

Pentavox

Visualisierung von Ton und der Weg zurück

Schriftlicher Bestandteil der Masterarbeit
zur Erfüllung der Anforderungen
für den Grad eines Master of Arts (MA)
an der Universität für angewandte Kunst Wien,
Institut für Bildende und Mediale Kunst

Michaela Grass

Juni 17, 2015
Wien, Österreich

Universität für angewandte Kunst Wien
Studienkennzahl: S 066 776
Studienrichtung: Art & Science
Betreuer: Univ.-Prof. Virgil Widrich
Zweitbetreuer: Sen.Lect. Dr. Bernd Kräftner

Die meisten Leute wissen gar nicht,
wie schwer es ist, moderne Kunst zu schaffen
- Der Verstand ist nämlich eine so starke Kontrollinstanz,
dass er die Menschen unpoetisch und phantasielos macht.
[John Cage im Gespräch, von Richard Kostelanetz, P 124]

Kurzfassung

Die Klanginstallation "Pentavox" besteht aus 5 Apparaturen, die mittels Lichttonabnehmern aus Filmprojektoren, Bilder in Klänge verwandeln. Durch diese ursprünglich im Film verwendete Methode der Klangspeicherung und Wiedergabe wird durch Transformation die visuelle Vorstellung von Klang vertont und vice versa.

Im ersten *Transformationsschritt* werden die Bilder einer subjektiven Vorstellung von Musik gesammelt, welche geometrisch, abstrakt oder in Ornamenten angeordnet dargestellt sein können. Diese visuellen Ergebnisse werden auf 35-mm-Filmmaterial aufgemalt – und zwar genau an jener Stelle, an der sich üblicherweise die Tonspur auf einem 35-mm-Filmstreifen befindet.

Im zweiten *Transformationsschritt* wird, um nun die eigene Vorstellung von Musik – aktuell als Bild dargestellt – wieder hörbar zu machen, der Filmstreifen über den Lichttonabnehmer abgetastet und so die seinem inneren Bild entsprechende Musik auf völlig neu gestaltete (= klingende) Art wiedergegeben

Abstract

Pentavox is a sound installation. Powered by optical sound-head systems borrowed from film projectors, five apparatuses stream forth images translation into sound. The process follows sound storage and repetition, as a method originally used in film, to bring a visual quality inherent in sound into resonance.

In the first translation stage, images of a free idea of music are collected. These respond to subjectivities and may appear in the form of geometrical, abstract or an ornamental arrangement. To proceed, the illustrations are painted to add on to the 35mm film – very precisely at the point at which usually the soundtrack is located.

In the second translation stage the filmstrip gets scanned over an optical sound head, which allows the picture soundscape, as currently only imagery on display, to become audible again. Through manual processing, the inner image of the corresponding music is played and a new composition is heard.

Vielen Danke an

Bugueiro Domingo, Pepa

Eisner, Nina

Haas, Caroline

Hoffmann, Martin

Grass, Alexandra

Kamba, Anton

Laserer, Gerhard

Noack, Michaela

Raczköwi, Werner

Sigler, Carlo

Zagler, Christian

Topkino

Filmcasino

das Team der Matalltechnologie der Universtität für angewandte Kunst

die Tischlerei Der Holzmichel (<http://ich-der-holzmichel.at>)

Inhaltsangabe

Einleitung	7
Visualisierung von Ton...	8
Synthetischer Ton, manuell und fotografisch erzeugt	8
Synthetischer Ton, autogenerativ erzeugt	17
...und der Weg zurück	18
Der Lichtton	18
Die Anfänge	18
Aufzeichnung – und Wiedergabe von Ton	21
Prinzipielle Aufnahme und Wiedergabe von Lichtton	21
Die zwei verschiedenen Tonspurarten	23
Die Sprossenschrift	23
Die Zackenschrift	24
Lichttonapparaturen	25
Welte Lichtton-Organ	26
Superpiano	29
Variophone	31
Oramics	32
Meine Arbeit	
Hintergrund und Motivation	34
Methode	35
Hypothese	36
Forschungsarbeit im Detail	
Ton zeichnen	36
Pentavox	37
Aufbau und Funktionsweise der Apparatur Pentavox	37
Conclusio	43
Online-Quellen	44
Bibliographie	45

Einleitung

Ein kleiner Ausflug in die Geschichte des synthetischen Tons Historischer Teil

Mit der Erfindung des Tonfilms in den 1930er Jahren hatten viele Künstler das Bestreben, sowohl Bild als auch Ton selbst zu erzeugen und weltweit wurde gleichzeitig an der Erfindung des synthetischen, selbsterzeugten Tones gearbeitet.

[...] indem sie Formen auf die Tonspur zeichneten, die gleichzeitig visuell und akustisch wahrgenommen werden konnten.¹

Da der Klang beim Lichttonverfahren optisch auf dem Filmstreifen aufgebracht ist, bestand auch die Möglichkeit, den Klang als eigene Spur zu analysieren und zu manipulieren.² Diese Art der Tonerzeugung lässt sich auf mindestens drei verschiedene Weisen erzeugen - fotografisch, manuell oder autogenerativ.³

In Mary Ellen Butes Oszilloskop⁴-Filmen zum Beispiel werden Töne in Bilder verwandelt.

[...] Die synthetische Tonerzeugung geht in umgekehrter Richtung vor: Hier generiert das Bild den Ton.⁵

Und wie Tomas Y. Levin in seinem Text „Töne aus dem Nichts“⁶ sehr schön beschreibt,

[...] haftet dem synthetischen Ton etwas *Unheimliches* an, weil an seinem Ursprung weder ein Instrument noch eine Stimme, sondern ein grafisches Zeichen steht⁷.

¹ zit. n. Rainer, Cosima: Versprechung einer Augenmusik: *See this sound: Versprechungen von Bild und Ton*, Köln 2010, S. 46

² Vgl. Gethmann, Daniel: *Klangmaschinen zwischen Experiment und Medientechnik*, 2010, S.100

³ Vgl. Jutz, Gabriele: *Not Married: See this sound: Versprechungen von Bild und Ton*, Köln, 2010, S. 73

⁴ Ein Oszilloskop ist ein elektronisches Messgerät, das eine oder mehrere elektrische Spannungen und deren zeitlichen Verlauf auf einem Bildschirm sichtbar macht. Auch Klänge und Töne können mit einem Oszilloskop sichtbar gemacht werden, und Rudolf Pfenninger wandte diese Art der Sichtbarmachung für seine „neuartigen phantastischen Töne“ an.

⁵ zit. n. Jutz, Gabriele: *Not Married: See this sound: Versprechungen von Bild und Ton*, Köln 2010, S. 73

⁶ Thomas Y. Levin, „Töne aus dem Nichts. Rudolf Pfenninger und die Archäologie des synthetischen Tons“, in: Friedrich Kittler, Thomas Macho, Sigrid Weigl (Hg.), *Zwischen Rauschen und Offenbarung. Zur Kultur- und Mediengeschichte der Stimme*, Berlin 2002, S. 313-355

⁷ Vgl. Levin, zit. Anm. 26, S. 316; zit. n. Gabriele, Jutz: *Not Married: See this sound: Versprechungen von Bild und Ton*, Köln 2010, S. 73

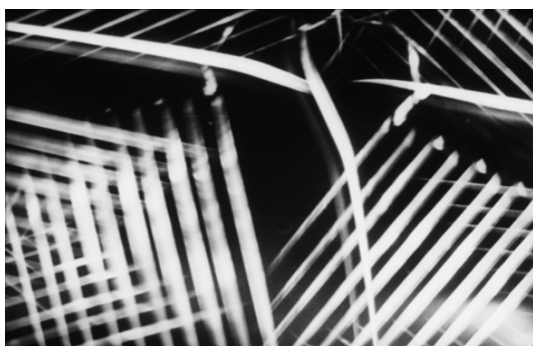
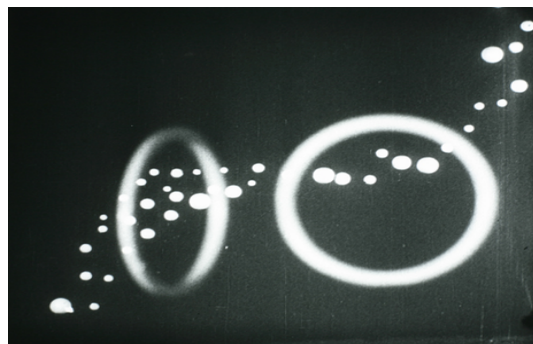
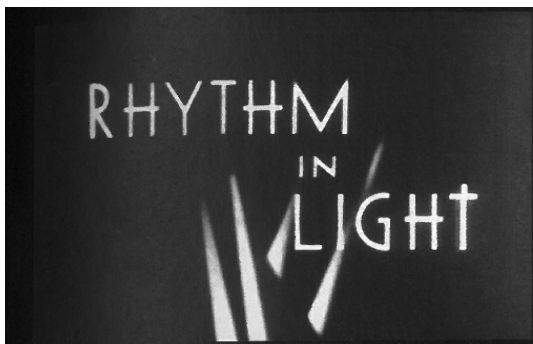
Visualisierung von Ton...

Synthetischer Ton, manuell und fotografisch erzeugt

Mary Ellen Bute (Amerika) war eine der ersten Frauen, die sich mit Experimentalfilm beschäftigte und versuchte, Musik zu imaginieren und somit das, was sich im Geiste abspielt, wenn man sie hört, darzustellen. Für ihren Film *Rhythm in Light* (1934) verwendete sie als Vorlage sowohl handgezeichnete geometrische Formen als auch dreidimensionale Objekte, die durch Kamera- und Beleuchtungseffekte ihre Gegenständlichkeit verloren. Es entstand ein vielfältiges abstraktes Licht- und Schattenspiel aus geometrischen und nicht geometrischen Formen.⁸

Mary Ellen Butes Arbeit stellt eine Vorreiterrolle dar und ist mit der heutigen VJ-Kultur vergleichbar.

[...] *Rhythm in Light* verstand sich als visuelle Interpretation von „Anitras Tanz“ aus Edvard Griegs⁹ *Peer Gynt*, ohne dabei auf präzise Synchronität besonders Wert zu legen: „It abstractly expressed the programmatic music’s climax and variations, its moods and psychological moments.“¹⁰



Filmstills: <http://anthologyfilmarchives.org/collections/reference-library/stills/1320>, 26.02.2015

⁸ Vgl. Rollig, Stella: *See this sound: Versprechungen von Bild und Ton*, Köln 2010 S. 61

⁹ Edvard Hagerup Grieg († 1907), war ein norwegischer Pianist und Komponist in der Zeit der Romantik.

¹⁰ Laurent Rabinovitz, „Mary Ellen Bute“ in: Jan-Christopher Horak (Hg.) *Lovers of Cinema: The First American Film Avant-Garde*, Madison 1995, S. 315-334, hier: S. 322; zit. n. Jutz, Gabriele: *Not Married: See this sound: Versprechungen von Bild und Ton*, Köln 2010, S 72

Anders verhielt es sich bei ihren Oszilloskop-Filmen.

[...] Unter Verwendung des Oszilloskops [...] gelang es ihr, Musik ohne den Umweg einer psychologischen Interpretation zu visualisieren.¹¹

Sie filmte die Bildschirmdarstellung des Oszilloskops ab und erreichte somit eine exakte Darstellung der jeweiligen Töne.

[...] Auf diese Weise gelang es Bute, anstelle subjektiver Einfühlung technische Präzision treten zu lassen.¹²



Mary Ellen But mit ihrem Oszilloskop
Image: <http://www.lightindustry.org/bute>, 26.02.2015

[...] For years I have tried to find a method for controlling a source of light to produce images in rhythm. I wanted to manipulate light to produce visual compositions in time continuity much as a musician manipulates sound to produce music.¹³

In **Len Lye** *A Color Box*, Neuseeland 1935, der als erster *hand-painted film* gilt, wird eine freie Übersetzung von *Musik in Bilder* ersichtlich. Lye bemalte den unbelichteten Filmstreifen direkt mit der Hand,¹⁴

Es [...] werden klecksige Formen und wackelige Linien erzielt, die im Rhythmus einer überaus beschwingten Melodie (Don Barreto und sein kubanisches Orchester) zu tanzen scheinen.¹⁵

Zu jener Zeit galt diese Art der Filmerzeugung als sehr radikal, weil die Erzeugung ohne Kamera vonstatten ging.

