Vitaphone Aufnahme



QR5: Ausschnitt Jazz Singer

1.5 Fazit Nadelton

Durch den Phonographen und das Grammophon wurde es möglich, Schallereignisse zu konservieren und wieder hörbar zu machen. So entstand das Medium Ton und ein Unterhaltungsmarkt entwickelte sich. Dadurch, dass es möglich war mit dem Phonographen eigenständig Aufnahmen anzufertigen eignete er sich für frühe Versuche einer Kombination zwischen Ton und Bild. Aus diesen frühen Versuchen wurden Tonbilder und letzten Endes das neue Medium Tonfilm. Von Erfindung des Phonographen bis hin zur ersten Vorführung des Vitaphones sind 48 Jahre vergangen. Vergleichsweise kurz sind die sechs-Jahre indenenen das Vitaphone und damit das Nadeltonverfahren als Filmtonverfahren eingesetzt wurden. Das Nadeltonverfahren ist aufgrund der Schallplatte als Speicher- und Wiedergabemedium nicht für den Tonfilm geeignet. Die Schallplatte ist in ihrer Spieldauer begrenzt was dazu führt, dass bei längeren Filmen mehrere Platten zum Einsatz kommen mussten. Außerdem verschlissen die Schallplatten wodurch sie mit jedem Abspielen an Tonqualität verloren und schließlich ausgetauscht werden mussten. Der größte Nachteil waren Einschränkungen bei der Aufnahme. Die Schallplatte konnte nicht geschnitten werden. Um verschiedene Einstellungen zu filmen mussten mehrer Kameras eingesetzt werden. Eine spätere Methode aufgenommene Abschnitte zu überspielen scheiterte daran, dass sich mit jeder Kopie das Grundrauschen verdoppelte.

Nadeltonverfahren

Erscheinungsjahr	1925
Benutzungsdauer	6 Jahre
Analog	Ja
Digital	Nein
Speichermedium	Schallplatte
Synchronisation	Mechanisch
Anzahl Kanäle maximal	1 (Mono)
Davon diskret	1
Anzahl Tonebenen	1 (Leinwand)
Skalierbar	Nein

Abb.15: Nadeltonverfahren Zusammenfassung



QR6: Nadelton Entwicklungsbaum

2 Lichtton

Die photographische Aufzeichnung von Schallwellen wird als Lichtton bezeichnet. Beim Lichttonverfahren wird der Ton neben dem Bild auf den Film aufgezeichnet, um so eine Synchronisation zu gewährleisten (vgl. McGee 2001: 228). Diese Aufnahmen werden im Tonprojektor mittels Lichtstrahl durchleuchtet und das durch den Film hindurchfallende Licht von einer Lichtempfindlichen Zellen aufgefangen. Dadurch wird der Lichtstrahl in elektrische Spannung gewandelt, welche wiederum verstärkt und über Lautsprecher wiedergegeben werden kann (vgl. Röwer 1957: 170). Grundsätzlich wird zwischen zwei Tonschriftarten unterschieden. Die Intensität- oder Sprossenschrift, bei der die Tonmodulationen durch unterschiedliche Grauwerte aufgezeichnet werden, und die Zackenschrift bei der nur die Zustände geschwärzt und nicht geschwärzt unterschieden werden. Bis heute ist der Lichtton ein angewantes Verfahren zur Schallspeicherung auf der Filmkopie.

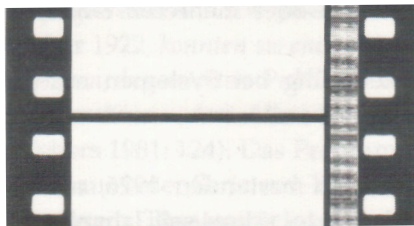


Abb.16: Sprossenschrift

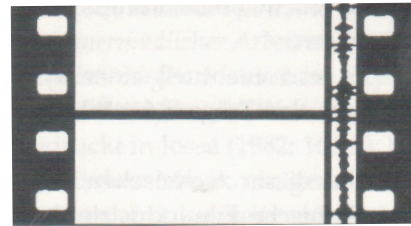


Abb.17: Doppelzackenschrift

Mit der Einführung des Movitone System 1927 durch die Fox-Film Corp. begann die Etablierung des Lichttons in der Filmindustrie. In den Jahren von 1927 bis 1931, als der Tonfilm in Hollywood eingeführt wurde, wurden bisherige Nadelton-Systeme durch Lichttonsysteme ersetzt (Flückiger 2017: 28-30). Im folgenden Kapitel wird die Entstehung und Etablierung des Lichttons dargestellt. Anschließend werden verschiedene Lichttonformate vorgestellt.

2.1 Frühe Lichttonexperimente

Die Entdeckung der elektrischen Lichtempfindlichkeit des Selen Elements 1873 schuf ein neues Forschungsgebiet und damit die Basis für die ersten Lichttonexperimente. Bevor an das neue Medium Tonfilm gedacht wurde beschäftigten sich die Erfinder bereits mit der photographischen Aufzeichnung von Tönen. Die ersten Lichttonexperimente basierten auf folgenden Schritten:

1. Umwandlung von Sprache in Lichtschwankungen. Durch eine Membran, die mit einer Lichtquelle verbunden war.
2. Umwandlung der Lichtschwankungen in elektrische Schwankungen. Mittels Selen Element als Opto-elektrischer Wandler.
3. Umwandlung der Stromschwankungen in Schallwellen. Mithilfe eines Telefonhörers (vgl. Jossé 1984: 35).

Ein erstes solches Experiment fand auf dem Gebiet der Telefonie statt. Mit dem **Photophon** gelang Alexander Graham Bell und Summer Tainter 1880 ein drahtloses Telefonat mittels Licht über eine Distanz von 200 Metern (Bellis 2019). Ebenso gelang Bell und Tainter die photographische Aufzeichnung von Tönen. Auf eine sich drehende Glasplatte wurde mithilfe einer Düse in Abhängigkeit von Schallschwingungen Tinte verteilt. Die Tinte sorgte dafür einen stetig einfallenden Lichtstrahl partiell abzudecken. Das durch die Glasplatte fallende Licht traf auf eine lichtempfindliche Scheibe. Dadurch entstand eine Aufzeichnung entsprechend der Schallschwingungen. Darüber hinaus erstellte Eli Whitney Blake eine Reihe von Tonfotografien. Diese zeigten den reflektierten Lichtstrahl, eines Spiegels, der durch Sprache in Schwingungen versetzt wurde (vgl. Kellogg 1955: 292). Den ersten Vorläufer eines Lichttonverfahrens datiert ein Patent aus dem Jahr 1883 des Engländers A.E. St. Georg. Es handelte sich dabei um eine lichtempfindliche Platte die sich in einem lichtdichten Gehäuse befand. Durch das Öffnen eine Blende wurde die Platte belichtet. Mit der Blende war eine Membran verbunden. Besprach man nun die Membran steuerte sie das einfallende Licht auf die Platte. So entstand eine Art Sprossenschrift. Die Wiedergabe erfolgte umgekehrt. Ein konstanter Lichtstrahl war auf die Platte gerichtet. Hinter der Platte befand sich eine Selenzelle deren Spannung sich je nach Lichteinfall änderte (vgl. Jossé 1984: 39).

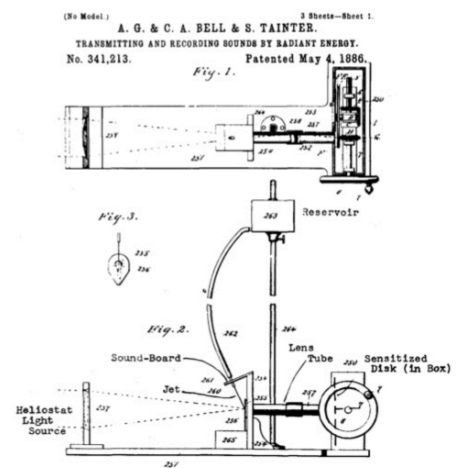


Abb.18: Bell Glasscheibe

Die hier beispielhaft dargestellten Lichttonexperimente unterschieden sich von späteren Versuchen dadurch, dass der Lichtstrahl mechanisch und nicht elektrisch moduliert wird. Außerdem war das Trägermedium plattenförmig und nicht linear. Dennoch entstanden so Grundlagen für spätere Lichttonexperimente.



2.1 Ton auf Film

Ernst Ruhmer gelang 1901 die erste erfolgreiche Lichttonaufzeichnung auf Film (vgl. Ristow 1993: 139). Ruhmer nutzte die Helligkeitsstreuung eines Lichtbogens, die durch die Umwandlung von Sprache in elektrische Impulse über ein Mikrofon entstanden, zur Aufnahme. Mit dem **Photographophone** gelang ihm so eine Intensitätsschrift. Darüber hinaus war eine Wiedergabe der Aufnahme durch eine Selenzelle möglich (Ruhmer: 1901). Der Fortschritt dieser Anordnung bestand darin, dass nun eine elektrische Lichtmodulation zur Aufnahme verwendet wurde. Außerdem wurde mit der Verwendung von Film ein lineares Speichermedium verwendet (Jossé 1984: 107).

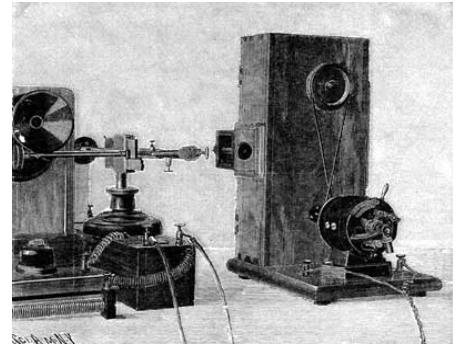


Abb.19: Photographophone

Den ersten Lichttonfilm stellte Eugène Augustin Lauste im Jahr 1910 her. 1906 meldete Lauste dazu ein erstes Patent an. Dieses Verfahren funktionierte noch wie die ersten Lichttonexperimente mittels Spiegel der den Lichtstrahl moduliert. Dieses System stellte sich als ungeeignet heraus und so verwendete Lauste nach Weiterentwicklung, unter anderem durch die Unterstützung von Ernst Ruhmer, seines Systems ab 1910 einen Saitenoszillographen zur Lichtstreuung. So gelangen ihm zufriedenstellende Lichttonaufnahmen. Das System wies jedoch Mängel auf bedingt durch den damaligen Stand der Technik. So war beispielsweise die Elektronenröhre die zur Verstärkung nötig war bereits erfunden jedoch noch nicht ausreichend verfügbar (vgl. Kellogg 1955: 293f).

Sven Berglund gelang 1921 die erste öffentliche Lichtton Vorführung (vgl. Jossé 1984: 150). Seine Arbeiten an einem Lichttonverfahren begangen 1906. Anfangs verwendete er eine Glasplatte die mit Lichtempfindlichen Emulsionen beschichtet war. Zur Wiedergabe wurde die Platte auf eine Chromgelatineschicht kopiert. Durch Quellung der unbelichteten Stellen wurde ein Relief der Tonkurve geschaffen. Von dieser Platte konnte eine Kupfermatrize hergestellt werden, welche dann über ein Grammophon abgespielt werden konnte. Außerdem gelang es Berglund Töne nach dem Intensitätsverfahren aufzuzeichnen, indem er den Lichtstrahl durch einen Graukeil fallen ließ. Zur Wiedergabe verwendete er in diesem Fall eine Selenzelle. Die Töne konnten dann über Telefonhörer gehört werden. Ab 1911 verwendete Berglund Filmband als Speichermedium (vgl. Jossé 1984: 119f). Durch die Zusammenarbeit mit dem Ernemann Werken AG 1922, hatte das Berglund System das Potential zu einem ausgereiften Filmtonsystem weiterentwickelt zu werden. Diese Weiterentwicklung scheiterte an Berglund selbst, der sich als nicht kooperationsfähig mit den Technikern der Ernemann Werke AG zeigte (vgl. Jossé 1984: 154f).

Keines der vorgestellten Systeme hat eine Marktreife erreicht. Mit der Verwendung von Film als Speichermedium wurden Ton und Bild vereint, wodurch eine synchrone Aufnahme und Wiedergabe gewährleistet ist.

2.3 Die Etablierung des Lichttons

Die letzte Stufe zur Etablierung des Lichttonverfahrens in der Filmindustrie wurde durch die Arbeiten der Tri Ergon Gruppe, der Zusammenarbeit von Le De Forest, Theodore W. Case und Earl I. Sponable, sowie den Arbeiten bei General Electrics und Western Electric gemacht.

Tri Ergon/Klangfilm GmbH

1918 begannen Josef Engl, Joseph Massel und Hans Vogt mit der Entwicklung eines Lichttonsystems das später unter dem Namen Tonbild Syndikat AG vermarktet wurde (vgl. Kellogg 1955: 294). In dreijähriger Entwicklungszeit wurden wegweisende Technologien für die spätere Lichttonentwicklung erfunden. Darunter zählen: Das Kathodphon, ein Mikrofon basierend auf dem Prinzip der Ionensstrommodulation. Eine eigenst entwickelte Verstärkerröhre. Eine Ultrafrequenzlampe zur Intensitätssteuerung des Lichts. Eine Fozelle zur Reproduktion der Lichttonaufzeichnung und das Statophon, ein Lautsprecher. 1922 fand die erste öffentliche Vorführung des Lichttonsystems, das aufgrund seines Aussehens auch „Kirche“ genannt wurde, statt (vgl. Ristow 1993: 142-148). 1925 wurde von der Sprachfilmabteilung der Ufa der erste Lichttonfilm Das Mädchen mit dem Schwefelhölzchen produziert. Aufgrund einer zu knappen Produktionszeit und einen teilweise nur wenig qualifizierten Stab wies der Film technische Mängel auf und sorgte für einen Misserfolg der Tonfilmeinführung (vgl. Jossé 1984: 208). Dies führte zur Beendigung der Forschungsarbeiten der Tri Ergon Gruppe. 1929 wurde durch die Firmen AEG und Siemens/Halske die Klangfilm GmbH gegründet die auf Basis der Tri Ergon Forschungsergebnisse den Lichtton weiter entwickelten. Ebenso erwarb Fox die Patentrechte. (Toeplitz 1979: 29).

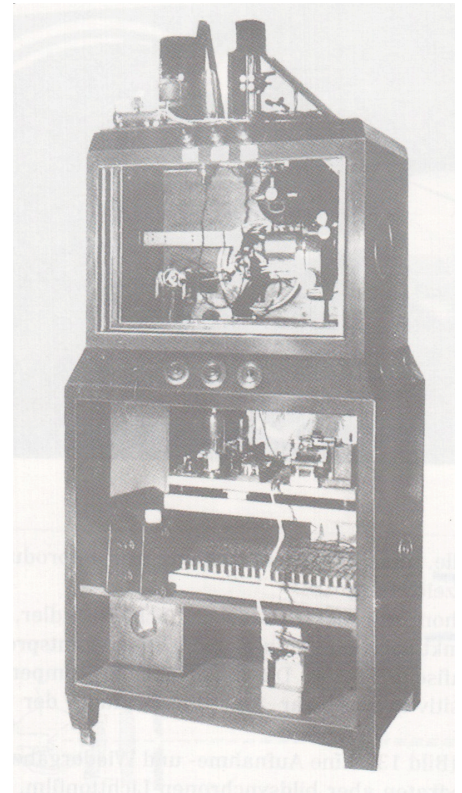


Abb.20: Die „Kirche“

Lee De Forest/Case/Sponable/Movitone

1906 erfand Lee De Forest die Audion genannte elektronische Verstärkerröhre (vgl. Jossé 1984: 128). 1919 begann De Forest an einem Lichttonverfahren zu arbeiten das er 1923 unter dem Namen **Phonofilm** vorstellte. Er experimentierte mit unterschiedlichen Aufnahme- und Wiedergabeverfahren. Zur Umwandlung der Töne in Lichtschwankungen benutzte er zunächst einen „singenden Flammenbogen“ (manometrische Flamme) später dann eine Glimmröhre, die durch besprechen abkühlte und dem entsprechend den elektrischen Widerstand veränderte. Zur besseren Wiedergabe benutzte er anstelle einer Selenzelle eine sensiblere Thalofide Zelle (vgl. Kellogg 1955: 294f). Ab 1922 arbeitet De Forest mit den Erfinder Theodor W. Case und E. I. Sponable zusammen. Die Zusammenarbeit wurde 1925 aufgelöst und De Forest beschäftigte sich nicht mehr mit dem Lichtton. Case und Sponable entwickelten das System weiter und führten es 1926 William Fox vor. Die Vorführung war erfolgreich und eine Zusammenarbeit zwischen Fox und Case und Sponable entstand. Aus dieser Zusammenarbeit entstand das **Movitone-System** (vgl. Jossé 1984: 228). Allerdings wurden hiermit zunächst keine Spielfilme produziert, sondern Nachrichten. 1927 wurde als erste Film Sunrise produziert (vgl. Dederichs 2009).



QR8: Phonofilm Beispiel



QR9: Movitone Newsreel

General Electrics/RCA Photophone INC

Die Anfänger der photographischen Tonaufzeichnung bei Genreal Electrics gehen auf die Erfindung eines photographisch aufzeichnenden Telegrafen von Charles A. Hoxie im Jahre 1920 zurück (vgl. Kellogg 1955: 299). Erste Tonaufnahmen wurden bereits im Jahr 1921 angefertigt. Das System bekam den Namen **Pallophotophon** und wurde anfänglich zur Aufzeichnung von Radiosendungen benutzt (vgl. Jossé 1984: 166). 1925 startete General Electrics ein Programm zur Entwicklung kommerzieller Ton-auf-Film-Geräte auf der Grundlage von Hoxies Arbeiten. Im Gegensatz zu den Phonofilm- und Movietone-Systemen, bei

denen die Intensitätsschrift angewendet wurde, verwendete das General Electrics-System ein schnell wirkendes Spiegelgalvanometer, um eine Sprossenschrift zu erzeugen. Im Jahr 1928 wurde RCA Photophone Inc. als Tochtergesellschaft von RCA (damals selbst eine General Electrics-Tochtergesellschaft) gegründet, um das so genannte Photophone-System kommerziell zu nutzen (vgk. Kellogg 1955: 299 - 301).

Western Electric

Bei Western Electric wurde neben den Forschungsarbeiten an einem Nadeltonverfahren, wodurch das Vitaphone entstand, parallel an einem Lichttonverfahren gearbeitet. Die beiden Systeme hatten identische Anforderungen an viele Elemente, insbesondere an Mikrofone, Verstärker und Lautsprecher (vgl. Kellogg 1955: 296). Das Western Electric System funktionierte ähnlich wie das Movietone-System, hatte aber eine bessere Klangqualität. Es arbeitete ebenfalls mit der Sprossenschrift, und bot einen Tonkanal. 1928 eingeführt, dominierte es die 30er-Jahre wurde dann aber bis in die 1950er Jahre vom RCA Photophon System abgelöst (vgl. Dederichs 2009).

Die Etablierung des Lichttons in der Filmindustrie ist mit zahlreichen Patentstreitigkeiten verbunden. 1930 wurde deswegen zwischen US-amerekanischen und europäischen Herstellern der Pariser Tonfilmfrieden vereinbart (vgl. Ristow 1993: 151). Das Abkommen beinhaltete ein Austausch von Patentrechten sowie die Einigung darüber Apparate eines jeden am Abkommen beteiligten Unternehmens zu verwenden. Des Weiteren sollte auf diese Weise die Kontrolle aller Beteiligten über den Tonfilmmarkt gesichert werden. Aufgrund des Forschungsvorspungs und des alle Details abdeckenden Patentschutzes, hatten in den ersten Jahren des Tonfilms andere Unternehmen keinen Chance sich auf dem Markt zu etablieren (vgl. Mühl-Benninghaus 1999: 175).



QR10: Pallophotophon



QR11: Pallophotophone Experiment



QR12: Western Electric Erklärung

2.4 Analog Lichtton Formate

In den 1930er- Jahren beginnen neben Forschungsarbeiten an der Verbesserung der Klangqualität des Lichttons auch Forschungen zur Stereowiedergabe im Kino und der dazu benötigten Technik (vgl. Bell 2002: 180). Alan Dower Blumlein entwickelte Mikrofonanordnungen zur räumlichen Wiedergabe und erstellt erste Stereofilme (vgl. Bartlett 1991: 191). Die Bell-Laboratorien demonstrierten 1933 eine Mehrkanal-Anordnung. Dazu wurden drei Mikrofone auf eine Bühne in Philadelphia installiert (links, Mitte, rechts). Entsprechend der Mikrofone wurden in Washington D. C. Lautsprecher aufgestellt. Drei Telefonleitungen übertrugen die Signale der Mikrofone. Ein Orchester und eine sprechende Person, die sich über die Bühne bewegte, zeigten die Verbesserung des Klangbildes durch Abbildung differenzierter Positionen im Raum (vgl. Flückiger 2017: 45). Mit Einführung von Breitbandformaten im Kino begann ebenso die Etablierung von Mehrkanal Ton Systemen im Kino (vgl. Kellogg 1955: 429f).

William E. Garity und J. N. A. Hawkins Entwickler des Fantasound System fassen die Mängel der damals herkömmlichen Systeme in folgenden Punkten zusammen:

1. Eingeschränkter Lautstärkebereich. Der eingeschränkte Lautstärkebereich herkömmlicher Aufnahmen ist für die Wiedergabe gewöhnlicher Dialoge und gelegentlicher Musik unter durchschnittlichen Theaterbedingungen angemessen zufriedenstellend. Symphonische Musik und dramatische Effekte werden jedoch durch übermäßiges Grundrauschen und Amplitudenverzerrungen spürbar beeinträchtigt.
2. Punkt-Schallquelle. Eine Punkt-Schallquelle hat bestimmte Vorteile für die Wiedergabe von Mono-Dialogen mit Aktionen, die auf die Mitte des Bildschirms beschränkt sind. Musik und Effekte leiden jedoch unter einer Form der akustischen Phasenverzerrung, die nicht vorhanden ist wenn der Ton von einer breiten Quelle kommt.
3. Behobene Lokalisierung der Tonquelle in der Bildschirmmitte. Die Einschränkungen des Einkanal-dialogs haben die Entwicklung einer Kamera- und Schnitttechnik erzwungen, die auf Aktionen in der Bildschirmmitte basiert. Ein Drei-Kanal-System, das die Lokalisierung außerhalb der Bildschirmmitte ermöglicht, hebt diese Ein-Kanal-Beschränkung auf.
4. Feste Schallquelle. In der Live-Unterhaltung sind praktisch alle Schallquellen im Raum festgelegt. Alle Bewegungen, die auftreten, erfolgen langsam. Es wurde festgestellt, dass das Ergebnis sehr dramatisch und wünschenswert sein kann, wenn die Schallquelle künstlich dazu gebracht wird, sich schnell im Raum zu bewegen (vgl. Garity/Hawkins 1941) .



QR13: Blumlein Stereofilm

2.4.1 Fantasound

1940 erschien mit Fantasia der erste Mehrkanal Film. Das Master bestand aus vier Spuren, die auf vier parallel laufende 35mm Lichttonfilme kopiert wurden. Drei davon waren Tonspuren. Die vierte war eine Steuerspur, die die Lautstärke der drei anderen Spuren definierte. (vgl. McGee 2001: 93f; Flückiger 2017: 45f). Diese vier Spuren entstanden aus der Mischung anderer Spuren. So wurde die Filmmusik mit 33 Mikrofonen auf acht separaten Spuren aufgenommen und anschließend zusammen gemischt (vgl. Garity/Hawkins 1941: 13). Grundsätzlich wurden vier Lautsprecherpositionen benutzt, links, rechts, Mitte und ein Effektkanal an der Rückseite des Kinos (vgl. Flückiger 2017: 46). Das System erforderte eine aufwändige Installation die nur in wenigen Kinos eingesetzt wurde (Es gibt verschiedene Angaben zwischen zwei bis hin zu zehn Kinos in den USA). Dadurch wurde es nach einem Jahr bereits eingestellt (vgl. McGee 2001: 93f).

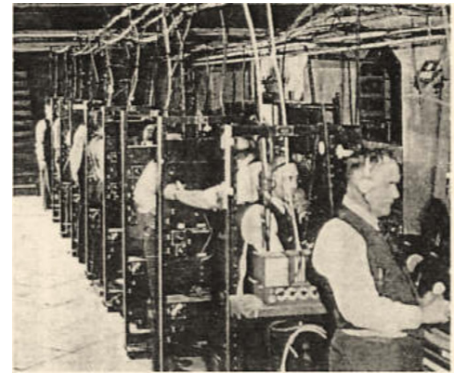


Abb.21: Acht Aufnahmekanäle
Es gibt verschiedene Angaben zwischen zwei bis hin zu zehn Kinos in den USA).

2.4.2 Vitasound

Zur selben Zeit wie das Fantasound System wurde das Vitasound System von Warner Bros. entwickelt um eine breite Klangquelle und einen größeren Dynamikbereich für Musik und Effekte zu bieten. Dazu wurde eine weitere Spur neben dem Lichtton angelegt. Diese Spur war eine Steuerspur die zusätzliche Verstärker anschalten konnte. Diese Verstärker speisen insgesamt drei Lautsprecher, links, Mitte und rechts. Der Dialog wurde über den mittleren Lautsprecher wiedergegeben. Musik und Effekte wurden über den linken und rechten Lautsprecher in Mono wiedergegeben. Im Vergleich zum Fantasound System war das Vitasound System kein Stereo System (vgl. McGee 2001: 262).

2.4.3 Perspecta Stereophonic Sound

Perspecta Stereophonic Sound war ein pseudostereophonisches Verfahren das 1953 entwickelt wurde. Es bestand aus einer herkömmlichen Mono Lichttonspur auf die drei tieffrequente Signale aufkopiert wurden. Diese Signale steuerten die Zuordnung der Monospur zu den jeweiligen Lautsprechern (30 Hz rechts, 35 Hz Mitte, 40 Hz links) (vgl. Flückiger 2017: 49f). Auf diese Weise konnte der Ton der Bewegung auf der Leinwand folgen. Im Vergleich zu den Magnettonverfahren zu dieser Zeit hatte Perspecta Stereophonic Sound ökonomische Vorteile. Der Mischprozess war schneller und die fertigen Filmkopien waren günstiger (vgl. McGee 2001: 188).