¹¹ zit. n. Jutz, Gabriele: *Not Married: See this sound: Versprechungen von Bild und Ton*, Köln 2010, S. 72.

¹² zit. n. Jutz, Gabriele: *Not Married: See this sound: Versprechungen von Bild und Ton*, Köln 2010, S. 72.

¹³ zit. n. Bute, Mary Ellen: http://www.centerforvisualmusic.org/Bute_Statements.htm, from "Abstronics" in *Films in Review*, June-July 1954. Reprinted in Russett, Robert and Cecile Starr, *Experimental Animation: An Illustrated Anthology* (New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1976), 26.02.2015)

¹⁴ Vgl. Jutz, Gabriele: *See this sound: Versprechungen von Bild und Ton*, Köln 2010, S.62

¹⁵ zit. n. Jutz, Gabriele: *See this sound: Versprechungen von Bild und Ton*, Köln 2010, S. 62

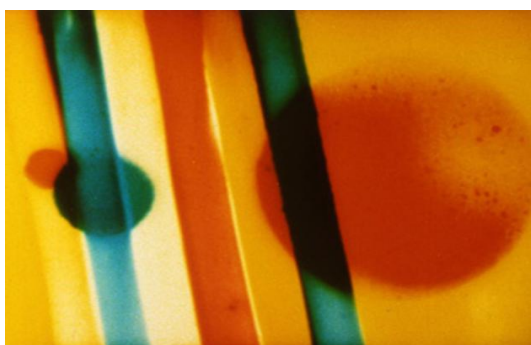
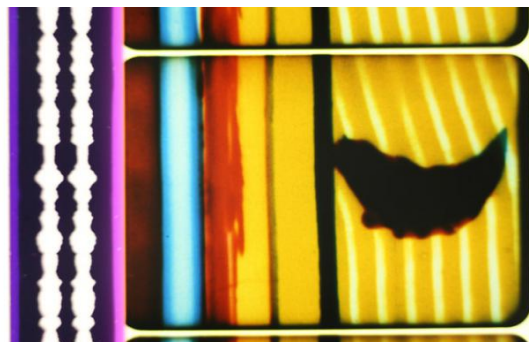
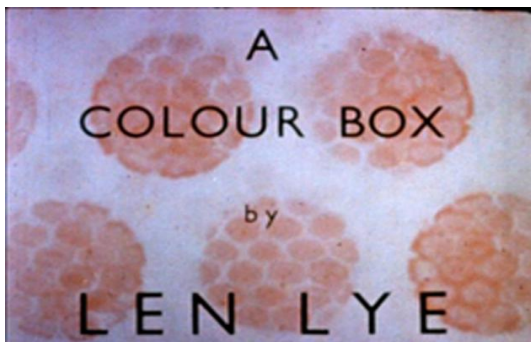
In 1935, Len Lye's film A Colour Box was so different in its use of filmic language that the Brussels Film Festival had to invent a new prize for it to win. As vivid and enchanting today as they were visionary and challenging, Lye's animated shapes dancing to the percussion of popular Cuban and African music were a hit with audiences more accustomed to viewing cinema in its industrial, commercial capacity. The very act of painting abstract imagery on film was a conceptual leap in terms of severing film's indexical relationship with the world and using it to explore an abstract, synaesthetic experience."

(Quellennachweis: Genevieve Allison, 5 August 2010, EyeContact)

Im Jahr 1935 war Len Lyes Film *A Colour Box* - was den Gebrauch der Filmsprache anbelangt - so neuartig, dass das Brüsseler Filmfestival für ihn einen eigenen Preis erfinden musste. Lyes Film wurde als lebendig und bezaubernd, visionär und anspruchsvoll beschrieben. Die animierten Formen tanzten zum Schlagzeug von populärer kubanischer und afrikanischer Musik und waren ein Hit beim Publikum, das eigentlich viel mehr daran gewöhnt war, Kino im industriellen, gewerblichen Sinn zu konsumieren. Der Akt des Malens von abstrakten Bildern auf Film war ein konzeptioneller Sprung in Sachen 'Durchtrennen indexikalischer Beziehungen des Films mit der Welt'. Hier wurde er angewandt, um eine abstrakte, synästhetische Erfahrung zu erforschen.

Vgl.: <http://folksonomy.co/?keyword=2257>, Übersetzung Michaela Grass

Lye war sehr erfolgreich mit seinem Film. 1937 kaufte ihn John Grierson für die Werbefilmabteilung des britischen General Post Office (G.P.O.) an.



Filmstills: <http://folksonomy.co/?keyword=2257>, 10.03.2015

Rudolf Pfenningers (Deutschland) „Tönende Handschrift 1“ entstand so, dass [...] er zunächst mittels eines Oszilloskops die grafischen Formen einzelner Klänge isolierte, bevor er diese auf Papierstreifen aufzeichnete, abfilmte und auf die Lichttonspur (siehe S. 17) übertrug.¹⁶



Ausgemaltes Oszillogramm

Image: Donhauser, Peter: Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich, 2007, S. 172

Ihn interessierte die Gegenüberstellung zwischen seinen „neuartig erzeugten phantastischen Tönen“ mit den zugrundeliegenden Mustern der verwendeten „Zackenschrift“ (siehe S. 18).¹⁷



Image of Rudolf Pfenninger in his laboratory with hand-drawn sound strips, 1932.

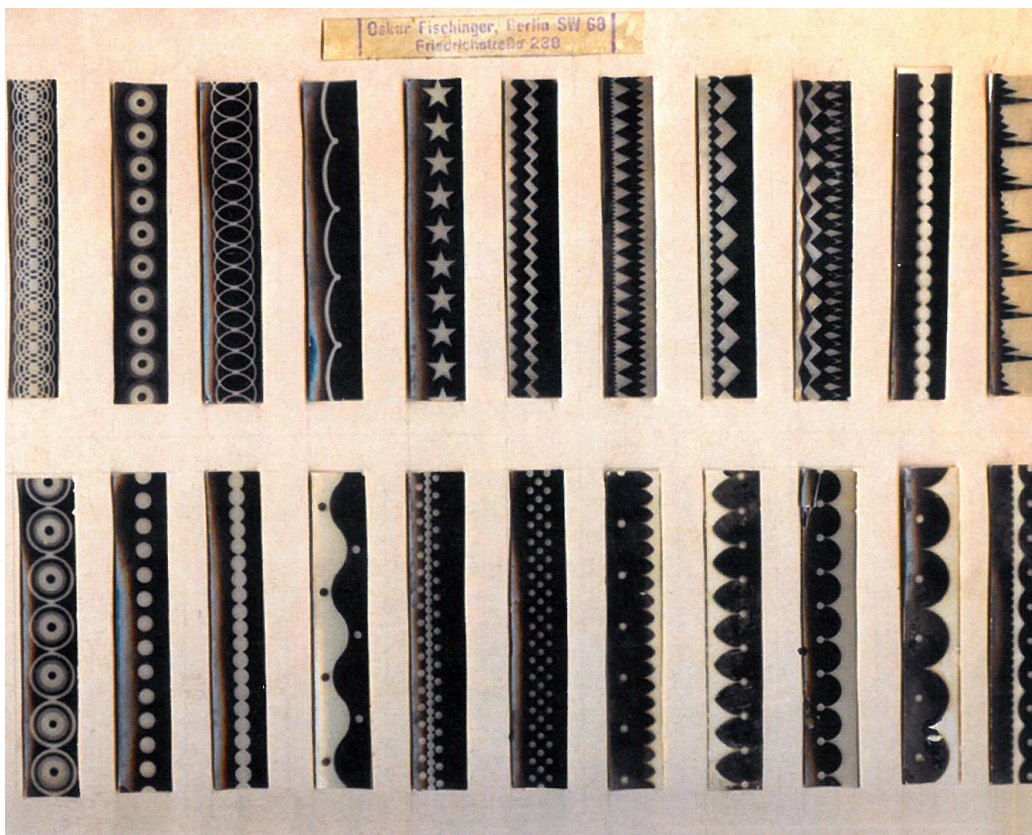
Source: Pfenninger Archive, Munich

Image: Thomas Y. Levin, „Tones from out of Nowhere“: Rudolph Pfenninger and the Archaeology of Synthetic Sound“, S. 32

¹⁶ zit. n. Naumann, Sandra: *See this sound: Versprechungen von Bild und Ton*, Köln 2010, S. 56

¹⁷ Ebd., S. 56

Oskar Fischinger (Deutschland) stellte fest, dass die Muster, die bei der Tonaufzeichnung auf der Lichttonspur des Filmstreifens entstehen, abstrakten, aber auch ornamentalen Formen ähneln. Er begann um 1931 damit, Muster mit Tinte und Feder auf lange Papierrollen zu malen und diese dann fotografisch auf die Tonspur des Filmstreifens zu übertragen. Die so erzeugten synthetischen Wellenformen wurden mittels Fotozelle des Tonabnehmers in Ton transformiert. Sein Interesse bestand darin, mögliche Zusammenhänge zwischen visuellen Formen und musikalischen Besonderheiten der verschiedenen Kulturen zu erforschen.¹⁸ Er untersuchte, ob beispielsweise die auftretende Ornamentik einer bestimmten Kultur auch ein bestimmtes Klangmuster entstehen ließe (wie etwa das Muschel-Motiv des Rokoko).¹⁹



Detail einer Schaukarte, angefertigt von Oskar Fischinger für seine *Ornamenten Ton*-Experimente
 © Fischinger trust, Courtesy Center for Visual Music
 Image: See this Sound S. 57

¹⁸ Vgl. Naumann, Sandra: *See this sound: Versprechungen von Bild und Ton*, Köln 2010 S. 57

¹⁹ zit. n. Jutz, Gabriele: *Not Married: See this sound: Versprechungen von Bild und Ton*, Köln 2010 S. 73

Arseny Avraamov 1930 (Russland) arbeitete ähnlich wie Fischinger, indem er lange Papierstreifen mit ornamentalen Mustern bemalte, belichtete und auf die Tonspur über-trug.

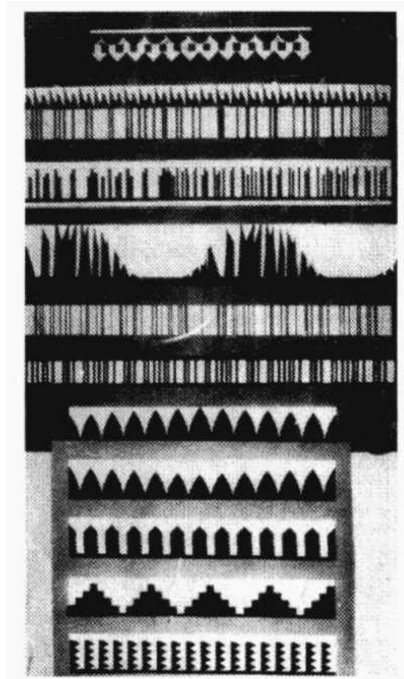


Abb. 2: Erste Sammlung der gezeichneten ornamentalen Tonspuren, geschaffen von Arseny Avraamov 1930. Theremin Center Archive. © Andrei Smirnov.

Image: Gethmann, Daniel: *Klangmaschinen zwischen Experiment und Medientechnik* 2010, S.10

Tiefe Töne haben eine geringe Zackendichte und hohe Töne eine dichte und schmale, ähnlich den Kämmen natürlicher Klänge.²⁰

Boris Yankovsky, ein Schüler Arseny Avraamovs, versucht Klänge zu berechnen, da er vom Ansatz der gezeichneten ornamentalen Töne nicht sehr begeistert war. Er verfolgte als einziger den Ansatz der spektralen Analyse, der Dekomposition und der Re-Synthese des Klanges.²¹

[...] Seine Kurven waren spektrale Schablonen, semiotische Entitäten.²²

[...] Yankovsky schreibt: ich fand die Idee der Synthese, während ich intensiv mit gezeichneten Klängen arbeitete. Meine Gedankenkette war folgende: Die Klangfarbe hängt von der Form der Schallwellen ab, die graphischen Darstellungen der Schallwellen könnten als Fourier-Reihe²³ periodischer Funktionen (Sinuswellen) analysiert und repräsentiert werden, folglich könnten Schallwellen mit der gleichen Reihe von Sinuswellen re-synthetisiert werden.²⁴

²⁰ Vgl. Gethmann, Daniel: *Klangmaschinen zwischen Experiment und Medientechnik*, 2010, S.101-102

²¹ Ebd., S.105

²² zit. n. Gethmann, Daniel: *Klangmaschinen zwischen Experiment und Medientechnik*, 2010, S.105

²³ Entwickelt von Joseph Fourier 1768 und bezeichnet die Reihentwicklung einer periodischen Funktion in Sinus- und Cosinusfunktionen, oder die Zerlegung von Grund- und Oberschwingungen.

²⁴ zit. n. Yankovsky, Boris *Analyse und Synthese der Klangfarbe* (unveröffentlichtes Manuskript), Moskau. (Theremin Center Archiv 1935), S. 15, 45, aus dem Buch von Gethmann, Daniel: *Klangmaschinen zwischen Experiment und Medientechnik*, 2010, S.106

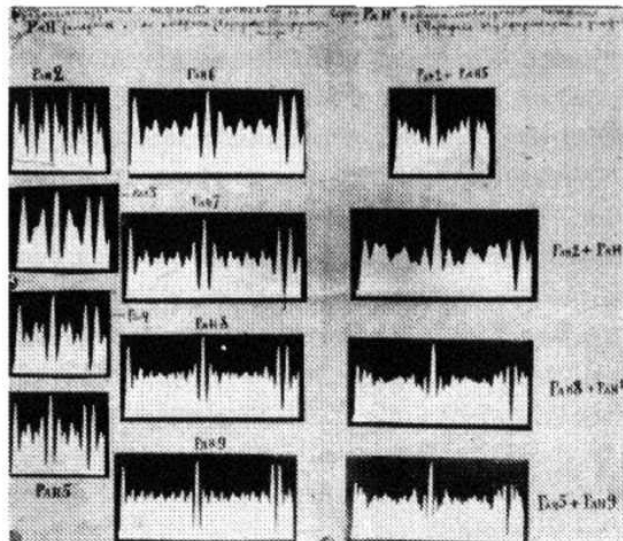


Abb. 12: Rechts: Schablonen der fN-Serie (Klasse der originalen Klarinetten), basierend auf ungeraden Obertönen und drei steilen Formantenkurven. Links: Schablonen der fP-Serie (Klasse der Violinen), basierend auf dem vollständigen Spektrum mit drei steilen Formantkurven. Theremin Center Archive. © Andrei Smirnov.

Image: Gethmann, Daniel: Klangmaschinen zwischen Experiment und Medientechnik 2010, S.114

Norman McLaren (Kanada)

[...] begann in den späten 1930er- Jahren mit handgezeichnetem Ton zu experementieren. [...] Dank des Lichtones (optical sound) ist es möglich, visuelle Informationen in Töne zu verwandeln. McLaren nutzte die Möglichkeiten dieses optischen Tonaufzeichnungssystems, indem er mit Pinsel und Tinte serielle grafische Muster auf die Tonspur des Filmstreifens auftrug.²⁵



Filmstills © National Film Board of Canada 2009

Diese Art der Tonerzeugung wird sehr schön von McLaren in dem Film "Pen Point Percussion" erklärt.

²⁵ zit. n. Jutz, Gabriele: *See this sound: Versprechungen von Bild und Ton*, Köln 2010, S. 64

Ein Ausschnitt aus dem Film

[...] He made it very clear to understand how to paint sound on a filmstrip.
And here is how it goes:²⁶

[...] The vibration strings set up in the air, which traveled into the microphone and then an electronic device translated them into vibrations of light. This narrow beam of light is photographed on movie film and gives you the soundtrack, which doesn't appear on screen.²⁷

[...] Norman McLaren says: „If a sound will make a pattern on film, a pattern on film will make a sound.“ You can even create your own sound by drawing directly on film. But to draw sound on the filmstrip is not just guesswork. The sound of any of this pattern can be calculated.²⁸

Size controls the loudness

A roll of small marks: lower sound
Larger marks: a louder sound

Die Größe der Figuren entscheidet über die Lautstärke

The shape of the marks controls the Sound quality

Thin straight lines: a sharp, rather unpleasant sound
Round dots sound smoother

Die Form entscheidet über die Tonqualität

The marks can be any shape you like

The distance the lines are apart controls pitch

Low pitch: lines far apart
Medium pitch
High note: lines are very close together

Der Abstand zwischen den Formen entscheidet über die Tönhöhe.

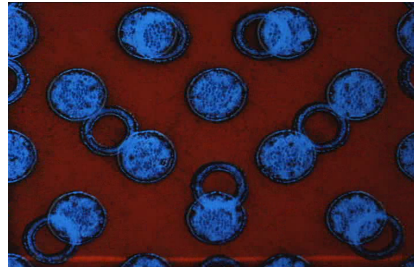
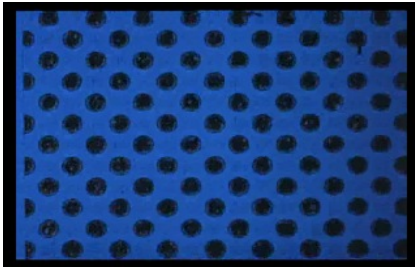
²⁶ Norman McLaren: Pen Point Percussion, https://www.youtube.com/watch?v=Q0vgZv_JWfM, 05.02.2015

²⁷ Ebd.

²⁸ Ebd.

In **Lis Rhodes** (England) *Dresden Dynamo 1971-72* bekommt man genau das zu hören, was man sieht.

[...] I made a film without a camera where the soundtrack is exactly the image and the image is exactly the soundtrack. That relationship between an image and a sound instead of being maybe edited later was actually sync from the moment it was made. So what you see is what you hear.²⁹



Filmstills: <http://thesoundofeye.blogspot.co.at/2010/11/lis-rhodes-dresden-dynamo-1971.html>, 10.03.2015

Aber auch in Österreich hat diese Form der Tonerzeugung um 1950 Einzug gehalten. In **Peter Tscherkasskys** Film *L'Arrivée* (gehört zu seiner *Cinema Scope-Trilogie*: *L'Arrivée*, *Outer Space* und *Dream Work*, 1999 bzw. 2001), basierend auf found footage³⁰ Material, werden die Bilder des Originalfilms leicht versetzt über die Lichttonspur kopiert. Dadurch wird das, was man sieht, auch akustisch wahrnehmbar.³¹



Peter Tscherkassky - L'arrivee (1997-98)
2min 09sec - 35mm/Cinemascope, 35mm & 16mm - Slipack Film (Wien), Light Cone (Paris)

Filmstill: <http://www.digicult.it/digimag/issue-063/peter-tscherkassky-audiovisuals-from-a-darkroom/>, 10.03.2015

²⁹ zit. n. Rhodes, Lis: <https://www.youtube.com/watch?v=ts5uT0Pdj4c>, 15.03.2015

³⁰ Als foundfootage (gefundenes Filmmaterial), bezeichnet man schon belichteten Film.

³¹ Vgl. Jutz, Gabriele: *Not Married: See this sound*. Versprechungen von Bild und Ton, Köln 2010 S. 74,

Bei der autogenerativen Tonerzeugung wird der Ton durch äußere Einwirkung wie Mechanik, Chemie, Hitze, Wasser etc. erzeugt. In **David Gattens** (Amerika) *What the Water Said, No. 1-3 und 4-6 (16mm Film)* sind sowohl Bild als auch Ton kameralos erzeugt. Zu verschiedenen Jahreszeiten werden unbelichtete Filmstreifen an der Küste von South Carolina im Meer versenkt. Die Spuren von Salzwasser, Meeresbewohnern, Sand und Fels werden im Bild als tiefe Abschürfungen erkennbar. Dadurch werden die Farbschichten³² des Filmes sichtbar.³³ Der Film entstand an drei Tagen im Jänner 1997, drei Tagen im Oktober 1997 und an einem Tag im August 1998.



Filmstill: <http://www.whitelightcinema.com/DavidGatten.html>, 08.03.2015

³² Ein Farbfilm besteht aus 3 Schichten Emulsion: den Grundfarben Rot, Grün und Blau.

³³ Vgl. Jutz, Gabriele: *Not Married: See this sound: Versprechungen von Bild und Ton*, Köln 2010 S. 74

...und der Weg zurück

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden die verschiedenen Lichttonabspielapparaturen gebaut. Die Idee dahinter bestand darin, mit dem Prinzip des Lichttonverfahrens die Schellackplatte abzulösen. Das Magnettonverfahren war damals noch nicht erfunden. Die Schellackplatte hatte eine begrenzte Spieldauer von zirka fünf Minuten, auf eine Filmrolle konnte ein ganzes Konzert aufgenommen und wiedergegeben werden. Dies war vor allem für klassische Konzerte und später dann für den Tonfilm relevant.

Der Lichtton

Das Prinzip des Lichttons ist auf der Idee aufgebaut, Helligkeitsschwankungen in akustische Signale umzuwandeln und geht auf das ausgehende 19. Jahrhundert zurück.³⁴

Die Anfänge

[...] Die Entdeckung der fotoelektrischen Eigenschaften von Selen im Jahr 1873 führte zur Entwicklung der Fotozelle, die schließlich beim Tonfilm dazu verwendet wurde, Schwankungen der Lichtstärke in Schall umzuwandeln. Der britische Elektroingenieur Willoughby Smith machte die Entdeckung, dass das chemische Element Selen durch Lichtveränderung seinen elektrischen Widerstand ändert.³⁵

[...] Alexander Graham Bell versuchte bereits 1880, Sprache mittels modulierter Lichtstrahlen zu übertragen. Die einzige damals zur Verfügung stehende Substanz zur Umsetzung von Helligkeit in elektrische Signale, das Selen³⁶, war jedoch seiner Trägheit zufolge nicht optimal dazu geeignet.³⁷

Erst **Ernst Ruhmer** gelang es im Jahre 1901, eine Apparatur zur Aufzeichnung und Wiedergabe von Schwingungen mittels Licht zu entwickeln. Die singende Bogenlampe nämlich, ein Gerät, das den Lichtbogen als Schwingungserzeuger benutzte.

³⁴ Vgl. Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, 2007, S. 51

³⁵ zit. n. Thoben, Jan: 2Die Lichtton-Technik, Technische Klang-Bild-Transformation, <http://www.see-this-sound.at/kompendium/text/51/2>, 30.3.2015

³⁶ Selen ist ein Halbmetall und wurde 1817 von Jöns Jakob Berzelius entdeckt.

³⁷ zit. n. Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, 2007, S. 51

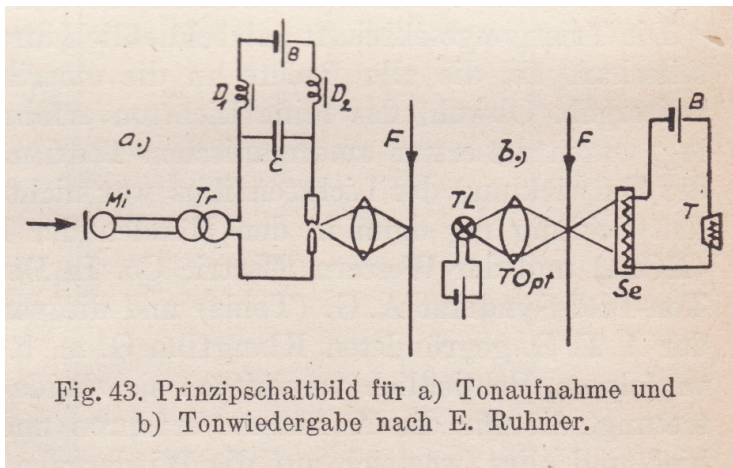


Fig. 43. Prinzipschaltbild für a) Tonaufnahme und b) Tonwiedergabe nach E. Ruhmer.

Schematische Darstellung: Hurich, Karl: *Einführung in die Kinotechnik*. Wien: F. Deuticke, 1949, S. 47
Erklärung des Bildes beginnend da, wo der Pfeil ist.