2.4.4 Dolby Stereo

Ray Dolby gründete 1965 Dolby Laboratories, Inc. und entwickelte unter dem Namen Dolby A-type noise reduction das erste Audiokompressions und Wiedergabe System der Firma welches bei professionelle Audioaufnahmen das Hintergrundrauschen stark verringerte. 1970 wurden erste Schritte unternommen das Dolby-System auch im Kino mit dem bereits vorhandenen Equipment der Kinos zu implementieren. Erste Versuche mit einer besseren Rauschunterdrückung des optischen Tons auf einer 35mm Filmkopie waren zwar ein Erfolg, die Tonwiedergabe war aber zu dem Zeitpunkt immer noch in Mono. 1975 gelang es Dolby mit der Einführung von Dolby-Stereo zwei separate Tonspuren, anstatt einer Mono Tonspur, auf einer 35mm Filmkopie zu platzieren. Dieser Film konnte zudem auf älteren Geräten abgespielt werden. Durch die zwei Spuren links, rechts, Mitte und ein Surround Kanal bespielt werden (vgl. McGee 2001: 76 -78). Ab 1979 wurde jeweils ein Surround Kanal für Surround links und Surround rechts hinzugefügt (vgl. Rubin 2006: 224).

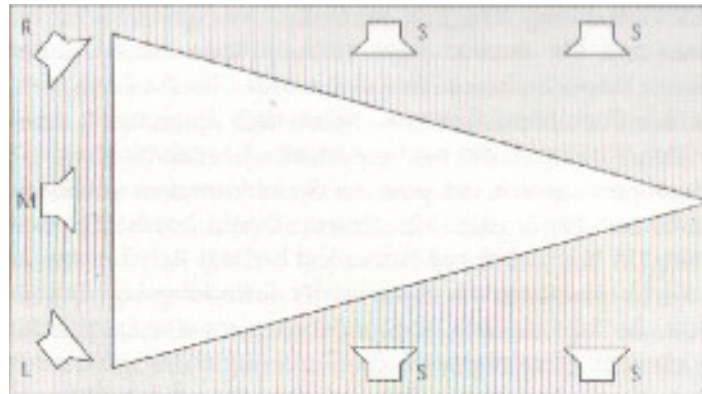


Abb.22: Vier Kanal Dolby Stereo

2.4.5 Dolby Spectral Recording

1987 erschien Dolby Spectral Recording, das eine gegenüber Dolby Stereo verbesserte Tonqualität bot, aber auch auf Dolby Stereo-Systemen abgespielt werden konnte (vgl. McGee 2001: 77).

Mit Dolby Spektral Recording soll der Lichtton nach Flückiger die Qualität des Magnettons erreicht haben (vgl. Flückiger 2017: 52).

2.5 Digitale Lichtton Formate

Anfang der 90er Jahre begann die Umstellung auf den digitalen Lichtton. Beim digitalen Lichttonverfahren werden auf einen Filmstreifen digitale Informationen von einem Fotoempfänger ausgelesen und dann von einem Dekoder zu Tonsignalen umgewandelt. Diese Verfahren erlauben mehr Kanäle, eine höhere Dynamik und geringere Anfälligkeit von Beschädigungen gegenüber dem analogen Verfahren.

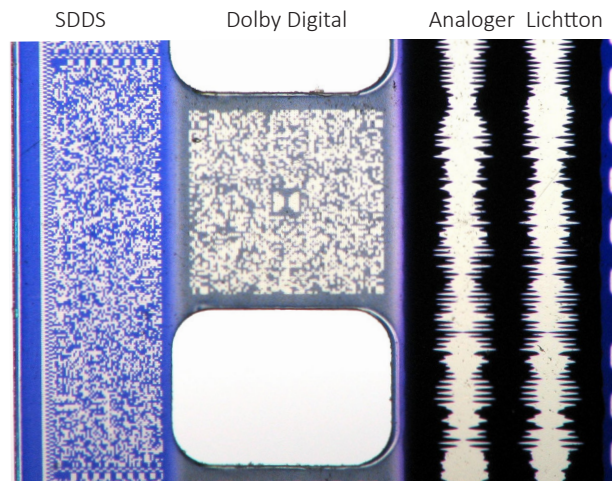


Abb.23: Digitaler Lichtton

2.5.1 Cinema Digital Sound

1990 wurde mit Cinema Digital Sound das erste kommerziell verfügbare digitale Lichttonverfahren angeboten. Es verfügte über sechs Wiedergabekanäle: links, Mitte, rechts, links surround, rechts surround und LFE. Das 16 Bit System wurde nach drei Jahren wieder vom Markt genommen. Es war nicht vorgesehen eine analoge Tonspur beizubehalten, daher entschieden sich die Kinos für andere Systeme (vgl. McGee 2001: 60).

2.5.2 Dolby Digital

Dolby Digital wurde 1991 eingeführt und verfügt über sechs Wiedergabekanäle (links, mitte, rechts, links surround, rechts surround und LFE) die zwischen den Transportlöchern auf den Film kopiert werden. Neben der digitalen Lichttonspur befindet sich eine analoge Spur auf der Filmkopie. Dadurch ist Dolby Digital auch abwärtskompatibel. Darüber hinaus dient die analoge Lichttonspur als Sicherheitsmaßnahme, falls der Digitalton ausfällt (vgl. McGee 2001: 76).

2.5.3 Sony Dynamic Digital Sound

1993 wurde Sony Dynamic Digital Sound eingeführt. Der digitale Lichtton wird dabei an den beiden Seiten der Filmkopie aufgezeichnet. Sony Dynamic Digital Sound bietet acht Wiedergabekanäle: links, halblinks, Mitte, halbrechts, rechts, links surround, rechts surround und LFE. Ebenfalls wurde eine Dolby Spectral Recording Spur integriert (vgl. McGee 2001: 214).

2.5.4 Dolby Digital Surround EX

Dolby Surround Ex ist ein 6.1 Format das 1999 als Erweiterung zu Dolby Digital eingeführt wurde. Als sechster Kanal steht dazu ein Lautsprecher an der Rückwand des Kinos zur Verfügung (vgl. Schiele).

2.6 Fazit Lichtton

Im Gegensatz zum Nadeltonverfahren konnten die Erfinder des Lichttonverfahrens nicht auf ein bereits funktionierendes Tonaufnahmegerät aufbauen. So mussten die Erfinder wesentliche Bauteile zunächst erarbeiten. Erfindergruppen schlossen sich zusammen und vereinigen so verschiedene Expertisen. Kommerzielle Systeme wurden von Elektrokonzernen vermarktet, die selbstständig Systeme erarbeiteten, Patentrechte erwarben oder mit Erfindern zusammenarbeiteten. Die bereits beim Nadeltonverfahren erkennbare Tendenz hin zum Spezialsiten ist auch beim Lichttonverfahren erkennbar. Gegenüber dem Nadeltonverfahren bot das Lichttonverfahren entscheidende Vorteile. Bild und Ton wurden Synchron gespeichert. Dies vereinfachte die Aufnahme und Wiedergabe. Außerdem wurde es möglich den Ton zu editieren. Des Weiteren wurde die Spieldauer nicht mehr durch ein zweites Speichermedium begrenzt. Im Gegensatz zur Schallplatte ist das Medium Film robuster und langlebiger. Darüber hinaus sind Kopien kostengünstiger herzustellen. Durch die Dolby Rauschunterdrückungssysteme wurde der Lichtton klanglich verbessert und bis zur Einführung der digitalen Formate Standard der analogen Tonwiedergabe im Kino. Die Weiterentwicklung zum digitalen Lichtton sorgte erneut für klangliche Verbesserungen sowie die Möglichkeit weitere Kanäle zu bespielen.

Lichttonverfahren

Erscheinungsjahr	1927
Benutzungsdauer	87 Jahre
Analog	Ja
Digital	Ja
Speichermedium	Film
Synchronisation	Bild und Ton auf einem Medium
Anzahl Kanäle maximal	6 (6.1)
Davon diskret	analog 2, digital 6
Anzahl Tonebenen	2 (Leinwand und Surround)
Skalierbar	Nein

Abb.24: Lichttonverfahren Zusammenfassung



QR14: Lichtton Entwicklungsbaum

3. Magnetton

Das Grundprinzip des Magnettonverfahrens ist die dauerhafte Magnetisierung eines Tonträgers. Dazu wird ein magnetisierbarer Tonträger an einem Aufnahmekopf vorbei geführt. Der Aufnahmekopf erzeugt ein magnetisches Wechselfeld, welches den Tonträger bleibend magnetisiert. Wird dieser Tonträger nun an einem Wiedergabekopf vorbeigeführt, wird durch Induktion das Signal reproduziert. Als Tonträger wird zum einen das Magnetband verwendet und zum anderen, hauptsächlich im Bereich der Bildsynchronen Aufzeichnung, der Magnetfilm (vgl. Dickreiter 1997: 6-8). Dabei wird zwischen ComMag (combined magnetic sound), die Toninformationen werden zusammen mit dem Bild auf einen Film aufgezeichnet (vgl. Zu Hünigen 2012), und SepMag (separate magnetic sound), die Toninformationen werden auf einen separaten Tonträger aufgezeichnet (meistens Magnetfilm), unterschieden (vgl. Schlichter 2012).

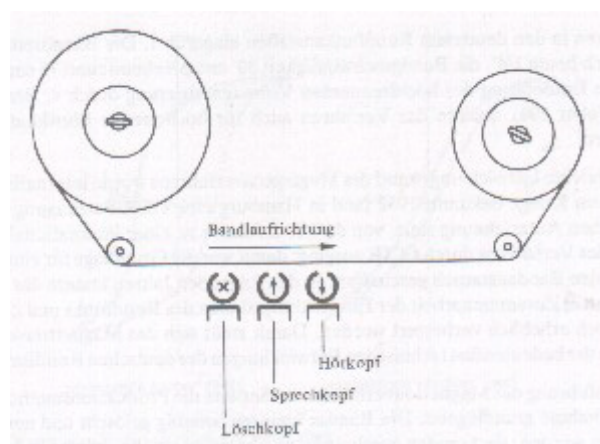


Abb.25: Magnetische Speicherprinzip

3.1 Die Erfindung des Magnettons und die ersten Geräte

Bereits 1878 formulierte Oberlin Smith, angeregt durch die Unvollkommenheit des Phonographen, die Grundlagen der magnetischen Tonaufzeichnung. Sein Vorschlag war es dünne Stahldrahtabschnitte in einen Baumwollfaden einzuspinnen. Dieser sollte dann mit konstanter Geschwindigkeit transportiert und magnetisiert werden. Smith beantragte jedoch kein Patent und führte seine Arbeiten nicht weiter fort (vgl. Engel 2002: 188f). 1898 entwickelte Valdemar Poulsen ein erstes funktionsfähiges Magnettongerät. Er benutzte dazu ein Telefon als Mikrofon um den Schall in elektrische Signale zu wandeln. Die Signale des Telefons wurden zu einem Elektromagneten geleitet. Dieser erzeugte ein schwankendes, elektromagnetisches Feld, entsprechend der Tonsignale. Wenn nun ein Metalldraht an dem Elektromagnet vorbei gezogen wurde, wurde der Draht entsprechend der Schwankungen der Länge nach magnetisiert. So wurde die Schwankung des Magnetfeldes, also die Tonsignale, gespeichert. Die Wiedergabe funktionierte umgekehrt. Durch Induktion werden durch den Elektromagneten die zuvor aufgenommenen Tonsignale wieder in elektrische Spannung gewandelt. Mittels Telefonhörer konnten diese wieder gehört werden. Das Gerät bekam den Namen **Telegraphon** und wurde 1900 auf der Weltausstellung in Paris der Öffentlichkeit vorgestellt (vgl. Morton 2004: 50f). In Deutschland wurde Poulsens Telegraphon von Mix & Genest vermarktet und weiterentwickelt, in den USA von The American Telegraphone Company. Poulsen selbst wandte sich ab 1902 anderen Projekten zu. Bis in die 1920er wurde das Telegraphon in verbesserten Varianten produziert. Unter anderem wurde 1907 die Gleichstrom-Vormagnetisierung zur Qualitätsverbesserung patentiert, welche zum technischen Standard der nächsten Jahre wurde (vgl. Engel 2002: 189). Curt Stille arbeitete an einer Verbesserung des Telegraphon und so entstand das Diktiergerät **Dailygraph**. Als Verbesserung entwickelte Stille eine automatische Aussteuerung für das Aufzeichnen von Telefonaten sowie eine abnehmbare Kassette. Der Dailygraph wurde von Semi Joseph Begun weiterentwickelt und später unter den Namen **Textophon** verkauft (vgl. Morton 2002: 111 - 113).