Die Stromquelle B liefert den Strom für die Bogenlampe. Die Drosselpulen D1 und D2, dienen als Gleichrichter und schirmen die Stromquelle B gegen den Wechselstrom des Transformators Tr ab. Durch die Modulation, also durch Sprechen, ändert sich der Bogenlampenstrom und somit auch die Helligkeit des Lichts. Der Lichtbogen wird mit Hilfe einer Linse zusammengezogen und trifft auf den mit konstanter Geschwindigkeit laufenden Film F. Wird nun in das Mikrophon Mi gesprochen, ändert sich die Leuchtstärke des Lichtbogens und erzeugt nach der Entwicklung des Films verschieden stark geschwärzte Querlinien auf dem Filmmaterial (das ist die Sprossenschrift!). Wird die Bogenlampe durch eine konstantbrennende Tonlampe TL ersetzt, deren Licht von einer Tonoptik TOpt zu einem schmalen Lichtspalt geformt wird, kann der vorher aufgenommene Ton wiedergegeben werden. Das Licht durchdringt den Film F und trifft auf den Selenwiderstand Se. Je nach Belichtung d.h. je nach Schwärzung des Filmmaterials F ändert sich die Helligkeit. Es fließt mehr oder weniger Strom durch Se und diese Änderungen können dann über T (Lautsprecher) abgehört werden.³⁸

Nach diesen grundlegenden Versuchen Ruhmers folgten einige Abänderungen und Verbesserungen, leider ohne verwertbares Ergebnis. Es war noch nicht möglich, eine entsprechende Lautstärke für die Wiedergabe zu erreichen. **Robert von Liebe** gelang es um 1910, mit seiner Erfindung der Elektronenröhre geeignete Verstärker zu bauen, die es ermöglichten, den Ton wieder hörbar zu machen.³⁹

[...] Vor den 1920er-Jahren verfügte die Filmindustrie noch über keine ausgereifte Technik, Bild und Ton in zeitlicher Übereinstimmung (synchron) aufzunehmen und abzuspielen. Dennoch waren Stummfilmvorführungen nur selten ‚stumm‘. Sie wurden von Livemusik auf einem Klavier, einer Kinorogel, manchmal auch einem ganzen Orchester begleitet, oder es war ein Grammophon, das den passenden musikalischen Hintergrund lieferte. Für besondere Geräuscheffekte setzte man

³⁸ Vgl. Hurich, Karl: *Einführung in die Kinotechnik*. Wien: F. Deuticke, 1949, S. 47

³⁹ Ebd., S. 47 - 48

eigens gebaute Toneffektmaschinen (*sound effect machines*) ein, welche die Handlung mit einer Fülle möglichst naturgetreuer Klänge – von Säbelrasseln bis Pferdegetrappel – untermalte. [...] Zuweilen war es auch das Publikum selbst, das den *soundtrack* beisteuerte, und zwar indem es die ins Filmbild einkopierten Songs mitsang.⁴⁰

[...] Einen wichtigen Schritt unternahm 1910 Eugen Reincke/Elbing (Ostpreußen, heute Polen) durch die Idee der Verbindung mit dem Laufbild, nämlich die gleichzeitige Wiedergabe von „potographischen Bild- und Tonaufnahmen“. Bei diesem System wird noch von getrennten Ton- und Bildfilmen ausgegangen.⁴¹

Der entscheidende Schritt gelang schließlich der Tri-Ergon Arbeitsgemeinschaft (**Vogt, Engl und Massolle**): Mit ihrem um 1919 datierten Patent, dem Prinzip der Umwandlung von Schallwellen in elektronische Impulse, die in eine Lichttonspur umgewandelt wurden und als Muster auf den Filmstreifen (*sound on film*) kamen⁴², entwickelte Tri-Ergon⁴³ vollständige Aufnahme- und Wiedergabeverfahren für den Lichtton. 1922 gaben sie in Berlin, im ausverkauften Alhambra-Kino, mit dem Film „Das Leben auf dem Dorfe“ die erste Vorstellung mit der neuen Technik.⁴⁴

1921 war zwar das Lichttonverfahren schon soweit ausgereift, dass damit vorgeführt werden konnte, wegen mangelnden Interesses konnte es sich aber nicht durchsetzen. Die erste offizielle abendfüllende Tonfilmvorführung fand in Amerika statt, am 6. Oktober 1927 in New York mit dem Film „The Jazz Singer“ (1927) von Alan Croslands. Der Ton kam hier von der Schallplatte, basierend auf dem Nadeltonsystem. Im Unterschied zum Lichtton, wo sich der Ton direkt auf dem Film befindet (*married print*), wird beim Nadeltonsystem der Ton auf einer Schallplatte (*sound on disc*) gespeichert. Bei einer Wiedergabe musste darauf geachtet werden, dass ein Gleichlauf zwischen Plattenteller und Projektor bestand.⁴⁵

Die Variante des Nadeltonsystems war kostspieliger und zeitaufwändiger als die des Lichttons und so wandte man sich dem kostengünstigeren und praktischeren System zu.

⁴⁰ Vgl. Jutz, Gabriele: *Not Married: See this sound: Versprechungen von Bild und Ton*, Köln 2010, S. 68

⁴¹ Vgl. Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, 2007, S. 52

⁴² Vgl. Jutz, Gabriele: *Not Married: See this sound: Versprechungen von Bild und Ton*, Köln 2010, S. 68

⁴³ Vgl. Ebd., Tri-Ergon, bedeutet Werk der drei

⁴⁴ Vgl. Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, 2007, S. 53

⁴⁵ Vgl. Jutz, Gabriele: *Not Married: See this sound: Versprechungen von Bild und Ton*, Köln 2010, S. 68.

Aufzeichnung – und Wiedergabe von Ton

Die Aufzeichnung eines Schallvorganges muss so sein, dass der gespeicherte Ton beliebig oft wiedergegeben werden kann. Es stehen vier verschiedene Verfahren zur Verfügung:

1. Der Nadelton
2. Der Magnetton
3. Der elektromechanische Ton
4. Der Lichtton

Der Lichtton ist jener, der sich von den vier Verfahren der Tonaufzeichnung- und Wiedergabe für den analogen Film durchgesetzt hat.⁴⁶

Prinzipielle Aufnahme und Wiedergabe von Lichtton:

[...] Für die Aufzeichnung von Lichtton auf Film wird ein dreieckiger Lichtstrahl auf einen Schwingenspiegel projiziert.⁴⁷

Es gibt hier zwei Verfahren (siehe Abbildung)

b.) mit bewegter Blende

a.) mit Schwingenspiegel, das ist das geläufigere Verfahren

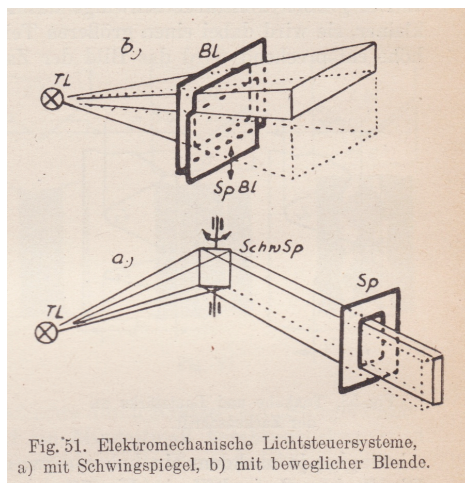


Image: Schematische Darstellung Hurich 1949, S 57)

TL= Tonlampe, SchwSp= Schwingenspiegel, Sp= Spaltblende,
BL= bewegliche Blende

[...] Dieser Schwingenspiegel wird durch die vom Verstärker kommende Tonfrequenzspannung zum Schwingen gebracht. Der durch den Spiegel bewegte Lichtstrahl deckt den Spalt mehr oder weniger ab und zeichnet so über das Mikroobjektiv/Tonobjektiv eine mehr oder weniger breite Doppelzackenspur auf das Filmnegativ.⁴⁸

⁴⁶ Vgl. Hurich, Karl: *Einführung in die Kinotechnik*. Wien: F. Deuticke, 1949, S. 43-46

⁴⁷ zit. n. Stark, Günter: *Tönende Schrift, von Min. 08:59- Min. 13:12*, <https://www.youtube.com/watch?v=jD8TjvA0vVM>

⁴⁸ zit. n. Stark, Günter: *Tönende Schrift, von Min. 08:59- Min. 13:12*, <https://www.youtube.com/watch?v=jD8TjvA0vVM>

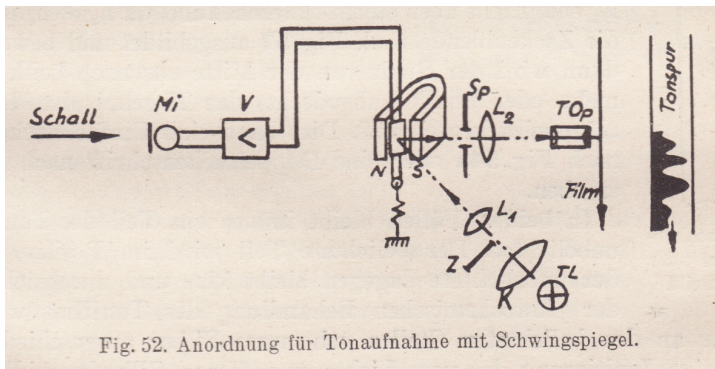


Image: Schematische Darstellung Hurich 1949, S 57

Mi= Mikrofon, V= Verstärker, S= Schwingenspiegel, TOp= Tonoptik, TL= Tonlampe

Nach der Aufzeichnung des Tons wird das Tonfilmnegativ belichtet, es entsteht somit der abspielbare Film. Prinzipiell werden Ton und Bild getrennt voneinander aufgenommen und erst zum Schluß, wenn alles so ist, wie vom Regisseur gewollt, werden Ton und Bild zusammen auf einen Film gekoppelt.

[...] Um die Lichttonspur am Projektor wieder hörbar zu machen, fällt das Licht einer Tonlampe durch eine Spaltoptik, wird hier zu einem schmalen waagrecht liegenden Spalt geformt und auf die Tonspur des Films geworfen. Der auf die Tonspur projizierte Lichtspalt fällt durch den Film, in seiner Helligkeit beeinflusst, auf das Fotoelement. Das Fotoelement wandelt das auffallende Licht in elektrische Spannung um, erzeugt also wieder eine Tonfrequenzspannung, die dann dem Verstärker zugeführt wird.⁴⁹

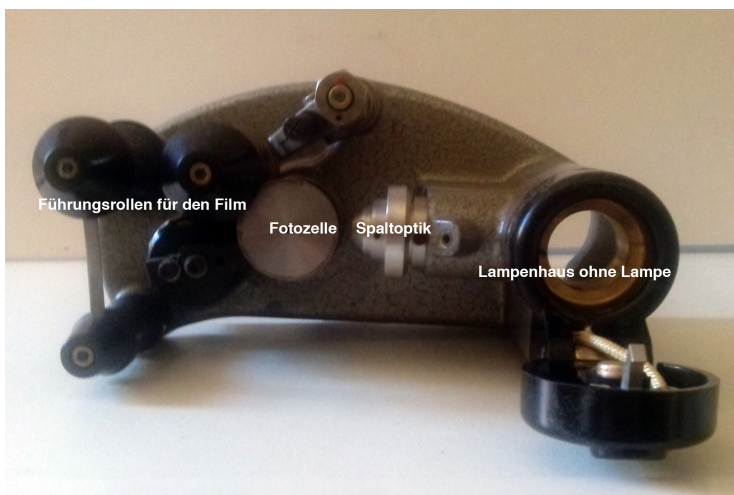


Image: Lichttonabnehmer ohne Film © Michaela Grass

⁴⁹ zit. n. Stark, Günter: *Tönende Schrift*, von Min. 08:59 - Min. 13:12, <https://www.youtube.com/watch?v=jD8TjvA0vVM>

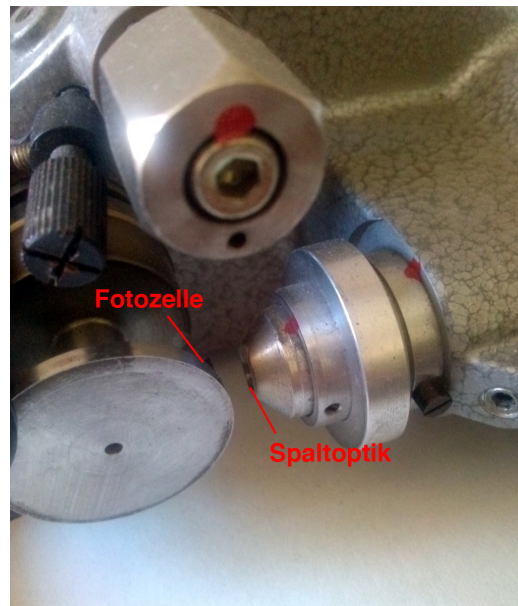


Image: Lichttonabnehmer mit und ohne Film © Michaela Grass

Das Fotoelement besteht aus dem Halbleiterelement Selen, und wandelt Licht direkt in elektrische Spannung (Schall) um.

Die zwei verschiedenen Tonspurarten

Bei der Lichttonaufzeichnung auf Filmmaterial gibt es zwei Verfahren: das Intensitäts- und das Amplitudenverfahren.

Die Sprossenschrift

Beim Intensitätsverfahren (auch Sprossenschrift genannt) entsteht nach der Film-entwicklung ein Streifen, der senkrecht und parallel zur Laufrichtung des Films liegt. Bei der Sprossenschrift bestimmt die Schwärzung (Schwarz-Grau-Weiß-Abstufung) die unterschiedliche Durchlässigkeit des Tons. Dieses Verfahren der Tonaufzeichnung findet heutzutage wenig bis gar keine Anwendung mehr, da es eine exakte Einhaltung der Positivgradation (Graustufen) erfordert. Kopien können leider nicht mehr ohne langwierige Versuchsprozesse erstellt werden und beim Restaurieren ist der Zwischenschritt eines Lichttonnegatives unumgänglich. Die restaurierte Fassung ist dann leider nicht mehr in derselben Qualität zu sehen wie das Original.⁵⁰

⁵⁰ Vgl. Brillo, Geschrieben 13 April 2007 - 16:23: <http://www.filmvorfuehrer.de/topic/3663-sprossenschrift/>, 12.02.2015



Image: „Optical-film-soundtrack“ von Iainf 09:33, 12 July 2006 (UTC) - Eigenes Werk. Lizenziert unter Creative Commons Attribution 2.5 über Wikimedia Commons - <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Optical-film-soundtrack.svg#mediaviewer/Datei:Optical-film-soundtrack.svg>, 08.03.2015

Die Zackenschrift

Beim Amplitudenverfahren (auch Zackenschrift genannt) entsteht ein Wellen / Zackenmuster parallel und senkrecht zur Laufrichtung des Films. Hier wird *nur ein Teil* der Tonspur geschwärzt, es entsteht die Zackenschrift. Dieses Verfahren der Lichttonaufzeichnung hat sich für den Tonfilm durchgesetzt und wird heute noch so verwendet. Eine Kopie zu erstellen braucht nicht denselben Aufwand wie bei der Sprossenschrift, doch leider kann es zu Verzerrungen bei der Wiedergabe des Films kommen. Diese sollte aber für den Kinobesucher nicht wahrnehmbar sein.⁵¹

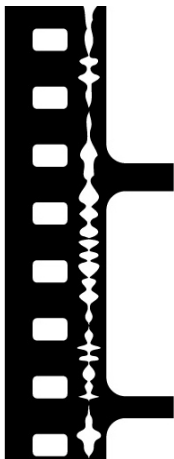


Image: „Optical-film-soundtrack“ von Iainf 09:33, 12 July 2006 (UTC) - Eigenes Werk. Lizenziert unter Creative Commons Attribution 2.5 über Wikimedia Commons - <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Optical-film-soundtrack.svg#mediaviewer/Datei:Optical-film-soundtrack.svg>, 08.03.2015

Laut meiner Recherche hat die Sprossenschrift zwar die bessere Tonqualität, die Zackenschrift ist aber die kostengünstiger Variante um Lichtton zu erstellen. Somit ist die Zackenschrift das System, das sich breitflächig (weltweit) für die Erzeugung von Tonfilm durchgesetzt hat.

⁵¹ Vgl. Brillo, Geschrieben 13 April 2007 - 16:23: <http://www.filmvorfuehrer.de/topic/3663-sprossenschrift/>, 12.02.2015

Lichttonapparaturen

Die ersten Vorrichtungen für Lichtton wurden schon im ausgehenden 19. Jahrhundert erfunden. Einer der ersten auf diesem Gebiet war **Arthur French St. George** (London), der mittels Selenzelle Schall auf fotoelektrischem Weg aufzeichnen und wiedergeben konnte. Zahlreiche Patente folgten, wobei es bei diesen Erfindungen vorrangig darum ging, die Telefonie zu verbessern.⁵²

Die ersten Apparate zur Aufführung von Filmen mit Ton gelang TriErgon (1919), nur leider waren diese Apparaturen nicht nur technisch aufwändig, sondern auch sehr kostspielig. Daher versuchten die Konstrukteure von Lichttoninstrumenten, einen nicht so teuren Weg zu gehen, indem sie ihre eigenen Apparaturen erfanden. Die nötige Idee des Lichttones war ja hinreichend bekannt und so musste man nur noch die eigene Vorstellung umsetzen.⁵³

Drei bedeutende Vertreter des deutschsprachigen Raumes waren **Richard Michl** in Berlin, **Emerich Spielmann** in Wien und **Edwin Welte** in Freiburg.

Michl meldete 1925 ein „Tasteninstrument zur Erzeugung von Musik auf elektrischem Wege“ zum Patent an.

[...] Es handelt sich dabei um ein Instrument mit rotierenden Scheiben aus Celluloid oder Glas, auf dem Einzeltöne „von Musikstücken auf einen mit photographischer Schicht belegten Phonogrammträger“ aufgenommen sind. Die aufgenommenen Klänge sollten mittels Glühlampe und Selenzelle bzw. Rubidiumamalgamröhren wieder in Stromschwingungen umgewandelt werden. Die Lampe sollte jeweils bei Tastendruck eingeschalten werden.⁵⁴

Somit kann das vorher aufgenommene Musikstück wieder hörbar gemacht werden.

⁵² Vgl. Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, 2007, S. 51- 53

⁵³ Ebd., S. 51- 53

⁵⁴ zit. n. Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, 2007, S. 54,

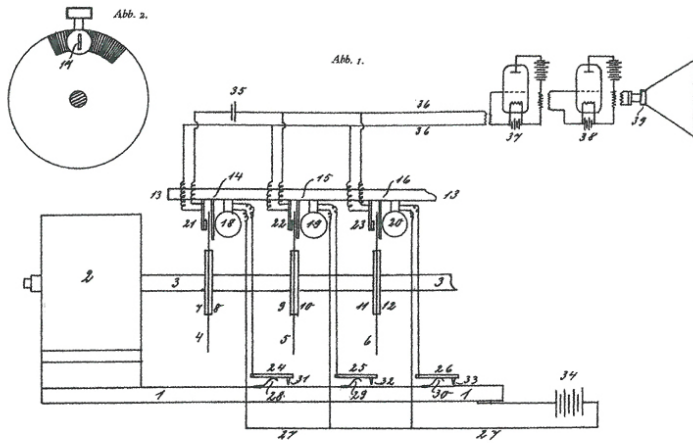


Abb. 2-18: Die Abbildung aus Michels Patent 443.535: Die Scheiben 4, 5, 6 rotieren vor den Selenzellen 21, 22, 23. Beleuchtet werden sie mittels der Glühlampen 18, 19, 20, geschaltet über die Tasten 24, 25, 26.

Image: Donhauser, Peter: Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich, 2007, S. 54

[...] Michl selbst setzt sein Patent nicht in die Realität um. Es wurde ihm später finanziell abgelöst und führte Mitte der 1930er Jahre zum Bau der Lichttonorgel durch Edwin Welte.⁵⁵

Edwin Welte entstammt einer Dynastie von bekannten Orgel- und Musikautomatenherstellern. Eine der bekanntesten Apparaturen aus dem Hause Welte ist das System „Welte Mignon“ für Reproduktionsklaviere.

Welte übernahm das Patent von Michl. 1936 war der erste Prototyp der Lichttonorgel fertiggestellt. Anstelle von Scheiben konnten auch Filmbänder verwendet werden.⁵⁶



Image: <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/848145>, 14.05.2015
Im Bild sind zu sehen: Welte, Faass und der Organist Richard Neumann.

⁵⁵ zit. n. Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, 2007, S. 57

⁵⁶ Vgl. Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, 2007, S. 169

[...] Nachdem die grundlegenden Prinzipien und technologischen Verfahren bereits existierten, ging es bei der Entwicklung der Lichttonorgel vor allem um die Implementierung in ein möglichst vielseitiges und betriebssicheres Musikinstrument. [...] Vorrangig war die Übertragung von Schwingungskurven auf die Tonscheibe der Orgel. Zu diesem Zweck wurden entweder Aufnahmen von Tonschwingungen realer Orgelpfeifen bzw. von Blasinstrumenten benützt oder diese Kurven rechnerisch durch Klangsynthese künstlich erzeugt. [...] Das eigentliche Problem für Welte war, die Periodenlänge (gleichbedeutend mit der Tonfrequenz) in Einklang mit der Umdrehungszahl der Scheibe so auf die Spuren der Tonscheibe zu verteilen, dass sich keine Sprungstellen oder Leerstellen ergaben. Erschwert wurde die Arbeit dadurch, dass bei einer Orgel mehrere Klangfarben (Register) implementiert werden müssen, was den Aufwand erheblich erhöht.⁵⁷

Als Grundlage für die Konstruktion waren Oszillogramme „echter“ Klänge und die theoretische Grundlage der Klangsynthese durch Mischung von Obertönen notwendig. Als Trägermaterial dienten mit lichtempfindlicher Fotoemulsion beschichtete Glasscheiben mit einem Durchmesser von 40cm und einer Dicke von 5mm.



Ausgemaltes Oszillogramm, Image: Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, 2007, S. 172

Die prinzipielle Herstellung von Oszillogrammen erfolgte mit einem selbstgebauten Belichtungsapparat (der wie eine Art Lichtstrahlosziloskop⁵⁸ arbeitete) und einem Plattenspieler. An einem Plattenspieler wird ein Schwingspiegel (3) angebracht und dieser soll die Schallereignisse, die durch die Plattenrillen (7) entstehen, auf ein Fotopapier (4) projizieren.⁵⁹

Das darunter liegende Bild zeigt eine Werkzeichnung mit dazugehöriger Beschriftung des Aufnahmesystems.

⁵⁷ zit. n. Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, 2007, S. 170, 171

⁵⁸ Ein Lichtstrahlosziloskop ist ein Gerät zur Beobachtung von elektrischen Schwingungen, und benutzt wird ein Lichtstrahl zum Schreiben der Kurve auf eine Mattscheibe. Heutzutage werden Bildröhren, ähnlich einem Fernsehapparat, auf der ein Elektronenstrahl eine helle Kurve darstellt, oder einen Computerbildschirm verwendet. In den 1930er-Jahren, waren die Geräte noch nicht soweit entwickelt. <http://www.technischesmuseum.at/objekt/lichtstrahl-oszilloskop>,

⁵⁹ Vgl. Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, 2007, S. 178-180

Abb. 4-39: Die dazu korrespondierende Werkzeugzeichnung. Die Teile: 1. Lichtquelle, 2. Lichtstrahlen, 3. Reflektierender Schwingspiegel, 3a. Detail: Abtastnadel und Lagerung, 4. Aufnahmegehäuse, Draufsicht, 5. Aufnahmegehäuse mit Filmtrommel im Querschnitt, 6. Filmtrommel, 7. Plattenteller, 8. Balg zur Bewegung der Filmtrommel, 9. Spanngewicht.