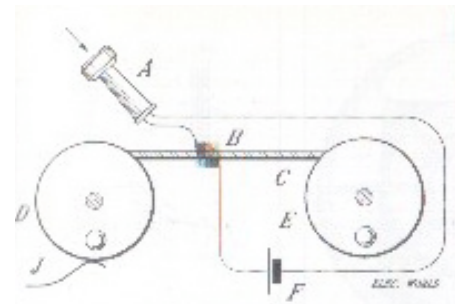


Abb.26: Smith Skizze

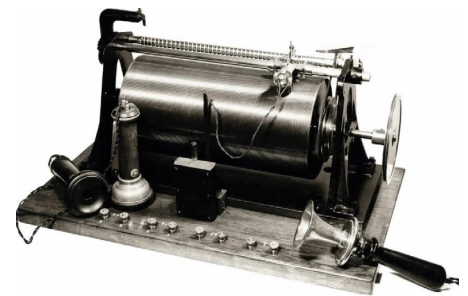


Abb.27: Telegraphon 1900

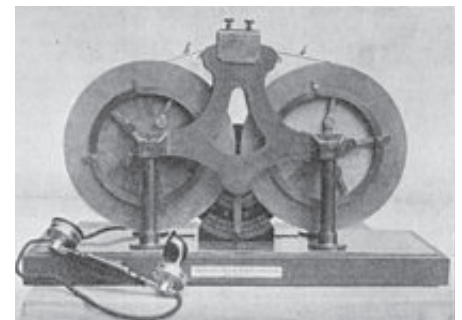


Abb.28: Telegraphon Mix & Genest

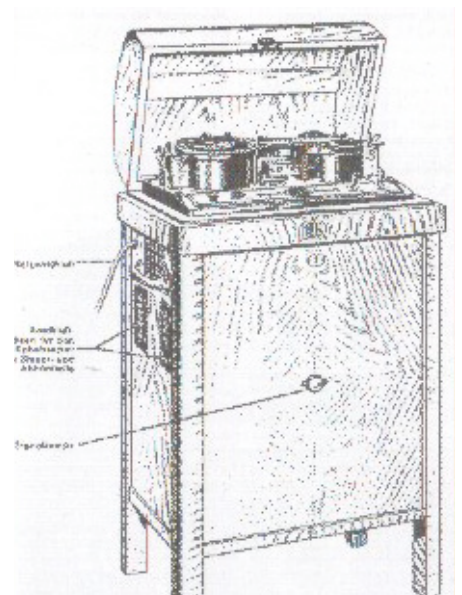


Abb.29: Textophon



QR15: Aufnahme Telegraphon

3.2 Das Blattnerphon

Mit Aufkommen des Tonfilms suchte der Filmproduzent Ludwig Blattner nach einer Alternative zu den teuren lizenzpflichtigen Tonfilmverfahren. Durch eine Zusammenarbeit mit Stille entstand das Blattnerphon. Anstelle eines Stahldrahtes wurde ein 6mm breites Stahlband verwendet. Mithilfe des Blatternofons wurden erste Magnettonfilme hergestellt. Dabei waren die Abwickelspulen von Film und Magnetband mechanisch verkoppelt wodurch eine einfache Synchronisation entstand. 1929 erwarb Blattner die Rechte zur Auswertung von Stille. Durch eine zu große Konkurrenz von RCA Photophon und Western Electric hatte das Blattnerphon als Tonfilmgerät keine Chance. Stattdessen wurde das Blattnerphon im Rundfunk von der BBC eingesetzt. 1933 verkaufte Blattner die Rechte an dem Blattnerphon an die Marconi Ltd. Diese brachten auf Grundlage des Blatternophons 1935 das Marconi-Stille-Stahlbandgerät MSR 3 heraus welches noch bis in die 50er Jahre bei der BBC eingesetzt wurde (vgl. Engel 2002: 192-199).

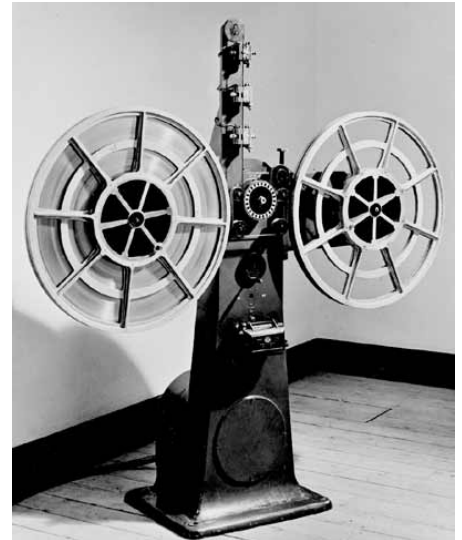


Abb.30: Blattnerphon

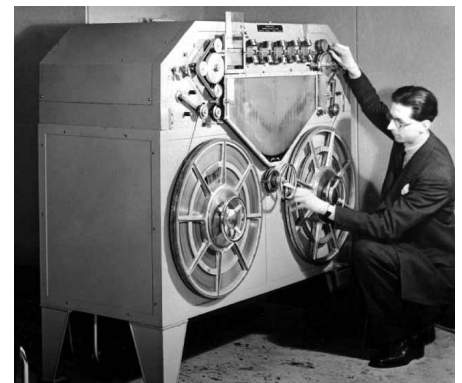


Abb.31: Marconi-Stille-Stahlbandgerät MSR 3



QR16: Blattnerphon

3.3 Magnetband und Magnetfilm

1928 erhielt Fritz Pfeleumer ein Patent für ein Magnetband. Durch ein Klebverfahren das Pfeleumer entwickelte befestigte er Eisenpulver auf einen Papierstreifen. Dieses Verfahren versprach sich gegenüber dem herkömmlichen Stahldraht und Stahlband als kostengünstiger. Außerdem konnten die Aufnahme geschnitten werden (vgl. Engel 2002: 203). Pfeleumer selbst baute zu seinem Magnetband ein entsprechendes Magnettonbandgerät. 1932 entstand eine Zusammenarbeit zwischen AEG und Pfeleumer. Um Chemische Probleme zur Verbesserung des Magnetbandes zu lösen entstand eine Zusammenarbeit mit der IG Farben. 1935 wurde das Magnetophon K1 vorgestellt. Das Magnetband als Speichermedium setzte sich von Anfang an gegen den Stahldraht und das Stahlband durch. Zukünftige Rekorder in Deutschland wurden nur noch für Magnetband entwickelt (vgl. Thiele 1993: 164-170). In den 1940er Jahren wurde anstelle von Papier PVC als Träger verwendet (vgl. Engel 2002: 235f). 1940 wurde die Gleichstrom-Vormagnetisierung von der Hochfrequenz-Vormagnetisierung ersetzt (vgl. Thiele 1993: 172). Dabei werden am Aufzeichnungskopf ein Hochfrequenz-Magnetfeld und das vom elektrischen Signal erzeugte Magnetfeld überlagert (vgl. Spektrum). Dadurch entsteht ein höherer Dynamikumfang (bis 58db) und ein besserer Frequenzgang (30 bis 10000Hz) (vgl. Redlich). Um die klanglichen Vorteile der Hochfrequenz-Vormagnetisierung auch für den Filmtone zu nutzen begann in den 1940er Jahren die Arbeiten an dem Magnetfilm (Engel 1993: 226). Beim Magnetfilm wird anstelle eines PVC Bandes ein Film mit Eisenoxyd beschichte (vgl. Hüniger 2012).

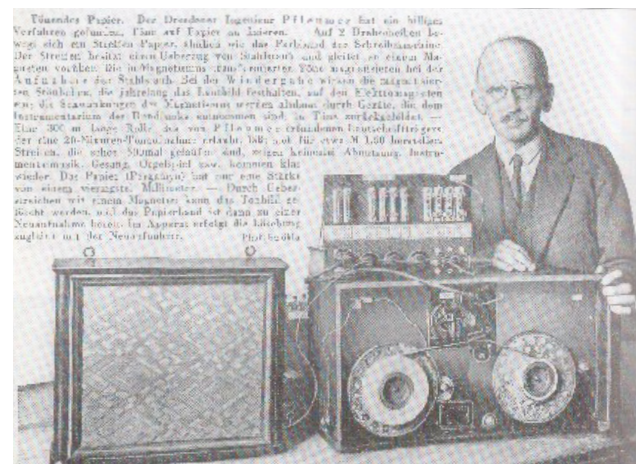


Abb.32: Pfeleumer Magnettonbandgerät

3.4 Der Magnetton in Hollywood

Mit Ende des zweiten Weltkriegs wurden die deutschen Magnettonfortschritte in den USA übernommen. 1946 wurde mit dem Magnettrack System von John T. Mulis das erste Magnetophon rekonstruiert. Dies führte zur Ablösung der noch zuvor hergestellten Drahtthongeräten (vgl. Engel 2002: 241-243). Im gleichen Jahre wurde in Hollywood über den Einsatz von zukünftigen Verfahren in der Filmproduktion der Entschluss getroffen Magnetton zu verwenden (vgl. Morton 2004: 124). Zu den Vorteilen gegenüber dem Lichtton zählten unter anderem geringere Material Kosten, sowie die Wiederverwendbarkeit des Magnetbandes oder Magnetfilm und die sofortige Abhörmöglichkeit (vgl. Engel 2002: 245). Der Magnetton wurde hauptsächlich in der Produktion eingesetzt. RCA und Western Electric begann ende der 1940er Jahre Magnetfilm-Kameras für die Filmindustrie herzustellen. Die Cutter Anfang der 1950er verweigerten es mit dem Magnetton zu arbeiten da es im Gegensatz zum Lichtton nun nichtmehr möglich war Tonschnitte anhand eine optisch sichtbaren Wellenform zu machen. Daher wurden die Magnettonaufnahmen zum Schneiden auf Lichttonfilm kopiert. Ebenso wurden die Vorführversionen fürs Kino mithilfe des Lichttonverfahrens wiedergegeben (vgl. Morton 2004: 125f).

3.5 Magnetton Formate

Anfang der 50er Jahre suchte die Filmindustrie nach neuen Formaten für das Kino, da durch das Fernsehen eine zunehmende Konkurrenz entstanden ist. So wurden wieder Breitwandformate eingeführt. Im Zuge dessen sollte auch Mehrkanalton eingesetzt werden (vgl. Engel 2002: 247). Dazu wurden neben Lichttonverfahren auch Magnettonverfahren eingesetzt.

3.5.1 Cinerama

Cinerama kam 1952 auf den Markt. Für die Tonwiedergabe wurden sechs Magnettonsspuren verwendet. Fünf dieser Spuren speisten fünf Lautsprecher hinter der Leinwand. Die sechste Tonspur speiset an den Seiten des Kinos angebrachte Surround Lautsprecher (vgl. Kellogg 1955: 431). Die sechs Spuren wurden auf einen separaten Filmstreifen, der synchron zu den Bildprojektoren lief, gespeichert. Aufnahmen wurden mittels sechs Mikrofonen am Set gemacht. Cinerama war das erste Stereo Format im Kino (vgl. McGee 2001: 60f).

3.5.2 Cinemascope

Beim Cinemascope Format wurden vier Magnettonspuren als dünne Streifen an den Rändern der Filmkopie überspielt. Diese vier Spuren speisten jeweils einen der vier Lautsprecherkanäle links, Mitte, rechts und Effektkanal. Zu Aufnahmen wurden drei Mikrofone genau wie die Lautsprecher angeordnet um so ein Stereobild zu erzeugen. Neben den Magnettonspuren verfügte das Format auch über eine Mono Lichttonspur als Reserve. (vgl. Kellogg 1955: 430f). Das Cinemascope Format wurde 1953 eingeführt (vgl. Engel 2002: 247).

3.5.3 TODD-AO

TODD-AO wurde 1955 eingeführt und war eine Weiterentwicklung des Cinerama. Sechs Magnettonspuren boten sechs Kanäle: links, links mitte, Mitte, rechts mitte, rechts und einen Effektkanal. Auf 70mm Film wurden die Magnetspuren jeweils links und rechts angebracht. Gegenüber dem Vierkanal Format hatte TODD-AO den Vorteil, dass das Stereobild entsprechend der Bewegung auf der Leinwand dargestellt werden kann (vgl. Flückiger 2017: 49). Bis in die 70er Jahre war das TODD-AO Format den Lichtton Formaten klanglich überlegen. Mit Einführung von Dolby Spectral Recording und schließlich der digitalen Formate in den 90er waren die Qualitätsvorteile des Magnettons aufgebraucht (vgl. Engel 2002: 248f).

3.5.4 Dolby Stereo 6 Track

1976 wurde neben dem Dolby Stereo Lichttonformat auch ein Magnettonformat für 70mm Film eingeführt. Das Format enthält die selben Wiedergabekanäle wie Dolby Stereo. (vgl. Nowell-Smith 1996: 484).

3.6 Fazit Magnetton

Obwohl das Magnettonverfahren klanglich und in der Anzahl der Kanäle dem Lichtton überlegen war, konnte es sich nicht durchsetzen. Gründe dafür sind zum einen der komplizierte Kopiervorgang. Erst wurde der Film kopiert und anschließend die Magnetspuren. Zum anderen die hohe Empfindlichkeit. Die Magnetspur kann durch ein Magnetfeld oder ein Gleich- bzw. Wechselstromfeld jederzeit gelöscht werden. Darüber hinaus war der Einsatz eines Magnettonsystems mit hohen Kosten verbunden. In der Produktion hingegen eröffnete der Magnetton, neben der besseren Klangqualität, neue Möglichkeiten wie zum Beispiel Mehrkanalaufnahmen, Wiederbespielbarkeit der Tonbänder und sofortige Abhörmöglichkeit.

Magnettonverfahren

Erscheinungsjahr	1952
Benutzungsdauer	40 Jahre
Analog	Ja
Digital	Nein
Speichermedium	Magnetstreifen auf Film
Synchronisation	Bild und Ton auf einem Medium
Anzahl Kanäle maximal	6
Davon diskret	6
Anzahl Tonebenen	2 (Leinwand und Surround)
Skalierbar	Nein

Abb.33: Magnettonverfahren Zusammenfassung



QR17: Magnetton Entwicklungsbaum

4. Digitalton

Mittels A/D Wandler wird ein analoges Signal in ein digitales Signal umgewandelt. Dabei wird das analoge Signal in einer bestimmten Frequenz (der Abtastrate) abgetastet. So wird aus dem zeitkontinuierlichen Signal ein zeitdiskretes Signal. Jeder dieser Abtastpunkte wird entsprechend der Amplitude des analogen Signals als digitaler Wert gespeichert. Dadurch wird aus dem wertkontinuierlichen Signal ein wertdiskretes Signal. Dieser Vorgang wird als Quantisierung bezeichnet. Mittels D/A Wandler wird das digitale Signal wieder in ein analoges Signal gewandelt (vgl. Dickreiter 1997: 271). Die am häufigsten eingesetzte Methode zur Quantisierung ist die Multibit-Quantisierung. Dabei wird der Abtastwert mit dem nächstgelegenen verglichen und der Spannungswert dementsprechend gerundet. So kann das analoge Signal als binäre Zahl dargestellt werden. Wie viele Werte so dargestellt werden können, hängt von der Anzahl der Quantisierungsstufen ab. Diese wird durch die Anzahl der Bit bestimmt. Je kleiner die Bit Anzahl ist, desto größer ist der Quantisierungsfehler, welcher als Rauschen wahrgenommen wird. Das Ergebnis der Multibit-Quantisierung wird als Pulse Code Modulation bezeichnet (vgl. Gröne 2011: 169f).

4.1 Rekorder und Digital Audio Workstation

Mit dem Einsatz von Computertechnik Anfang der 1980 Jahre beginnt die Digitalisierung der Filmindustrie (vgl. Ringler 2009: 27). Mit dem kommerziellen Erfolg der **CD** wurde der Filmtone digital (vgl. Belton 2003: 8). Die CD wurde 1982 von Sony und Phillips eingeführt. Die dazu grundlegend benötigte Technologie der **Pulse Code Modulation** wurde bereits in den 1930er Jahren zur Übertragung von Telefonsignalen erfunden und eingesetzt (vgl. Morton 2004: 172). Die ersten digitalen Tonaufzeichnungen mit **digitalen Rekordern** fanden in den 1960er Jahren statt. Zu dieser Zeit wurden zur digitalen Speicherung Magnetbänder eingesetzt. Der erste digitale Rekorder sowie der erste professionelle digitale Audioprozessor wurde in den 1970er Jahren von der Firma Sony eingeführt (vgl. Sony o.D). 1983 wurde auf der internationalen DAT-Konferenz der Standard des DAT-Formats spezifiziert, wodurch das **Digital Audio Tape** zum Standard in Tonstudios wurde (vgl. Altendorfer 2006: 373). Firmen wie Fostex stellten in den 1990er Jahren mobile **DAT-Rekorder** für den Einsatz am Filmset her (vgl. Fostex o.D). Neben DAT gab es DASH (Digital Audio Stationary Head) und PD (PRO-DIGI) als weitere digitale Magnetbandspeicher (vgl. Kefauver & Patschke 2007: 91-97). Diese wurden beispielsweise von der Firma Nagra verwendet (vgl. Nagra o.D). Mitte der 1990er wurden mit Einführung der **Compact Flash** die ersten Rekorder hergestellt, die Speicherkarten verwendeten. Die ersten Flashkarten Rekorder konnten bis zu 6 Stunden Audio aufnehmen (vgl. Westerndigital o.D; Nagra o.D). Im Jahr 2019 wurde von Western Digital die erste 1 TB micro SD-Karte vorgestellt. Damit lässt sich bis zu 1616 Stunden (67 Tage) digitales Audio auf einer Größe von 11mm mal 15mm speichern (vgl. Westerndigital o.D). Durch die Weiterentwicklung der digitalen Speichermedien wurde es auch möglich, mehr Kanäle mit immer kleiner werdenden Rekordern aufzunehmen. Ein Beispiel dafür ist der 2006 eingeführte **Zoom H4** (vgl. Zoom o.D). 1992 wurde der **Nagra DII** (als Speichermedium wurde DASH oder PD verwendet) eingeführt und konnte 4 Kanäle aufnehmen (vgl. Nagra o.D). Mit dem 2014 von der Firma Sound De-

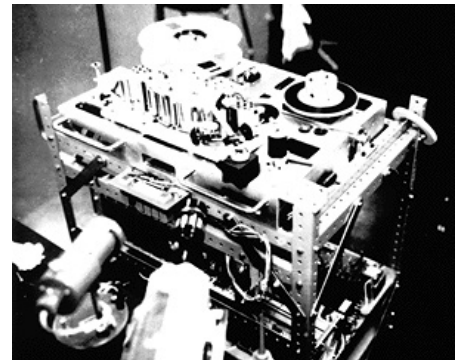


Abb.34: Sony's erster digitaler Audiorekorder X-12DTC



Abb.35: Fostex PD-2 DAT Rekorder

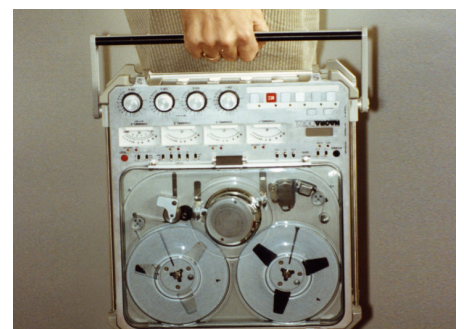


Abb.36: Nagra DII DASH und PD Rekorder

vices eingeführten **970 Rekorder** ist es möglich bis zu 64 Spuren aufzunehmen (vgl. Sound Device o.D). Mit Rekordern wie dem **Reclouder** wird aktuell an Cloud basierten Audio Rekordern gearbeitet (vgl. Reclouder o.D).



Abb.37: Sound Devices 970



Abb.38: Zoom H4

1984 wurde mit **Sound-Droid** von Industrial Light and Magic (Lucasfilm) das erste nonlineare Schneide-System vorgestellt (vgl. Ringler 2009: 163). Mit dem Sound-Droid war es bereits möglich, wie bei heutigen DAW's, Tonschnipsel aus einer digitalen Sound Library per „drag and drop“ zu importieren. Darüberhinaus war es möglich, mit einem berührungsempfindlichen Display, die Tonspur zu editieren und digital nachzubearbeiten. Ebenso wurde die Wellenform der Tonspur grafisch, entsprechend der Lautstärke, angezeigt (vgl. Rubin 2006: 44-446). Die Arbeiten an dem Sound-Droid wurden 1886 wieder eingestellt bevor der Sound-Droid das Versuchsstadium verlassen konnte (vgl. Rubin 2006: 471).

1984 wurde der Sample-Editor Sound Designer veröffentlicht. Daraus wurde 1989 die Recording-Software Sound Tools und 1991 **Pro Tools** (vgl. Hau o.D). Die erste Version konnte vier Spuren bearbeiten. Die aktuelle Pro Tools Version Pro Tools Ultimate ermöglicht die Bearbeitung von 384 Spuren. Ebenso bietet Pro Tools cloudbasiertes speichern sowie arbeiten (vgl Avid o.D).

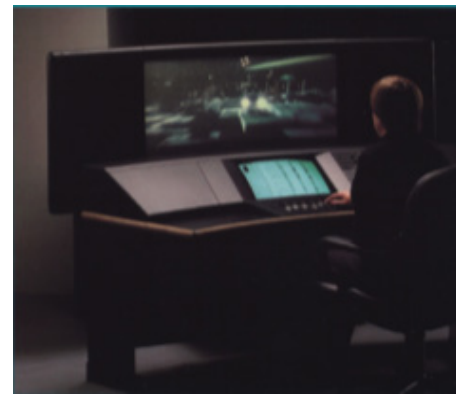


Abb.39: Sound-Droid

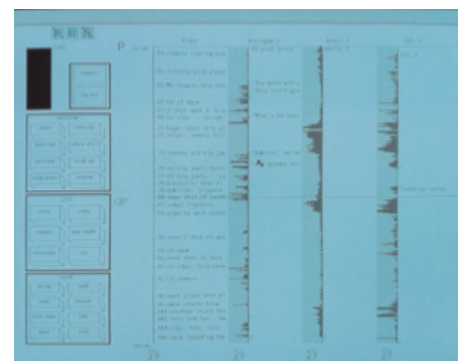


Abb.40: Sound-Droid Interface



Abb.42: Sound Tools

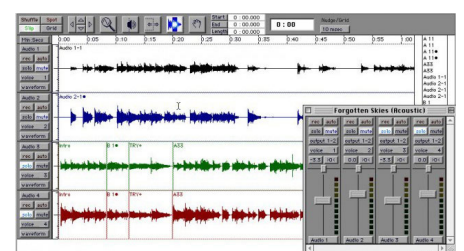


Abb.41: Pro Tools 1.1 Interface

4.2 Digitale Formate

Mit der Einführung von digitalen Filmprojektoren begann Ende der 1990 Jahre das Kino digital zu werden (vgl. Ballou 2015: 296). Der digitale Ton wurde über externe Digitalrekorder synchron zum Bild abgespielt (vgl. Belton 2003: 19). Mit der Einführung des Digital Cinema Packs (DCP) 2005 wurde der Ton wieder mit dem Bild verbunden und auf einer Festplatte gespeichert (vgl. Leitner 2019: 6). Um einen Qualitätsstandard im Kino zu gewährleisten, formulierte die Society of Motion Picture and Television Engineers (SMPTE) bereits 1987 einen Standard für den digitalen Film im Kino. Dieser sah zur Wiedergabe 5.1 Kanäle vor. Zu diesen Formaten gehören die digitalen Lichttonformate Dolby Digital, Sony Dynamic Digital Sound und das CD-Verfahren Digital Theater Sound. Im Jahr 2000 beschäftigte sich die SMPTE erneut mit der Standardisierung des digitalen Films. Daraus entstand 2002 die Digital Cinema Initiatives. Diese legten für das Digital Cinema Package Spezifikationen fest. Für den Ton bedeutet das eine Auflösung von 24 Bit, eine Abtastrate von 48kHz oder 96kHz und maximal 16 Tonkanäle (vgl. Ballou 2015: 294-297).

4.2.1 Digital Theater System (DTS Digital Sound)

1993 wurde das Digital Theater System eingeführt. Das digitale System bietet 5.1 Kanäle und einen Dynamikumfang von 96 dB. Die Toninformationen können auf einer bis zu drei CD-Rom's gespeichert werden. Diese werden über einen optischen Timecode, der sich auf dem Film befindet, synchronisiert. Die Verwendung der CD-Rom ermöglichte es gegenüber dem digitalen Lichtton mehr Daten zu speichern. Außerdem erlaubte die CD-Rom eine geringere Datenkomprimierung im Vergleich zu Dolby Digital oder SDDS (vgl. McGee 2001: 79). 2000 wurde mit DTS-ES ein 6.1 Kanal System eingeführt (vgl. Dederichs 2009).

4.2.2 Dolby Surround 7.1

Dolby Surround 7.1 wurde 2010 eingeführt und verfügt über 7.1 Kanäle. Zur besseren Positionierung von Audioelementen wurden die vorhandenen Surround Kanäle in Zonen unterteilt.

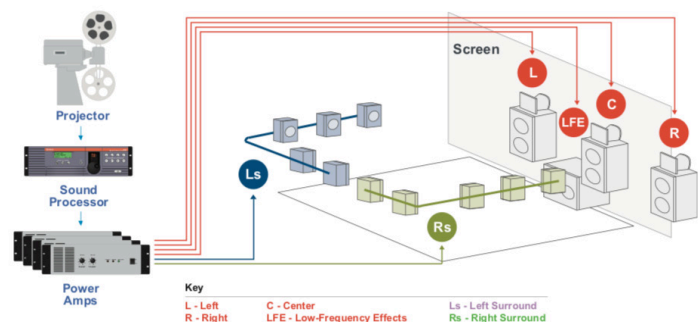


Abb.43: Dolby Surround 7.1

4.2.4 Immersive digitale Formate

Durch die Verfügbarkeit von 16 Audiokanälen durch das DCP konnte das 5.1 oder 7.1 Format erweitert werden. So können Lautsprecher, die über den herkömmlichen Lautsprechern angebracht sind, angesteuert werden und dazu weitere, die an der Decke des Kinos hängen. Dieses Format wird als Immersive Audio oder 3D Audio bezeichnet. (vgl. Ballou 2015: 297)

4.2.4.1 Barco Auro 11.1

Barco Auro 11.1 wurde 2011 eingeführt und ergänzt die herkömmlichen 5.1 Kanäle um zwei „Tonschichten“. Dazu werden in den oberen Ecken des Kinos über den Center-Kanal und an der Decke des Kinos, weitere Lautsprecher angebracht. Es können bis zu 13.1 Kanäle angesteuert werden (vgl. Auro 2015: 21).