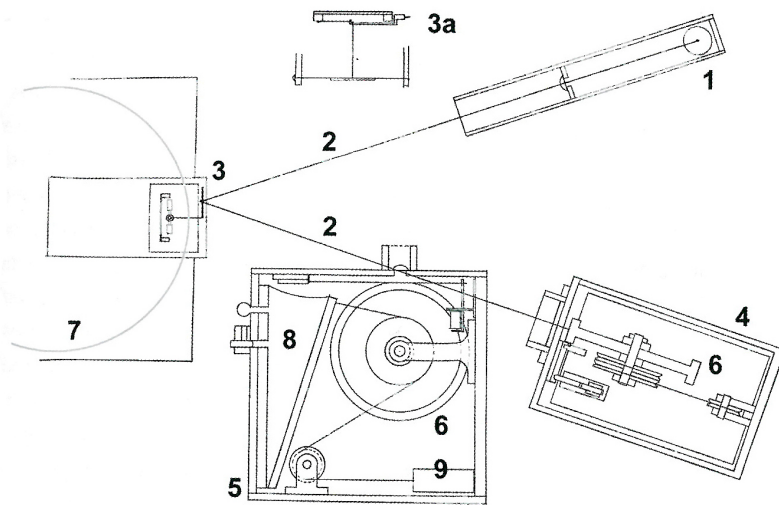
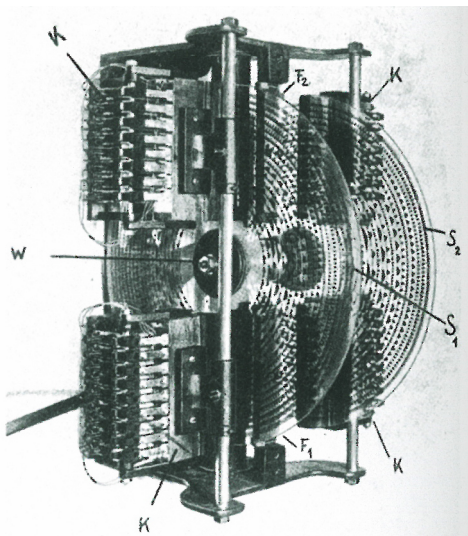


Image: Donhauser, Peter: Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich, 2007, S. 179

Danach wurde das Oszillogramm händisch nachbearbeitet, fotomechanisch verkleinert und auf eine lichtempfindliche Tonscheibe aufbelichtet. Es ergab sich eine Zackenschrift, wie sie beim Tonfilm üblich ist. Diese Scheiben mit der darauf befindlichen Zackenschrift wurden dann wieder mittels Glühlampe beleuchtet und die Helligkeitsschwankungen des durchgelassenen Lichts mittels Fotozelle/Selenzelle wieder in Ton umgewandelt; hörbar gemacht wurde der Ton über einen Verstärker und einen Lautsprecher.⁶⁰



Erhaltene Tonscheiben mit Registerzuordnung

Image: Donhauser, Peter: Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich, 2007, S. 182

⁶⁰ Ebd., S. 178-180

Das Interesse an der Orgel war groß und sie wurde in der Fachwelt akzeptiert.

[...] Ihr schien eine glänzende Zukunft bevorzustehen. Die Presse äußerte sich größtenteils begeistert: „Orgelkunst in einer Vollkommenheit, wie man sie bisher nicht erlebte. Das Ideal klanglicher Vorstellung – hier wird es verwirklicht ... Der Weg in die Zukunft der Elektromusik führt über die Welte-Lichtton-Orgel.“⁶¹

Andere Stimmen forderten

[...] Welte stünde an der Grenze eines Neulandes: „Wir fordern von dem neuen Instrument nicht die Kopie alter Klänge, wir fordern von ihm, was es alleine zu geben im Stande ist, nämlich die ihm eigene, noch ungehörte synthetische Klangwelt.“⁶²

Ein großer Vorteil der Lichtton-Orgel war, dass sie viel weniger Platz benötigte als eine normale Pfeifenorgel und dass die einzelnen Teile beliebig im Raum angeordnet werden konnten. Leider gab es auch ein Problem, und zwar jenes des Einschwingvorgangs, der bei jedem Instrument vorhanden ist und der den Klang eines Instruments für unser Ohr eindeutiger macht.⁶³

Die einzige vorhandene Lichttonorgel wurde 1945 in den Wirren des Kriegs zerstört. Edwin Welte versuchte zwar, nach dem Krieg seiner Lichttonorgel zum Erfolg zu verhelfen, leider scheiterte er. Die verwendete Technik war inzwischen veraltet. Dennoch war die Welte-Orgel ein Vorreiter der gesampelten analogen Klänge und deren Wiedergabe. Die Konstruktionspläne und zahlreiche Teile der Lichttonorgel befinden sich heute noch im Augustinermuseum in Freiburg.

Emerich Spielmann war ein Wiener Architekt und Erfinder. Er meldete sein Patent für ein Lichttoninstrument, das Superpiano, 1927 an. Zwei Jahre nach Michls und wesentlich früher als Welte, mit praktisch demselben Prinzip. Auch hier sollten rotierende Scheiben als Träger für die fotografischen Instrumentaltöne verwendet werden. Auch hier sollte eine Glühlampe und eine Selenzelle zum Ablesen der Toninformation dienen. Und auch hier sollte das Instrument andere Klangfarben, wie Stimmen von Sängern oder die Töne einer Geige, imitieren. Die erste öffentliche Vorstellung mit dem Superpiano fand am 9. Jänner 1929 im „Österreichischen Kulturbund“ statt und Erich Wolfgang Korngold⁶⁴ spielte auf dem neuartigen Instrument. Durch ein Missgeschick bei der Vorführung - ein neugieriger Besucher betastete das Instrument und verursachte daraufhin einen Kurzschluss an der Batterie des Scheibenmotors - konnte Korngold nur mit großen Schwierigkeiten das Superpiano spielen.⁶⁵

⁶¹ zit. n. Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, 2007, S. 174

⁶² zit. n. Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, 2007, S. 175

⁶³ Ebd., S. 174-175

⁶⁴ Erich Wolfgang Korngold, geboren 1897 in Brünn (Österreich-Ungarn), war ein austroamerikanischer Komponist, Dirigent und Pianist.

⁶⁵ Vgl. Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, 2007, S. 57-59



Image: Superpianp © Technisches Museum Wien

Die Presse äusserte sich so darüber

[...] Der Klangeindruck unterscheidet sich im wesentlichen nicht viel von der Aetherwellenmusik der Professoren Theremin und Martenot⁶⁶. Der Ton des Sphäreninstrumentes ist vielleicht etwas ausgeglichener, aber der Kern ist der gleiche.⁶⁷

Emerich Spielmann hatte noch einen weiteren Auftritt sowie eine Übertragung eines Konzertes mit seinem Superpiano, doch dann wird es still um das Lichttoninstrument. Ein Grund, warum das Gerät nicht so gut ankam, war die Inkonstanz der Tonerzeugung.

[...] Tatsächlich ist es schwer, mit einfachen elektronischen Mitteln konstante Umdrehungszahlen zu erreichen, die aber für ein Musikinstrument unabdingbar sind.⁶⁸

Der Ton der Tonscheiben, die noch im Technischen Museum in Wien erhalten sind, wurde händisch aufgetragen und mit einem sinusförmigen oder dreieckigen Kurvenverlauf konstruiert. Diese Tonscheiben eignen sich eher zur Produktion synthetischer Klänge. Von den Plänen, Originalklänge wiederzugeben, zeugen sich nicht.⁶⁹

⁶⁶ Leon Theremin (Russland) erfand 1920 das Theremin, mit dem man berührungslos Töne erzeugen konnte. Martenot (Frankreich) erfand 1928 die Ondes Martenot, welches auf dem gleichen Prinzip wie das Theremin beruht.

⁶⁷ zit. n. Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, 2007, S. 59

⁶⁸ zit. n. Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, 2007, S. 60

⁶⁹ Vgl. Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*, 2007, S. 60



Image: Superpiano © Technisches Museum Wien

Es gibt noch wesentlich mehr Vertreter aus Kunst, Wissenschaft und Technik, die sich mit der Erzeugung von sythetischem Ton und dazu geeigneten Abspielapparaturen beschäftigt haben. Zum Beispiel den Russen Yevgeny Sholpo, der mit seinem Variophone ähnliche Wege ging und es 1932 öffentlich vorstellte. Das Variophone steht heute im Museum of Soviet synthesizers.



Image: Variophone: <http://www.ruskeys.net/eng/base/variofon.php>, 02.05.2015

Möglicherweise ist das Variophone noch spielbar, Daphne Orams Instrument ist es nicht mehr, genauso wenig wie die Welteorgel. Spielmanns Superpiano, das im technischen Museum in Wien steht, ist hingegen noch immer betriebsfähig. In der Kulturfabrik Hainburg kann man sich noch weitere (teilweise auch noch spielbare) Klangmaschinen in der Ausstellung "*Zauberhafte Klangmaschinen*" ansehen.

Das Vorbild und der Wegbereiter meiner Arbeit ist das selbstgefertigte Instrument von **Daphne Oram** (England), das Oramics. Ich war fasziniert von der Tatsache, dass diese Art eines Instruments herstellbar ist. Natürlich war Oram nicht eine der ersten, die ein solches Gerät gebaut haben, aber sie war eine Pionierin in der elektronischen Musik und ihr Interesse galt

[...] Klänge(n), die man mit Hilfe der Wissenschaft aus dem Nichts produzieren kann – die Möglichkeit diese Klänge in endlosen Variationen zu schaffen, machen den menschlichen Musiker überflüssig.⁷⁰

Während Spielmann und Welte versuchten Instrumente und Stimmen mit ihren Apparaturen zu imitieren, wollte Oram diese Klänge selber erzeugen. Wie auch schon Luigi Russolo's 1913 in seinem Text, *L'Arte dei rumori* (Die Kunst der Geräusche / The Art of Noises) schreibt, soll man aus diesem beschränkten Kreis, Töne zu erzeugen ausbrechen und auf innovative Art die unendliche Vielzahl der Klänge erobern.⁷¹

Das war auch Orams Anliegen, nämlich Geräusche und Klänge aus anderen Quellen zu erzeugen. Mit ihrem Instrument Oramics (1950) wollte sie ein Gerät schaffen,

[...] das dem Komponisten alle Klangfarben zur Verfügung stellt, »die es auch in der Natur geben kann.«⁷²



Daphne Oram mit ihrem Oramics

Image: <http://www.theguardian.com/music/gallery/2008/aug/04/electronic.music#img-7>
BBC Archive, 14.05.2015

Sie wollte ein Instrument schaffen, das nicht nur Klänge oder Instrumente imitiert, sondern eigene Klänge und Geräusche erzeugt. Sie baute ein Instrument, das nicht nur zu Reproduktionszwecken verwendet werden kann, sondern auch zu Produktionszwecken – so wie László Moholy-Nagy schon in den 1920er Jahren in seinem Text

⁷⁰ zit. n. Büsser, Martin: *Blühende Nischen*, 1968-2010 [Hrsg.], Mainz: Ventil Verl. 2010, S 115

⁷¹ Russolo, Luigi: *L'Arte dei rumori*, Edizioni Futuriste di "Poesia", Corso Venezia Milano, 1913

⁷² zit. n. Büsser, Martin: *Blühende Nischen*, 1968-2010 [Hrsg.], Mainz: Ventil Verl. 2010, S 118

„Produktion - Reproduktion“⁷³ eine entsprechende „fundamentale Erneuerung“ forderte.⁷⁴

[...] Statt bereits existierende Töne lediglich zu reproduzieren, sollten Mittel und Wege gefunden werden, „die bisher nur für Reproduktionszwecke angewandten Apparate auch zu produktiven Zwecken erweitern. [...] Als Beispiel führte er die Grammophonplatte an, die durch direkte manuelle Manipulation (etwa durch Ritzen) in ein Instrument der Produktion verwandelt werden könne.⁷⁵

Daphne Oram setze dies wortwörtlich um. Wie oben im Bild zu sehen ist, malt Oram direkt auf den Filmstreifen, der dann durch einen Motor weiterbefördert, über die Fotozelle gelesen und in Klang übersetzt wird. Das Oramics ist in einer Dauerausstellung im Science Museum in London zu sehen.

*Der Tag wird kommen, an dem der Komponist direkt an dem Computer den Ton komponieren wird*⁷⁶
Daphne Oram

Inzwischen kann das Oramics auch als App für das Mobiltelefon heruntergeladen werden.