4.2.4.2 Dolby Atmos

Dolby Atmos wurde im Jahr 2012 eingeführt. Es bietet die Möglichkeit 64 Lautsprecher anzusteuern. Basierend auf 5.1 und 7.1 können zusätzliche Lautsprecher angespielt werden. Darüberhinaus gibt es Decken-Lautsprecher. Im Mix bietet Dolby Atmos die Möglichkeit 128 Kanäle zu verwenden. Ein Dolby Atmos Mix besteht aus zwei Komponenten: dem Bed Audio und dem Objekt Audio (vgl. Ballou 2015: 297-299). Das Bed Audio besteht aus einem 9.1 Mix, der einzelnen Lautsprechern und Lautsprecheranordnungen zugeordnet ist. Das Objekt Audio kann im Raum positioniert werden und wird in Echtzeit, basierend auf der physischen Position der Lautsprecher, gerendert. Der Dolby Atmos Mix ist abwärts kompatibel und kann auch als 35mm Lichttonfilm ausgespielt werden (vgl. Dolby Atmos 2014: 7-9).



Abb.44: Bed Audio und Objekt Audio

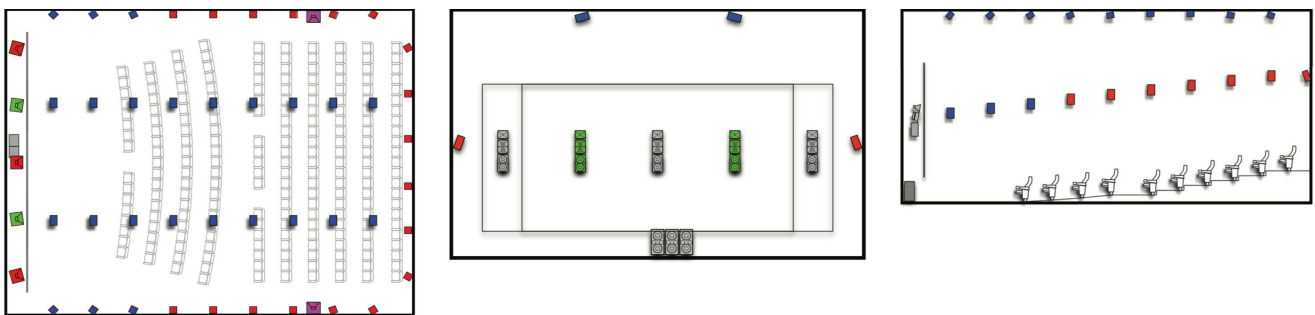


Abb.45: Dolby Atmos Lautsprecher Verteilung

4.2.4.4 Barco Auro Max

Barco Auro Max wurde 2015 eingeführt und stellt die Weiterentwicklung von Barco Auro 11.1 dar. Wie Dolby Atmos werden bei Barco Auro Max zwischen Object Audio und Bed Audio unterschieden. Das Bed Audio kann dabei auf 13.1 Kanälen abgespielt werden (vgl. Auro Max 2015: 10). Für die Platzierung von Object Audio stehen maximal 13 weitere Kanäle zur Verfügung. So verfügt Barco Auro Max über 26.1 Kanäle (vgl. Auro 2015: 21).

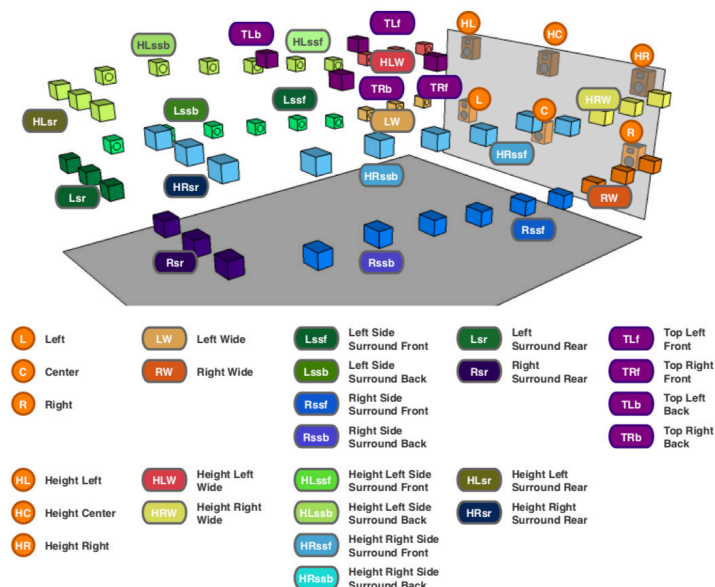


Abb.46 Barco Auro Max 26.1 Lautsprecher Verteilung

4.5 Fazit Digitalton

Der digitale Ton bietet in der Produktion sowie im Kino Möglichkeiten, die zuvor nicht gegeben waren. Durch die Verwendung von digitalen Speichermedien ist ein höherer Dynamikumfang möglich. Die Digitalrekorder verfügen über eine bessere Klangqualität und machen es einfacher mehrere Kanäle aufzuzeichnen. Des Weiteren verfügen sie über mehr Speicherkapazität. Durch DAW's ist das Editieren schneller und präziser geworden. Der Ton muss nun nicht mehr von Tonbändern abgespielt werden und kann stattdessen per „drag and drop“ importiert werden. So ermöglicht das nichtlineare Editieren in der DAW einen Zugriff auf das Material in beliebiger Reihenfolge ohne Zeitverlust. Außerdem wird der digitale Ton durch Kopieren klanglich nicht negativ beeinflusst. Im Kino besteht nun die Möglichkeit mehrere Kanäle direkt zu bespielen, wodurch eine dritte Klangdimension (Decke) möglich geworden ist. Im Gegensatz zum analogen Lichttonverfahren und Magnettonverfahren wird der digitale Ton nicht durch mehrmaliges Abspielen verschlissen oder durch Verschmutzung beeinträchtigt.

Digitaltonverfahren

Erscheinungsjahr	1993
Benutzungsdauer	27 Jahre
Analog	Nein
Digital	Ja
Speichermedium	Festplatte
Synchronisation	Bild und Ton sind in einer Datei auf einer Festplatte gespeichert
Anzahl Kanäle maximal	64 (63.1)
Davon diskret	128
Anzahl Tonebenen	3 (Leinwand, Surround und Decke)
Skalierbar	Ja

Abb.47: Digitaltonverfahren Zusammenfassung



QR18: Digitalton Entwicklungsbaum

5 Fazit

Bei Betrachtung der historischen Entwicklung der Tonverfahren wird eine lange Entwicklungszeit zwischen Entdeckung eines Prinzips bis hin zur Verwendung als Tonverfahren deutlich. Beim Nadeltonverfahren dauert die Entwicklung vom Phonautograph (1830) bis zum Phonograph (1877) 47 Jahre. Bis zum Vitaphon (1925) dauerte es weitere 48 Jahre. Insgesamt 95 Jahre.

Beim Lichttonverfahren dauert es von den photographischen Aufzeichnungen von Bell und Tainter (1885) bis hin zu dem ersten Lichttonfilm von Berglund (1921) 36 Jahre und zum Movitone-System (1927) 42 Jahre. Beim Magnettonverfahren dauerte es von der Beschreibung eines magnetischen Aufzeichnungsprinzips von Smith (1878) bis hin zum Telegraphon (1900) 22 Jahre. Bis zum Blattnerphon (1928) weitere 28 Jahre und bis zum Cinerama 22 Jahre. Insgesamt 72 Jahre.

Beim Digitaltonverfahren dauert es von der Entwicklung der Pulse Code Modulation (1938) bis zu den ersten Digitalrekordern (1967, Sony X-12DTC) 29 Jahre. Bis zum digitalen Lichtton (Cinema Digital Sound 1990) dauerte es weitere 23 Jahre und bis zum digitalen Ton auf Festplatte (2010 Dolby Surround 7.1) weitere 20 Jahre. Insgesamt 62 Jahre.

Das Lichttonverfahren hat mit 87 Jahren die längste Nutzungszeit gefolgt von dem Magnettonverfahren mit 40 Jahren. Das Digitaltonverfahren ist an dritter Stelle mit 27 Jahren, wobei es bis heute in Verwendung ist. Die geringste Benutzungsdauer hat das Nadeltonverfahren mit sechs Jahren.

Im Vergleich der aus den Verfahren entstandenen Kino Formaten wird deutlich, dass der Magnetton bereits mit Einführung in diskreter Kanalanzahl und Wiedergabekanälen dem Lichtton überlegen war. Erst mit der Einführung des digitalen Lichttons konnte die selbe Kanalanzahl und die selbe Anzahl an Wiedergabekanälen erreicht werden. Beim Magnettonverfahren lässt sich keine Steigerung der diskreten Kanäle und Wiedergabekänäle feststellen. Beim Lichttonverfahren hingegen lässt sich eine Steigerung der Anzahl der Wiedergabekanäle von einem bis hin zu sechs feststellen. Bei der Anzahl der diskreten Kanäle eine geringe Steigerung von einem auf zwei. Bei den digitalen Lichttonverfahren hingegen lässt sich bei der Anzahl der diskreten Kanäle eine Steigerung bis auf acht feststellen. Bei der Anzahl der Wiedergabekanäle ebenfalls eine Steigerung von 5.1 auf 7.1. Bei den Digitaltonformaten lässt sich eine starke Steigerung in kurzer Zeit feststellen. Bei der Anzahl der diskreten Kanäle von acht auf 128 und bei der Anzahl der Wiedergabekanäle von 7.1 auf 63.1.

Im Vergleich zwischen Magnettonverfahren und Lichttonverfahren lässt sich erkennen, dass das bessere System nicht zwangsläufig auch das bevorzugte ist. Vielmehr muss ein Verfahren ökonomisch sinnvoll und einfach in der Anwendung sein.

Das Digitalverfahren ist als einziges Verfahren skalierbar. Die analogen Verfahren hingegen sind durch die Verwendung eines physischen Tonträgers begrenzt. Die Skalierbarkeit der Digitalverfahren hat den Vorteil, dass theoretisch unbegrenzt viele diskrete Kanäle benutzt werden können.

Bereits der Phonograph hat gezeigt, dass Kompatibilität entscheidend ist, ob ein System bestehen bleibt oder nicht.

Dolby Atmos ist heute das Format mit der höchsten Anzahl an diskreten Kanälen und Wiedergabekanälen. Die einzige Möglichkeit das Format vollständig zu hören ist in speziellen Kinos namens Dolby Cinema. Aktuell gibt es davon eins in Deutschland. Fantasound war 1940 ebenfalls das technisch ausgereifteste System. Es konnte sich aber aufgrund des hohen technischen und damit verbundenen finanziellen Aufwands nicht etablieren. Im Gegensatz zu Dolby Atmos war Fantasound nicht mit den damaligen Formaten kompatibel.

Der Ton im Film ist keine Selbstverständlichkeit. Die 95 Jahre Filmtonentwicklung sind eine Geschichte von Erfolgen und Misserfolgen. Die ersten Tonfilme wie *Lights of New York* (1928) begeisterten durch die synchrone Kombination von Musik und Dialog zum Bild. Gelegentliche Toneffekte untermalten die dramatischsten Szenen. Mit den Mehrkanal-Formaten entstand die Möglichkeit, wie zum Beispiel in *Around the World in 80 Days* (1955), den Ton der Bewegung auf der Leinwand folgen zu lassen. Filme wie *Star Wars Episode IV* (1977) begeisterten in den nächsten Jahren darüber hinaus durch die Schaffung nie zu vor gehörter Geräusche wie Lichtschwerte oder Blasterschüsse. Heutige Filme wie *Mad Max Fury Road* (2015) schaffen detaillierte, lückenlose Klangwelten im Spiel zwischen Realismus und Surrealismus. Dies Alles wurde und ist möglich durch die Weiterentwicklung der Tonverfahren und den daraus entstehenden Kino-Tonformaten. Die dabei stetig überwundenen Limitierungen wecken ein Bewusstsein dafür den Ton im Film wertzuschätzen und als Tonschaffender die unzähligen Möglichkeiten des Digitalentons präziser einzusetzen.