⁷³ Moholy-Nagy, László: „Produktion-Reproduktion“, 1922

⁷⁴ Vgl. Jutz, Gabriele: Not Married: *See this sound*: Versprechungen von Bild und Ton, Köln 2010, S. 69

⁷⁵ zit. n. Jutz, Gabriele: Not Married: *See this sound*: Versprechungen von Bild und Ton, Köln 2010, S. 69, zit. n. László Moholy-Nagy, „Produktion-Reproduktion“ (1922) in: Schneede, zit. Anm. 13, S. 238f., hier 239

⁷⁶ zit. n. Büsser, Martin: *Blühende Nischen*, 1968-2010 [Hrsg.], Mainz: Ventil Verl. 2010, S. 118

Meine Arbeit

Hintergrund und Motivation

Ich habe keinerlei musikalische Ausbildung oder je ein Instrument bis zur Perfektion gelernt und vielleicht ist das auch der Grund, warum mich das Zeichnen von Ton und die synthetische Erzeugung von Klängen so sehr interessieren. Ich bin seit zirka fünf Jahren Filmvorführerin in verschiedenen Kinos und beschäftige mich dort auch mit 35mm Projektoren. Als ich zum ersten Mal verstand, wie so ein Projektor aufgebaut ist, kam mir die Idee, mit dem Lichttonabnehmer, der in jedem Projektor eingebaut ist (und dort für die Tonwiedergabe zuständig ist), ein Art Apparatur zu bauen. Meine Absicht bestand darin, eine Art Instrument mit diesem Lichttonabnehmer zu bauen, mit dem man Klänge selber produzieren kann.



Image: Projektor © Michaela Grass

Ein Filmprojektor war vor 1930 nur für das Bild zuständig, der Ton wurde entweder durch eine Schallplatte oder eine Musikkapelle erzeugt. Mit der Erfindung des Lichttonabnehmersystems fielen die bisherigen Systeme weg (Schallplatte, Musikkapelle) und es konnten Bild und Ton von einem Gerät abgespielt werden. Was nun sehr interessant war, der Lichttonabnehmer kann einfach aus dem Filmprojektor entnommen, er kann einfach ausgetauscht werden. Dies passiert, weil er kaputt ist oder was eher der Fall ist, ein anderes Lichtsystem verwendet wird.

Es gibt zwei Arten von Lichtsystemen: das Weißlichtsystem und das Rotlichtsystem (Rotlicht liegt im Infrarotbereich und ermöglicht eine bessere Tonwiedergabe, ein sogenanntes Surroundsystem kurz SRD).

Bei der Abtastung von Schwarz-Weiß-Filmen entstehen keine Probleme, weil das Silberband des Schwarz-Weiß-Films für Weißlicht- und Rotlicht eine ausreichende Deckung hat. Heute enthält der Farbfilm nach der Entwicklung kein Silber mehr. Früher wurde, um die Tonspur für infrarotes Licht undurchlässig zu machen, Tonschleim (Hydrochin)⁷⁷ mittels eines chemischen Prozesses aufgebracht. Damit wurde die Tonspur undurchlässig gemacht⁷⁸ und der Ton konnte abgetastet werden. Doch auf Grund der Gefahren für Umwelt und Gesundheit wurde vor wenigen Jahren der bewährte Tonschleimprozess bei der Erstellung von Farbfilmkopien aufgegeben. Für eine Wiedergabe des nun nicht mehr für infrarotes Licht sperrenden Filmmaterials wird eine Lichtquelle benötigt, deren Spektralfarbe komplementär zur Farbe der Tonspur ist. Da heute Hochleistungsdioden oder Strichlaser anstelle von Tonlampen zum Einsatz kommen, wurden cyanfarbige Tonspuren entwickelt⁷⁹. Bis heute ist es in der Praxis üblich, einen alten Lichttonabnehmer durch einen neuen zu ersetzen.

In meiner Arbeit verwende ich das alte Lichtsystem, nämlich jenes, das auf Weißlicht basiert. Natürlich kann der Lichttonabnehmer nicht ganz für sich alleine funktionieren, es braucht auf jeden Fall eine Stromquelle und eine Endstufe (Lautsprecher). Ein Teil meiner Arbeit bestand darin, eine solche Apparatur selbst zu bauen. Dass dabei auch viele Schwierigkeiten bzgl. der Materialbeschaffung auftreten können, habe ich im Zuge der Konstruktion des Pentavox rasch herausgefunden. In Gesprächen mit vielen Kinotechnikern wurde mir vermittelt, dass meine Absicht, den Tonabnehmer für sich alleine laufen zu lassen, unmöglich sei. Im Zuge meiner Forschungen gelang es mir jedoch, genau dieses vermeintlich unmögliche Vorhaben zu realisieren.

Wie gehe ich vor, meine Methode

Visualisierung von Ton...

Die Methode ist, dass im *ersten Transformationsschritt* die Bilder der subjektiven Vorstellung von Musik gesammelt werden. Diese visuellen, gesammelten Ergebnisse werden auf 35-mm-Filmmaterial aufgemalt – *und zwar genau an jener Stelle, an der sich üblicherweise die Tonspur auf einem 35-mm-Filmstreifen befindet*. Die Formen können geometrisch, abstrakt oder in Ornamenten angeordnet dargestellt sein.

⁷⁷ Hydrochin findet Verwendung in der Fotolabortechnik und wird als Reduktionsmittel zum Entwickeln von Filmen und Bildern eingesetzt.

⁷⁸ Undurchlässig meint, die Hell- und Dunkelbereiche die es braucht, um Lichtton abtasten zu können.

⁷⁹ Vgl. Martin: *Rotlicht beim Tonfilm* - Newbies -Filmvorfürerforum: <http://www.filmvorfuehrer.de/topic/11266-rotlicht-beim-tonfilm/>, 25. 05. 2015

Gesammelt soll ausdrücken, dass egal welche Formen sich ergeben (und sei es, dass der Filmstreifen durch Schleifen auf dem Boden mit Spuren versehen wird oder durch direktes bemalen, während Streifen durch den Tonabnehmer gezogen wird) es jedem frei steht, das Gehörte auf individuelle Art umzusetzen. Es gibt keine Regel, wie sich Musik für jeden einzelnen visualisieren soll. Es gibt kein Richtig und auch kein Falsch!

....und der Weg zurück

Im zweiten Transformationsschritt wird, um nun die eigene Vorstellung von Musik – aktuell als Bild dargestellt – wieder hörbar zu machen, der Filmstreifen über den Lichttonabnehmer abgetastet und so die seinem inneren Bild entsprechende Musik auf völlig neu gestaltete (= klingende) Art wiedergegeben.

Hypothese

Die Hypothese ist, dass das Pentavox (Tonabnehmer, Transportrolle, Motor, Lautsprecher und dem Filmstreifen) in der Lage ist, den individuell visualisierten Ton als Klang/Geräusch wiederzugeben und somit relativ unbegrenzte Möglichkeiten an Klangfarben zur Vergütung stehen

Forschungsarbeit im Detail

Ton zeichnen

Visualisierung von Ton...

Die ersten Versuche, Klänge nach dem Prinzip von Norman McLaren auf Filmstreifen aufzumalen, haben funktioniert. Die Forschungsergebnisse der Arbeit mit dem Pentavox liegen handschriftlich im Anhang vor.

Als Musikstück habe ich „Anitras Tanz“ aus Edvard Griegs Peer Gynt Suite ausgewählt. Ich halte dieses Werk für besonders facettenreich, da es eine hohe assoziative Kraft hat und in meiner schriftlichen Arbeit bereits vorkommt.

Pentavox

....der Weg zurück



Image: Eine von fünf Apparaturen des Pentavoxes © Michaela Grass

Meine ursprüngliche Idee, dreizehn Tonabnehmer zum Klingen zu bringen, habe ich bald wieder verworfen: Es ist nämlich nicht so einfach, so viele Lichttonabnehmer käuflich zu erwerben. Natürlich hätte auch die Möglichkeit bestanden, diese Fotoelemente zu kaufen und daraus die Abnehmer selber zu bauen, doch die Idee war eine andere.

Die Idee war, schon vorhandene Systeme zu verwenden und nicht eigene Elemente zu bauen.

Nach dem Verwerfen des Baus von dreizehn Apparaturen (mit dreizehn Tonabnehmern) für eine ganze Oktave (weiße plus schwarze Klaviertasten), habe ich mich aus unten beschriebenen Gründen für fünf Abnehmer und für die Pentatonik (ohne schwarze Tasten) entschieden. Die Pentatonik wird von Musikern seit jeher gewissermaßen als Basis der theoretischen Musik angesehen. Die Pentatonik ist, wie der Name schon sagt, das Fünftonsystem und wird als eines der ältesten nachgewiesenen Tonsysteme beschrieben.⁸⁰

Unterschieden wird zwischen der hemitonischen und der anhemitonischen Pentatonik. In der hemitonischen Pentatonik gibt es ganze und halbe Töne. In der anhemitonischen gibt es nur ganze Töne, es sind keine Halbtöne enthalten.

⁸⁰ Vgl. Kindscher, Louis: *Ist das älteste Tonsystem vielleicht das fünftönige der Chinesen zu betrachten?* Niederheinische Musik-Zeitung, Herausgegeben von Professor L. Bischoff, Verlag der M. DuMont-Schauberg'schen Buchhandlung, Köln 1859, S. 255

Ihren Ursprung hat die Pentatonik im ostasiatischen Bereich und kennzeichnet seit 3000 v. Chr. die Musik vieler indigener Völker Asiens, Afrikas, Amerikas und des frühen Europas. Heutzutage findet die Pentatonik in vielen Musikbereichen Verwendung, wie z. B. bei Claude Debussy (klassische Musik), in der Rockmusik, im Jazz als Mollpentatonik, im Blues als Grundlage der Blues-Tonleiter, in der Volksmusik und in vielen Kinderliedern, die auch allgemein bekannt sind wie z. B. „Kuckuck, Kuckuck, ruff's aus dem Wald" oder „Backe, backe Kuchen". Aber auch in Werbejingles wie z. B. „ Haribo macht Kinder froh und Erwachsene ebenso", ist auf dem pentatonischen Prinzip aufgebaut.⁸¹

Meine Entscheidung fiel zugunsten der anhemitonischen Pentatonik, da sie mit fünf ganzen Tönen funktioniert.

Das Pentavox arbeitet mit fünf Apparaturen und mir war wichtig, mein Gerät mit einem Tonsystem in Verbindung zu bringen. Ich wollte mir quasi etwas aus der *theoretischen Musik* entlehnen, da mit dem Gerät, das eine Art Instrument ist, Klänge erzeugt werden können. Weiters war interessant, dass die Pentatonik eines der *ursprünglichsten* Tonsysteme ist, und freies Malen oder Zeichnen auch ein sehr *ursprünglicher, spielerischer und intuitiver* Akt.

Aufbau und Funktionsweise der Apparatur Pentavox

Das Pentavox besteht aus fünf einzelnen Holzboxen und jede Box beinhaltet:

- Einen Lichttonabnehmer mit Tomlampe
- Eine Transportrolle
- Zwei Netzteile für die Stromversorgung des Motors und der Lichttonlampe
- Einen Motor, um die Transportrolle anzutreiben
- Zwei Kippschalter, um den Motor und das Licht in Betrieb zu nehmen
- Ein Potenziometer (Spannungsregler), der die Geschwindigkeit des Motors regelt
- Zwei Schalter, einer um das Licht der Tonlampe zu schalten und der andere, um den Klang zum Lautsprecher durchzuschalten. Die beiden Schalter werden zu einer Taste verbunden, da es keinen Ton ohne Licht geben kann.
- Einen Lautsprecher

⁸¹ Vgl. Wilhelmsburg, Kiga: Pentatonik: http://www.waldorfwilhelmsburg.de/front_content.php?idart=117, 2012, 14.05.2015



Image: Erster Versuchsaufbau in der Tischlerei Der Holzmichel © Michaela Grass

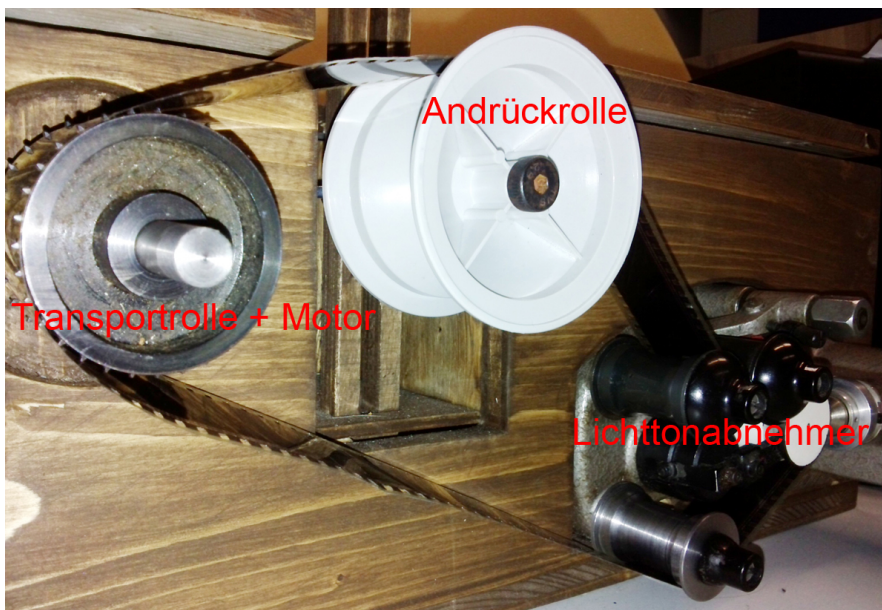


Image: Der erste Apparat (Versuchsaufbau) © Michaela Grass

Jedem Lichttonabnehmer steht eine Transportrolle gegenüber, die durch einen Motor betrieben wird. Mittels Transportrolle wird der Filmstreifen, auf dem sich das visuell realisierte Ergebnis des Gehörten befindet, durch den Lichttonabnehmer gezogen, beim Fotoelement abgelesen und in Klang übersetzt. Die Andrückrolle wird zum Spannen des Filmstreifens verwendet, um einen fast gleichmäßigen Durchlauf zu erhalten. Durch drücken der Taste wird das Ergebnis schließlich hörbar.