QR19: Lights of New York



QR20: Ausschnitt: In 80 Days Around the World



QR21: Ausschnitt: Star Wars



QR22: Ausschnitt: Mad Max

Tonverfahren

Verfahren	Nadeltonverfahren	Lichttonverfahren	Magnettonverfahren	Digitaltonverfahren
Erscheinungsjahr	1925	1927	1952	1993
Benutzungsdauer	6 Jahre	87 Jahre	40 Jahre	27 Jahre bis heute
Analog	Ja	Ja	Ja	Nein
Digital	Nein	Ja	Nein	Ja
Speichermedium	Schallplatte	Film	Magnetstreifen auf Film	Festplatte
Synchronisation	Mechanisch	Bild und Ton auf einem Medium	Bild und Ton auf einem Medium	Bild und Ton sind in einer Datei auf einer Festplatte gespeichert
Anzahl Kanäle	1 (Mono)	6 (6.1)	6	63.1 (Maximal)
Davon diskret	1	analog 2, digital 6	6	128
Anzahl Tonebenen	1 (Leinwand)	2 (Leinwand und Surround)	2 (Leinwand und Surround)	3 (Leinwand, Surround und Decke)
Skalierbar	Nein	Nein	Nein	Ja

Abb.48: Tonverfahren Vergleich

Kino Formate

Name	Erscheinungsjahr	Verfahren	Kanäle	Wiedergabekanäle Lautsprecher	Beispiel Film(e)
Vitaphone	1925	Nadeltonverfahren	1	1	The Jazz Singer (1927), Lights of New York (1928)
Movitone	1927	analoges Lichttonverfahren	1	1	Sunrise (1927)
Fantasound	1940	analoges Lichttonverfahren	3	4	Fantasia (1940)
Vitasound	1940	analoges Lichttonverfahren	1	3	Santa Fe Trail (1940)
Cinerama	1952	Magnettonverfahren	6	6	Seven Wonders of the World (1956), How the West Was Won (1962)
Cinemascope	1953	Magnettonverfahren	4	4	The Robe (1953)
Perspecta Stereophonic Sound	1953	analoges Lichttonverfahren	1	3	Knights of the Round Table (1953)
TODD-AO	1955	Magnettonverfahren	6	6	Around the World in 80 Days (1955), South Pacific (1958)
Dolby Stereo	1975	analoges Lichttonverfahren	2	4 (Ab 1979 6)	A Star Is Born (1976), Star Wars Episode IV (1977)
Dolby Stereo 6 Track	1976	Magnettonverfahren	6	5.1	Logan's Run (1976), Apocalypse Now (1979)
Dolby Spectral Recording	1987	analoges Lichttonverfahren	2	6	Innerspace (1987), Robocop (1987)
Cinema Digital Sound	1990	digitales Lichttonverfahren	6	5.1	Terminator 2 (1991)
Dolby Digital	1991	digitales Lichttonverfahren	6	5.1	Batman Returns (1992)
Sony Dynamic Digital Sound	1993	Digitales Lichttonverfahren	8	7.1	Last Action Hero (1993)
Digital Theater System	1993	Digitalverfahren (CD)	6	5.1	Jurassic Park (1993)
Dolby Digital Surround EX	1999	digitales Lichttonverfahren	6	6.1	Star Wars Episode I (1999)
Dolby Surround 7.1	2010	Digitalverfahren	8	7.1	x
Barco Auro 11.1	2011	Digitalverfahren	14	13.1	Red Tails (2012)
Dolby Atmos	2012	Digitalverfahren	128	63.1	Brave (2012) Lost Place (2013) Mad Max Fury Road (2015)
Barco Auro Max	2015	Digitalverfahren	27	26.1	x

Abb.49: Kino Formate Vergleich

Literaturverzeichnis

- Altendorfer, Otto (2006): Medienmanagement Band 4: Gesellschaft - Moderation & Präsentation Medientechnik, Ludwig Hilmer (Hrsg.), Wiesbaden, Deutschland: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Ballou, Glen (2015): Handbook for Sound Engineers, 5. Aufl., Burlington, Massachusetts: Focal Press.
- Bartlett, Bruce (1991): Stereo Microphone Techniques, Waltham, Massachusetts: Focal Press.
- Dickreiter, Michael (1997): Handbuch der Tonstudioteknik: Band 2 Analoge Schallspeicherung, analoge Tonregieanlagen, Hörfunk-Betriebstechnik, digitale Tontechnik, Tonmeßtechnik, 6. Aufl., Schule für Rundfunktechnik (Hrsg.), München, Deutschland: K.G. Saur Verlag GmbH & Co. KG.
- Bell, Frank (2002): Der Lichtton und seine Geschichte: Erfinder und Erfindungen - 120 Jahre „Tönendes Licht“, in: Joachim Polzer (Hrsg.), Aufstieg und Untergang des Tonfilms: Weltwunder der Kinematographie: Beiträge zu einer Kulturgeschichte der Filmtechnik: Sechste Ausgabe: 2002, Potsdam, Deutschland: Polzer Media Group GmbH.
- Bergan, Ronald (2007): Film: Geschichte, Genres, Regisseure, internationales Kino, Top-100 Filme, London, England: Dorling Kindersley.
- Engel, Friedrich Karl (2002): Der Magnetton und seine Geschichte: Magnetband und Magnetfilm - der ersten 25 Jahre, in: Joachim Polzer (Hrsg.), Aufstieg und Untergang des Tonfilms: Weltwunder der Kinematographie: Beiträge zu einer Kulturgeschichte der Filmtechnik: Sechste Ausgabe: 2002, Potsdam, Deutschland: Polzer Media Group GmbH.
- Fielding, Raymond (1979): A technological History of Motion Pictures and Television, Berkeley, California: University of California Press.
- Flückiger, Barbara (2017): Sound Design: Die virtuelle Klangwelt des Films, 6. Aufl., Marburg, Deutschland: Schüren Verlag GmbH.
- Große, Günter (1989): Von der Edisonwalze zur Stereoplatte, überab. 2. Aufl., Berlin, Deutschland: VEB Lieder der Zeit Musikverlag.
- Görne, Thomas (2011): Tontechnik, überab. 3. Aufl., München, Deutschland: Carl Hanser Verlag.
- Hinz, Werner (1993): Audio Technologie in Berlin bis 1943: Schallplatte, in: Audio Engineering Society (Hrsg.), 50 Jahre Stereo-Magnetbandtechnik: Die Entwicklung der Audio Technologie in Berlin und den USA von den Anfängen bis 1943, Berlin, Deutschland: Audio Engineering Society.
- Jossé, Harald (1984): Die Entstehung des Tonfilms: Beitrag zu einer faktenorientierten Mediengeschichtsschreibung, Freiburg/München, Deutschland: Verlag Karl Aller GmbH.
- Kefauver, Alan P. / Patschke, David (2007): Fundamentals of Digital Audio, Middleton, Wisconsin: A-R Editions, Inc.
- McGee, Marty (2001): Encyclopedia of Motion Picture Sound, Jefferson, North Carolina: McFarland & Company, Inc.

- Moll, Katrin (2006): Die Entwicklung der Toningenieursausbildung an der HFF im Spannungsfeld von Technik, Kunst und Theorie, Praxis, in: Frank Bartel und Ingo Kock (Hrsg.), Tonkunst: Filmkunst und Sound Design, Berlin, Deutschland: Vistas Verlag.
- Monaco, James (2009): Film verstehen: Kunst, Technik, Sprache, Geschichte und Theorie des Films und der neuen Medien, Reinbek bei Hamburg, Deutschland: Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- Morton, David L. (2004): Sound Recording: The Life Story of a Technology, Westport, Connecticut: Greenwood Publishing Group.
- Mühl-Benninghaus (1999): Das Ringen um den Tonfilm: Strategien der Elektro- und der Filmindustrie in den 20er und 30er Jahren, Düsseldorf, Deutschland: Droste Verlag GMBH.
- Nowell-Smith, Geoffrey (1996): The Oxford History of World Cinema: The definitive history of cinema worldwide, Oxford New York: Oxford University Press.
- Ringler, Mathias J. (2009): Die Digitalisierung Hollywoods: Zu Kohärenz von Ökonomie-, Technik- und Ästhetik-geschichte und der Rolle von Industrial Light & Magic, Konstanz, Deutschland: UVK Verlagsgesellschaft GmbH.
- Ristow, Jürgen (1993): Audio Technologie in Berlin bis 1943: Lichtton, in: Audio Engineering Society (Hrsg.), 50 Jahre Stereo-Magnetbandtechnik: Die Entwicklung der Audio Technologie in Berlin und den USA von den Anfängen bis 1943, Berlin, Deutschland: Audio Engineering Society.
- Röwer, Karl (1957): Die Technik für Filmvorführer, 2. Aufl., Halle (Saale), Deutschland: VEB Wilhelm Knapp Verlag.
- Rubin, Michael (2006): Droidmaker: George Lucas and the Digital Revolution, Gainesville, Florida: Triad Publishing Company.
- Thiele, Heinz H. K. (1993): Audio Technologie in Berlin bis 1943: Magnetton, in: Audio Engineering Society (Hrsg.), 50 Jahre Stereo-Magnetbandtechnik: Die Entwicklung der Audio Technologie in Berlin und den USA von den Anfängen bis 1943, Berlin, Deutschland: Audio Engineering Society.
- Toeplitz, Jerzy (1979): Geschichte des Films: Band 2 1929-1933, Berlin, Deutschland: Henschelverlag.
- Webers, Johannes (2003): Handbuch der Tonstudiotechnik: Digitales und analoges Audio Recording bei Fernsehen, Film und Rundfunk, überab. 8. Aufl., Poing, Deutschland: Franzis' Verlag GmbH.

Internetquellen

Auro (2015): Next generation Immersice Sound system. [online] https://www.auro-3d.com/wp-content/uploads/documents/AuroMax_White_Paper_24112015.pdf [18.02.2020].

Avid (o.D): Pro Tools Vergleich. [online] <https://www.avid.com/pro-tools/comparison#rte-block-E514E-26876544720A7416D67D6F9E584> [18.02.2020].

Bellis, Mary (2019): Alexander Graham Bell's Photophone Was An Invention Ahead of Its Time. [online] <https://www.thoughtco.com/alexander-graham-bells-photophone-1992318> [18.02.2020].

Belton, John (2003): Das digitale Kino - eine Scheinrevolution, in: montage AV. Zeitschrift für Theorie und Geschichte audiovisueller Kommunikation, Jg. 2003, Nr. 1, 6-27. [online] https://mediarep.org/bitstream/handle/doc/728/montage_AV_12_1_2003_6-27_Belton_Digitales_Kino_.pdf?sequence=4&isAllowed=y [18.02.2020].

Dederichs, Christoph (2009): Tonfilm. [online] <https://www.mosaiquemagazin.de/technik/kino/46-ton-film> [18.02.2020].

Dickson, W. K. L. (1970): History of the Kinetograph, Kinetoscope, & Kinetophonograph, United States of America: Arno Press Inc. [online] <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015002595158&view=1up&seq=1#>
https://books.google.de/books?id=fMnMYOBwPzEC&pg=PP9&hl=de&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false [18.02.2020].

Dolby Atoms (2014): Dolby Atmos Next - Generation Audio for Cinema [online] <https://www.dolby.com/us/en/technologies/dolby-atmos/dolby-atmos-next-generation-audio-for-cinema-white-paper.pdf> [18.02.2020].

Donisthiope, Wordsworth (1878): Talking Photographs, in: Nature, Jg. 1878, Nr. 17, 242. [online] <https://ia802807.us.archive.org/11/items/naturejournal17londuoft/naturejournal17londuoft.pdf> [18.02.2020].

Fostex (o.D): Fostex Corporate History [online]: <https://www.fostexinternational.com/docs/about/company.shtml> [18.02.2020].

Garity, W. M. E. / Hawkins, J. N. A. (1941): Fantasound, in: Journal of the Society of Motion Picture Engineers, Jg. 1941, Nr. 37, 127-146. [online] <http://www.widescreenmuseum.com/sound/fantasound1.htm> [18.02.2020].

Hau, Andreas (o.D): Der lange Weg zur DAW. [online] <https://www.soundandrecording.de/equipment/der-lange-weg-zur-daw/> [18.02.2020].

Kellogg, Edward (1955): History of Sound Motion Pictures: First Installment, in: Journal of the Society of Motion Picture Engineers, Jg. 1955, Nr. 64, 291-302. [online] <http://www.aes.org/aeshc/docs/smpte/movie.sound/kellogg-history1.pdf> [18.02.2020].

Kellogg, Edward (1955): History of Sound Motion Pictures: Second Installment, in: Journal of the Society of Motion Picture Engineers, Jg. 1955, Nr. 64, 356-374. [online] <http://www.aes.org/aeshc/docs/smpte/movie.sound/kellogg-history2.pdf> [18.02.2020].

Kellogg, Edward (1955): History of Sound Motion Pictures: Third Installment, in: Journal of the Society of Motion Picture Engineers, Jg. 1955, Nr. 64, 437-422. [online] <http://www.aes.org/aeshc/docs/smpte/movie.sound/kellogg-history3.pdf> [18.02.2020].

Leiter, Sebastian (2019): DCP LITE - Workshop: DaVinci Resolve Studio. [online] <https://www.sebastian-leitner.com/DCP-workshop-lite.pdf> [18.02.18].

Library of Congress (o.D): History of the Edison Disc Phonograph. [online] <https://www.loc.gov/collections/edison-company-motion-pictures-and-sound-recordings/articles-and-essays/history-of-edison-sound-recordings/history-of-the-edison-disc-phonograph/> [18.02.2020].

Nagra (o.D): Product History & Support. [online] <https://www.nagraaudio.com/historical-products/> [18.02.2020].

Talbot, Frederick Arthur Ambrose (1914): Moving pictures: how they are made and worked, Philadelphia, Pennsylvania: J. B. Lippincott Co. [online] <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc2.ark:/13960/t17m0nm49&view=1up&seq=1> [18.02.2020].

Pisano, Giusy (2004): Chapitre XXII. Vers le spectacle: les expérimentations d'Auguste Baron et d'autres pionniers, In: Une archéologie du cinéma sonore, Paris, Frankreich: CNRS Éditions. [online] <https://books.openedition.org/editions-cnrs/2760?lang=de> [18.02.2020].

Reclouder (o.D): <https://reclouder.com> [18.02.2020].

Ruhmer, Ernst (1901) The „Photographophone“, in: Scientific American, Jg. 1901. [online] <http://www.filmsoundsweden.se/backspegel/ruhmer.html> [18.02.2020].

Schambarger, Peter (1995): Cylinder Records: An Overview, in: ARSC Journal XXVI, Jg. 1995, Nr. 26, 134-161. [online] <http://www.arsc-audio.org/journals/v26/v26n2p133-161.pdf> [18.02.2020].

Schlichter, Ansgar (2012): SepMag. [online] <https://filmlexikon.uni-kiel.de/index.php?action=lexikon&tag=det&id=6177> [18.02.2020].

Sony (o.D): Chapter 7 Making Digital Audio a Reality. [online] <https://www.sony.net/SonyInfo/CorporateInfo/History/SonyHistory/2-07.html> [18.02.2020].

Sounddevices (o.D): 970: 64-track audio recorder with Dante and MADl. [online] <https://www.sounddevices.com/product/970/> [18.02.2020].

Western Digital (o.D): Eine Geschichte der Innovation. [online] <https://www.westerndigital.com/de-de/company/innovations/history> [18.02.2020].

Zoom (o.D): About Zoom. [online] <https://www.zoom.co.jp/about-zoom> [18.02.2020].

Zu Hünigen, James (2011): Lioretograph. [online] <https://filmlexikon.uni-kiel.de/index.php?action=lexikon&tag=det&id=6550> [18.02.2020].

Zu Hüningen, James (2012): Animatophone. [online] <https://filmlexikon.uni-kiel.de/index.php?action=lexikon&tag=det&id=7908> [18.02.2020].

Zu Hüningen, James (2011): Cameraphone. [online] <https://filmlexikon.uni-kiel.de/index.php?action=lexikon&tag=det&id=6897> [18.02.2020].

Zu Hüningen, James (2011): ComMag / SepMag. [online] <https://filmlexikon.uni-kiel.de/index.php?action=lexikon&tag=det&id=3807> [18.02.2020].

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schaubild Tiefenschrift Seitenschrift S.1: Eigene Darstellung.

Abbildung 2: Phonoautograph nach Weber S.2: http://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/technology/search?-max=10&-Op_lit.reference=eq&lit.reference=lit19650&-skip=20 (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 3: Phonoautograph nach Scott S.2: <https://klangmaschinen.ima.or.at/pe.php?table=Object&id=298&lang=de> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 4: Ear-Phonoautograph nach Bell S.2: <http://www.cultofweird.com/science/alexander-bell-ear-phonautograph/> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 5: Der erste Edison Phonograph S.3: Große, Günter (1989): Von der Edisonwalze zur Stereo-platte. S.11.

Abbildung 6: Das erste Graphophon S.3: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=chi.097912743&view=1up&seq=441> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 7: Nickel Phonographautomat S.3: Große, Günter (1989): Von der Edisonwalze zur Stereo-platte. S.17.

Abbildung 8: Diamond Disc Phonograph S.4: <http://www.aes-media.org/historical/html/recording.technology.history/diamond.html> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 9: Grammophon um 1894 S.5: <http://www.fazano.pro.br/ing/indi136.html>

Abbildung 10: Kinetophon S.6: <https://fineartamerica.com/featured/kinetophone-1895-granger.html> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 11: Spätes Chronophon S.8: <https://books.openedition.org/editions-cnrs/2760?lang=de> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 12: Biophon 1910 S.8: Jossé, Harald (1984): Die Entstehung des Tonfilms: Beitrag zu einer faktenorientierten Mediengeschichtsschreibung. S.90.

Abbildung 13: Kinetophon S.8: Morton, David L. (2004): Sound Recording: The Life Story of a Technology. S. 72.

Abbildung 14: Vitaphone S.9: <https://www.science-fiction-filme.com/lexikon-von-z-a/vitaphone/> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 15: Nadeltonverfahren Zusammenfassung S.10: Eigene Darstellung.

Abbildung 16: Sprossenschrift S.11: Flückiger, Barbara (2017): Sound Design: Die virtuelle Klangwelt des Films. S.29.

Abbildung 17: Doppelzackenschrift S.11: Flückiger, Barbara (2017): Sound Design: Die virtuelle Klangwelt des Films. S.29.

Abbildung 18: Bell Glasscheibe S.12: Kellogg, Edward (1955): History of Sound Motion Pictures: First Installment. S.292.

Abbildung 19: Photographophone S.13: <http://www.filmsoundsweden.se/backspegel/ruhmer.html> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 20: Die „Kichre“ S.14: Audio Engineering Society (1993): 50 Jahre Stereo-Magnetbandtechnik: Die Entwicklung der Audio Technologie in Berlin und den USA von den Anfängen bis 1943. S.148.

Abbildung 21: Acht Aufnahmekanäle S.17: <http://www.widescreenmuseum.com/sound/fantasound1.htm> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 22: Vier Kanal Dolby Stereo S.18: Flückiger, Barbara (2017): Sound Design: Die virtuelle Klangwelt des Films. S.54.

Abbildung 23: Digitaler Lichtton S.19: https://deacademic.com/pictures/dewiki/51/35mm_film_audio_macro.jpg (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 24: Lichttonverfahren Zusammenfassung S.20: Eigene Darstellung.

Abbildung 25: Magnetische Speicherprinzip S.21: Dickreiter, Michael (1997): Handbuch der Tonstudio-technik: Band 2 Analoge Schallspeicherung, analoge Tonregieanlagen, Hörfunk-Betriebstechnik, digitale Tontechnik, Tonmeßtechnik. S.10.

Abbildung 26: Smith Skizze S.24: Engel, Friedrich Karl (2002): Der Magnetton und seine Geschichte: Magnetband und Magnetfilm - der ersten 25 Jahre, in: Joachim Polzer (Hrsg.), Aufstieg und Untergang des Tonfilms: Weltwunder der Kinematographie: Beiträge zu einer Kulturgeschichte der Filmtechnik. S.197.

Abbildung 27: Telegraphon 1900 S.22: Engel, Friedrich Karl (2002): Der Magnetton und seine Geschichte: Magnetband und Magnetfilm - der ersten 25 Jahre, in: Joachim Polzer (Hrsg.), Aufstieg und Untergang des Tonfilms: Weltwunder der Kinematographie: Beiträge zu einer Kulturgeschichte der Filmtechnik. S.197.

Abbildung 28: Telegraphon Mix & Genest S.22: Engel, Friedrich Karl (2002): Der Magnetton und seine Geschichte: Magnetband und Magnetfilm - der ersten 25 Jahre, in: Joachim Polzer (Hrsg.), Aufstieg und Untergang des Tonfilms: Weltwunder der Kinematographie: Beiträge zu einer Kulturgeschichte der Filmtechnik. S.197.

Abbildung 29: Textophon S.22: Engel, Friedrich Karl (2002): Der Magnetton und seine Geschichte: Magnetband und Magnetfilm - der ersten 25 Jahre, in: Joachim Polzer (Hrsg.), Aufstieg und Untergang des Tonfilms: Weltwunder der Kinematographie: Beiträge zu einer Kulturgeschichte der Filmtechnik. S.197.

Abbildung 30: Blattnerphon S.23: <http://www.orbem.co.uk/tapes/blattner.htm> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 31: Marconi-Stille-Stahlbandgerät MSR 3 S.23: <http://www.orbem.co.uk/tapes/ms.htm> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 32: Pfelemer Magnettonbandgerät S.24: Engel, Friedrich Karl (2002): Der Magnetton und seine Geschichte: Magnetband und Magnetfilm - der ersten 25 Jahre, in: Joachim Polzer (Hrsg.), Aufstieg und Untergang des Tonfilms: Weltwunder der Kinematographie: Beiträge zu einer Kulturgeschichte der Filmtechnik. S.197.

te der Filmtechnik. S.198.

Abbildung 33: Magnettonverfahren Zusammenfassung S.26: Eigene Darstellung.

Abbildung 33: Magnetton Entwicklungsbaum S.29: Eigene Darstellung.

Abbildung 34: Sony's erster digitaler Audiorekorder X-12DTC S.37: <https://www.sony.net/SonyInfo/CorporateInfo/History/SonyHistory/2-07.html> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 35: Fostex PD-2 DAT Rekorder S.27: <https://www.springair.de/de/fostex-pd-4/h55269> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 36 Nagra DII DASH und PD Rekorder S.27: <https://www.nagraaudio.com/product/nagra-d-and-dii/> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 37: Sound Devices 970 S.28: <https://www.sounddevices.com/product/970/> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 38: Zoom H4 S.28: <http://www.planet-musician.com/2006/07/31/zoom-announces-the-h4-hand-digital-4-track-recorder/> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 39: Sound-Droid S.28: <http://www.typewritten.org/Articles/DroidWorks/sd-485.pdf> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 40: Sound-Droid Interface S.28: <http://www.typewritten.org/Articles/DroidWorks/sd-485.pdf> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 41 Pro Tools 1.1 Interface S.28: <https://www.pro-tools-expert.com/home-page/2018/2/19/the-history-of-pro-tools-1984-to-1993> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 42: Sound Tools S.28: <https://www.pro-tools-expert.com/home-page/2018/2/19/the-history-of-pro-tools-1984-to-1993> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 43: Dolby Surround 7.1 S.29: <https://www.dolby.com/us/en/technologies/dolby-atmos/dolby-atmos-next-generation-audio-for-cinema-white-paper.pdf> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 44: Bed Audio und Objekt Audio S.32: <https://www.dolby.com/us/en/technologies/dolby-atmos/dolby-atmos-next-generation-audio-for-cinema-white-paper.pdf> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 45: Dolby Atmos Lautsprecher Verteilung S.32: <https://www.dolby.com/us/en/technologies/dolby-atmos/dolby-atmos-next-generation-audio-for-cinema-white-paper.pdf> (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 46: Barco Auro Max 26.1 Lautsprecher Verteilung S.32: https://www.auro-3d.com/wp-content/uploads/documents/AuroMax_White_Paper_24112015.pdf (geprüft:18.02.2020).

Abbildung 47: Digitaltonverfahren Zusammenfassung S.31: Eigene Darstellung.

Abbildung 48 Tonverfahren Vergleich S.34: Eigene Darstellung.

Abbildung 49 Kino Formate Vergleich S.35: Eigene Darstellung.

QR Code Verzeichnis

QR1 Zinnfolien Phonograph Aufnahme S.3: <https://www.youtube.com/watch?v=uAXhclPS3AE> (geprüft:18.02.2020).

QR2 Aufnahmesession Phonograph S.4: https://www.youtube.com/watch?v=1n2b0NdL6_E (geprüft:18.02.2020).

QR3 Aufnahmesession Phonograph S.3: <https://www.youtube.com/watch?v=CJXDtrq4McY> (geprüft:18.02.2020).

QR4 Vitaphone Aufnahme S.9: https://www.youtube.com/watch?v=b9b6_6ef3cM (geprüft:18.02.2020).

QR5 Abschnitt Jazz Singer S.9: https://www.youtube.com/watch?v=-iX2lg4eYwQ&feature=emb_title (geprüft:18.02.2020).

QR6 Nadelton Entwicklungsbaum S.10: <https://www.dropbox.com/s/5htx9tyduomjz12/NadeltonFinal.png?dl=0> (geprüft:18.02.2020).

QR7 Photophon Experiment S.12: <https://www.youtube.com/watch?v=Kc9Mjzfowcs> (geprüft:18.02.2020).

QR8 Phonofilm Beispiel S.14: <https://www.youtube.com/watch?v=aZR9KdkMlhm> (geprüft:18.02.2020).

QR9 Movitone Newsreel S.14: <https://www.youtube.com/watch?v=ODLnNYFba9o&list=PLM2YZV0jEif-4q0hAZ-VszpOBRhfMNpvdh> (geprüft:18.02.2020).

QR10 Pallophotophon S.15: https://www.youtube.com/watch?v=rUm_mPizQFk (geprüft:18.02.2020).

QR11 Pallophotophone Experiment S.15: https://www.youtube.com/watch?v=bP_Y42shtPk (geprüft:18.02.2020).

QR12 Western Electric Erklärfilm S.15: <https://archive.org/details/FindingH1929> (geprüft:18.02.2020).

QR13 Blumlein Stereofilm S.16: <https://www.emiarchivetrust.org/trains-at-hayes-the-worlds-first-stereo-film-made-in-1935-clip> (geprüft:18.02.2020).

QR14 Lichtton Entwicklungsbaum S. 20: <https://www.dropbox.com/s/iq69jzvnkl8l2uz/LichttonFinal.png?dl=0> (geprüft:18.02.2020).

QR15 Aufnahme Telegraphon S.22: https://www.youtube.com/watch?time_continue=6&v=pzrB_pwi2TM&feature=emb_logo (geprüft:18.02.2020).

QR16 Blattnerphon S.23: <https://www.youtube.com/watch?v=31VRgGV-AfM> (geprüft:18.02.2020).

QR17 Magnetton Entwicklungsbaum S.26: <https://www.dropbox.com/s/n6mf4iexej2zmhs/Magnetton-Final.png?dl=0> (geprüft:18.02.2020).

QR18 Digitalton Entwicklungsbaum S.31: <https://www.dropbox.com/s/0ql1uzlmxb2gb54/DigitaltonFinal.png?dl=0> (geprüft:18.02.2020).

QR19 Lights of New York S.33: <https://www.dailymotion.com/video/x6nqkj4>

QR20 Ausschnitt: In 80 Days around the World S.33: <https://www.youtube.com/watch?v=W5NrIUFnWMY&t=19s> (geprüft:18.02.2020).

QR21 Ausschnitt Star Wars S.33 <https://www.youtube.com/watch?v=W5NrIUFnWMY&t=19s> (geprüft:18.02.2020).

QR22 Ausschnitt Mad Max S.33 <https://www.youtube.com/watch?v=UtgTrVwRr4> (geprüft:18.02.2020).

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Hilfsmittel verwendet habe. Alle genutzten Internetquellen wurden kenntlich gemacht.

Ort, Datum

Unterschrift