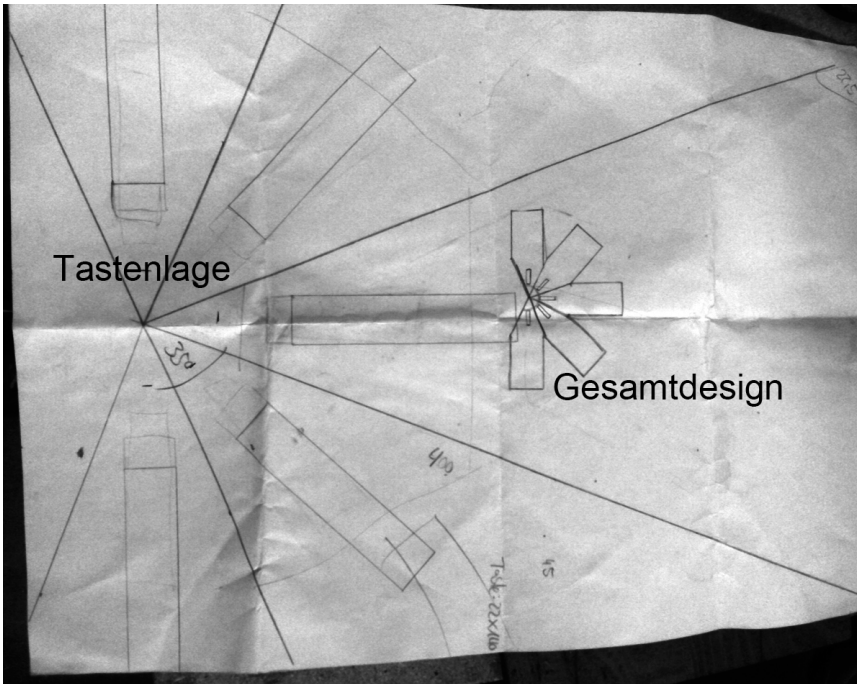


Image © Michaela Grass



Image: Bedienpanel für Motor und Licht.

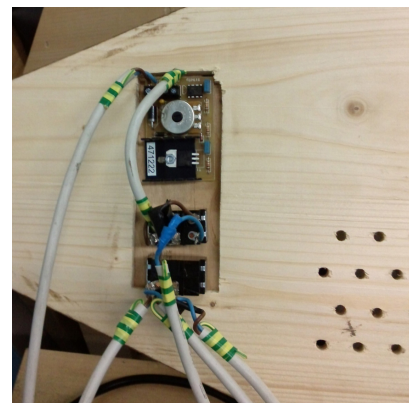


Image: Position von Tast und Schaltelementen © Michaela Grass



Image: Gesamtdesign (Konstruktion noch nicht ganz abgeschlossen) © Michaela Grass

Jede Box kann auch für sich alleine betrieben werden, als sogenanntes Stand-Alone-System. Wesentlich ist, dass das Prinzip, dass der Lichttonabnehmer auch ohne den Bildwerfer funktionieren kann, erhalten bleibt und jede Apparatur auch einzeln betrieben werden kann. Aufgrund dessen ergeben sich auch die fünf Einzelsysteme, die allerdings (und vor allem) in ihrer Gesamtheit funktionieren sollen.⁸²

⁸² Bei einer Ausstellung wird an die gesamte Apparatur ein Mp3-Player und ein Kopfhörer angeschlossen, um das Stück, das visualisiert werden soll („Anitras Tanz“ aus Edvard Griegs Peer Gynt Suite), auch hören zu können. Auf einer kleinen Holzfläche (Beitsch) können leere Filmstreifen bemalt werden.

Conclusio

Die Konstruktionsphase der Pentavox-Apparatur kann man als steten “Try and Error” Prozess beschreiben und es war ein vielschichtiger Lernprozess für mich. Allein der Bau der ersten Apparatur hatte faszinierende Momente: er ließ Platz für viele Ideen und Hypothesen für weitere Experimente. Für die vorliegende Arbeit – bei der natürlich Fristen eingehalten werden mussten – habe ich mich auf das oben beschriebene eingegrenzte Forschungsfeld konzentriert.

Das Dokumentieren und Beschreiben des Projektes war ein wichtiger Prozess für mich. Ein Prozess vieler Monate des Nachdenkens, ob man sich auf dem richtigen Weg befindet, denn so ein Arbeit entsteht nicht von einem Tag auf den anderen. Die vielen Rückschläge und Probleme beim Bau der Apparatur und die vielen erfreulichen Ergebnisse – das letztendliche Funktionieren, das meine Idee verifizierte – bestätigten mich in meiner Forschung.

Das Pentavox erzeugt sehr abstrakte Klänge, die den herkömmlichen Hörgewohnheiten mitunter massiv widersprechen.

Daphne Oram sagt also mit Recht, “dass es keinen Musiker braucht um “*Musik*” zu machen.”⁸³

⁸³ Vgl. Büsser, Martin: *Blühende Nischen*, 1968-2010 [Hrsg.], Mainz: Ventil Verl. 2010, S. 115

Online-Quellen

See this sound

<http://www.see-this-sound.at/kompendium/text/51/2>

Günter Stark: Tönende Schrift, von Min. 08:59 - Min. 13:12

<https://www.youtube.com/watch?v=jD8TjvA0vVM>

Bilder Sprossenschrift und Zackenschrift

(Quelle: „Optical-film-soundtrack“ von Iainf 09:33, 12 July 2006 (UTC) - Eigenes Werk.
Lizenziert unter Creative Commons Attribution 2.5 über Wikimedia Commons -

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Optical-film-soundtrack.svg#mediaviewer/Datei:Optical-film-soundtrack.svg>

<http://www.filmvorfuehrer.de/topic/3663-sprossenschrift/>

Lichtton

<http://home.germany.net/101-92989/akustik/projekte/schall1/schall13.htm>

László Moholy-Nagy: Produktion--Reproduktion

<http://spektakel.blogspot.de/2013/03/19/laszlo-moholy-nagy-produktion-reproduktion/>

Mary Ellen Bute

http://www.centerforvisualmusic.org/Bute_Statements.htm

Tonewheels

http://www.umatic.nl/tonewheels_historical.html

Wilhelmsburg, Kiga: Pentatonik:

http://www.waldorfwilhelmsburg.de/front_content.php?idart=117, 2012, 14.05.2015

Oram, Daphne: Contemporary Music Review, 1994, Vol.11(1), p.225-228

Taylor & Francis Group

Online-Zugriff

http://search.obvsg.at/primolibweb/action/dlSearch.do?institution=UWI&vid=UWI&search_scope=UWI_UBBestand&tab=default_tab&indx=1&bulkSize=10&dym=true&highlight=true&pcAvailabilityMode=false&prefLang=de_DE&dummyChar=%E2%99%A5&query=any%2Ccontains%2CDaphne+Oram&displayField=title&queryfield=Daphne+Oram

Bibliographie

See *this sound*: audiovisuology 2. Essays. Histories and theories of audiovisual media and art. Daniels, Dieter, 1957- [Hrsg.] ; Ludwig-Boltzmann-Institut Medien, Kunst, Forschung, Linz. Köln: König 2011
Angewandte Hauptbibliothek

See *this sound*: audiovisuology compendium ; an interdisciplinary survey of audiovisual culture ; [on the occasion of the project "See this Sound", jointly realized by the Ludwig Boltzmann Institute Media.Art.Research. and the Lentos Art Museum ... Linz 2009 European Capital of Culture]. Daniels, Dieter, 1957- [Hrsg.] ; Ludwig-Boltzmann-Institut Medien, Kunst, Forschung, Linz. Köln: König 2010
Angewandte Hauptbibliothek

See *this sound*: Versprechungen von Bild und Ton; ein Projekt von Linz 2009 - Kulturhauptstadt Europas ; [Ausstellung, Webarchiv, Symposium ; erscheint anlässlich der Ausstellung ... im Lentos Kunstmuseum Linz (28. August 2009 - 10. Jänner 2010)]. Rainer, Cosima [Hrsg.]; Ammer, Manuela; LENTOS Kunstmuseum Linz. Köln: König 2009
Angewandte Hauptbibliothek

Klangkunst : [erschieden anlässlich von Sonambiente - Festival für Hören und Sehen, internationale Klangkunst im Rahmen der 300-Jahrfeier der Akademie der Künste, Berlin, 9. August - 8. September 1996]
La Motte- Haber, Helga de, 1938- ; Akademie der Künste, Berlin, West ; Sonambiente, Festival für Hören und Sehen, Internationale Klangkunst, 1996, Berlin München [u.a.] : Prestel 1996
Angewandte Hauptbibliothek

Gethmann, Daniel: *Klangmaschinen zwischen Experiment und Medientechnik*, 1963- [Hrsg.]: Bielefeld : Transcript 2010
Angewandte Hauptbibliothek

John Cage im Gespräch: zu Musik, Kunst und geistigen Fragen unserer Zeit. Kostelanetz, Richard, 1940. Cage, John, 1912-1992. Köln: DuMont 1989
Angewandte Hauptbibliothek

Thun, R.: *Der Film in der Technik*. Berlin: VDI Verlag Berlin SW 1925
TU Wien Hauptbibliothek

Hurich, Karl: *Einführung in die Kinotechnik*. Wien: F. Deuticke 1949
TU Wien Hauptbibliothek

Weinzierl, Stefan: *Einführung in die Audiotechnik*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg 2008
TU Wien Hauptbibliothek

Webers, Johannes: *Die Technik der audiovisuellen Medien*. Heidelberg 2011
TU Wien Hauptbibliothek

Thomas Y. Levin: „Töne aus dem Nichts. Rudolf Pfenninger und die Archäologie des synthetischen Tons“, in: Friedrich Kittler, Thomas Macho, Sigrid Weigl (Hg.), *Zwischen Rauschen und Offenbarung. Zur Kultur- und Mediengeschichte der Stimme*: Berlin 2002

Thomas Y. Levin: „Tones from out of Nowhere“: Rudolph Pfenninger and the Archaeology of Synthetic Sound “

Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen: die Pionierzeit in Deutschland und Österreich*: Wien [u.a.] : Böhlau 2007
TU Wien Hauptbibliothek

Büsser, Martin: *Blühende Nischen, 1968-2010* [Hrsg.], Mainz : Ventil Verl. 2010
Angewandte Hauptbibliothek

Kindscher, Louis: *Ist das älteste Tonsystem vielleicht das fünftönige der Chinesen zu betrachten?*, *Niederheinische Musik-Zeitung*, Herausgegeben von Professor L. Bischoff, Verlag der M. DuMont-Schauberg'schen Buchhandlung, Köln 1859

Oram, Daphne: *Oramics*, [London] : Paradigm Discs ; © 2007
Uni Wien FB Musikwissenschaft

Russolo, Luigi: *L'Arte dei rumori*, Edizioni Futuriste di "Poesia", Corso Venezia Milano, 1913