

DANIEL GETHMANN (Hg.)

Klangmaschinen zwischen Experiment und Medientechnik

Inhalt

DANIEL GETHMANN Einleitung	9
MYLES W. JACKSON Standardisierung und Subversion der musikalischen Ästhetik Musikalische und physikalische Instrumente in der Musik des 19. und 20. Jahrhunderts	19
DANIEL GETHMANN Chemische Harmonika Über die Entstehung eines Instruments zwischen Phlogiston und Pyrophonie	33
WOLFGANG HAGEN Busonis »Erfindung« Thaddeus Cahills Telefon-Telharmonium von 1906	53

PETER DONHAUSER Österreichische Pioniere der »Elektrischen Musik« und die Medienarchäologie	73
ANDREI SMIRNOV Boris Yankovsky: Leben im Klangspektrum Gezeichneter Klang (графический звук) und Klangsynthese in der Sowjetunion der 30er Jahre	97
TIM BOYKETT/ANDREI SMIRNOV Notation und visuelle Musik	121
MARA MILLS Medien und Prothesen Über den künstlichen Kehlkopf und den Vocoder	127
AXEL VOLMAR Auditiver Raum aus der Dose Raumakustik, Tonstudiobau und Hallgeräte im 20. Jahrhundert	153
TAMARA WILHELM Klangverfärbungsversuchsanordnung	175
JOSEF GRÜNDLER Der DX7, ein Beispiel postindustriellen Instrumentenbaus	179

UTE HOLL/ELISABETH SCHIMANA Höllenmaschine	185
ELENA UNGEHEUER Die Analyse von Medienkunst und Musik als Thema pragmatischer Medientheorie	197
DOUGLAS KAHN Alvin Lucier, Edmond Dewan und <i>Music for Solo Performer</i>	211
JULIA KURSELL Immanenzebene: Zur elektronischen Musik von David Tudor	231
UTE HOLL Ein taktil-skulpturales Sound-System VARIATIONS V von John Cage und Merce Cunningham	249
Autorinnen und Autoren	263

ANDREI SMIRNOV

Boris Yankovsky: Leben im Klangspektrum

Gezeichneter Klang (графический звук) und
Klangsynthese in der Sowjetunion der 30er Jahre

Eine neue Ära

Bereits im Jahr 1916 sah der Komponist, Musikjournalist und Theoretiker Arseny Avraamov in seinem Artikel: »Die zukünftige Musikwissenschaft und die neue Ära der Musikgeschichte« verschiedene Verfahren der Klangsynthese voraus, deren Möglichkeiten er folgendermaßen beschrieb: »Und was, wenn es heute schon möglich wäre, die Klangfarbe eines gehaltenen Flötentons innerhalb von zehn Sekunden (akustisch kaum wahrnehmbar) in das kraftvolle Tutti der Blechblasinstrumente zu verwandeln, um sie dann wieder unmerklich über drei Sekunden in die leise und klare Klangfarbe einer Klarinette zu überblenden?«¹ Von Anfang an legte Avraamov besonderen Wert auf die Idee der Klangtransformationen, und sah in den Möglichkeiten der Erzeugung hybrider Klänge die Zukunft der Klangkunst.

Im Sommer 1917 verfasste Arseny Avraamovs Freund, der junge Ingenieur, Erfinder und Akustiker Evgeny Sholpo in Petrograd einen Science-Fiction-Aufsatz mit dem Titel »Feind der Musik«.² In diesem

1. Arseny Avraamov: »Die zukünftige Musikwissenschaft und die neue Ära der Musikgeschichte«, in: *Zeitgenössische Musik* 6 (1916), Moskau, S. 84-85.

2. Evgeny Sholpo: *Vrag muziki* (»Feind der Musik«) (unveröffentlichtes Manuskript), Archiv Marina Sholpo.

Aufsatz beschrieb Sholpo die Erfindung seines imaginären Freundes, eines Universalgelehrten, der die Fähigkeiten eines Musikers, Komponisten und Analytikers mit denen eines Wissenschaftlers, Technologen, Mathematikers und Psychophysiologen kombinierte: Eine leistungsstarke Musikmaschine also, die es dem Komponisten ermöglichte, künstliche Tonspuren ohne Musiker zu erstellen, die Sholpo als unwichtige »Zwischenglieder« betrachtete. Der Beschreibung der Bauweise und der von ihr erzeugten Musik zufolge war diese imaginäre Maschine ein mächtiges spektro-morphologisches Instrument. Sholpo schrieb:

Ich konnte keine Struktur in dieser Musik erkennen, aber irgendwie verstand ich, dass der Grund für die enorme Wirkung dieser Musik nicht nur in der Komposition, sondern auch im Material selbst lag, aus dem sie geschaffen wurde. [...] Da gab es keine scharfen Grenzen zwischen Melodie, Harmonie und Instrumentierung: Melodien enthielten auch ein harmonisches Element ausgedrückt in Klangfarbenwechseln; der Harmoniereichtum verlieh ihr eine orchestrale Farbe, in der einmal diese, einmal jene Schattierung vorherrschte. Folglich war jede theoretische Analyse unmöglich. In der Masse der Klänge konnte die Melodie von der Harmonie und die Harmonie von der Instrumentierung nicht unterschieden werden, man fand keinen Ausgangspunkt für die Bestimmung dieser Klangkategorien.³

Im Frühling 1917 gründeten Evgeny Sholpo und Arseny Avraamov gemeinsam mit dem jungen Mathematiker und Musikwissenschaftler Sergei Dianin in Petrograd die *Leonardo da Vinci Gesellschaft*. Der Glaube an die Macht der Wissenschaft und im Besonderen der Mathematik, sowie das Streben nach objektivem Wissen über die »geheimnisvollen« Gesetze der Kunst waren die Gründe dafür, dass die Gesellschaft diesen Namen erhielt. Ihr Ziel bestand darin, avantgardistische Ansätze in Russland zusammenzuführen, um eine Revolutionierung der Musiktheorie und der musikalischen Techniken durch die Verbindung von Kunst und Wissenschaft zu erreichen. Sie erklärten die vorherrschende konservative Musiktheorie für verschult, die musikalischen Techniken zu Kunsthandwerk und beide für überholt. Obwohl ihre Mitglieder während der 20er Jahre einige wichtige technologische und musikalische Konzepte erarbeiteten, wurden bis zur Erfindung des Lichttons keine praktischen Ergebnisse erzielt.

Gezeichneter Klang ist eine photoelektrische Technik, um Wellenformen auf der Tonspur des Films zu synthetisieren, und steht in direktem Zusammenhang mit dem 1929 in der Sowjetunion eingeführten Lichtton-

3. Ebd.

verfahren. In Moskau und Leningrad wurden etliche Labore eröffnet, die neue Technologien für eine automatisierte synthetische Musikproduktion entwickelten. Zur selben Zeit unternahm der Trickfilmer und Ingenieur Rudolf Pfenninger in München und etwas später der Filmemacher Oskar Fischinger in Berlin ähnliche Versuche.

Die neue Technologie verlangte von den Kunstschaffenden Kenntnisse in Musik, Akustik, Mathematik, der Tonfilm-Technologie und den Ingenieurwissenschaften. Demzufolge konnten Journalisten spezifische künstlerisch-technologische Ideen nicht verstehen und so schlichen sich in ihre Artikel in Ermangelung einer bereits entwickelten Terminologie viele Fehler ein, die zu unerwarteten »Rätseln« führten. Außerdem gab es mehrere konkurrierende Forschergruppen, was insgesamt zum Problem der verschlüsselten Informationen führte.

Obwohl es mehrere kurze Artikel in Deutschland und den USA gab,⁴ erschienen die meisten Publikationen über die Forschung und die Entwicklungen in der Sowjetunion nur auf Russisch. Darüber hinaus wurden sehr wichtige Dokumente erst gar nicht veröffentlicht und kursierten ausschließlich in Manuskript-Form ähnlich der »Samizdat« (der selbstgedruckten verbotenen Literatur). Während der »Postrevolution« war das Verhältnis zwischen dem Staat und den so genannten Futuristen sehr schwierig. Zusammenstöße mit der Staatsführung waren verheerend. Aus der offiziellen Korrespondenz von Lenin zwischen 1918 und 1924 geht hervor, dass er die »Futuristen« hasste – wie nach der Revolution die gesamte Avantgarde genannt wurde. Gleichzeitig tolerierte er sie jedoch. Nach Lenins Tod veränderte sich die Situation allmählich. 1939, also in weniger als zehn Jahren nach Einführung des Lichttons waren die meisten Labore geschlossen, die Forschungen abgebrochen und praktisch sofort vergessen. Ähnlich erging es auch vielen anderen Forschungsbereichen in Wissenschaft und Kunst während der 30er Jahre. Der letzte Abschnitt von Stalins Herrschaft bedeutete das Ende für eine Generation, die mit Musik und neuen Technologien experimentierte.

4. Vgl. A. Leo: »Die Grosse Erfindung – »Graphomusik««, in: Moskauer Rundschau vom 15.3.1931; Anonym: »Le Variophone«, in: Le Journal de Moscou vom 1.6.1935; Vladimir Solev: »Absolute Music by Designed Sound«, in: American Cinematographer 17 (1936), S.146-148, 154-155.

Wichtige Entwicklungen

Die ersten brauchbaren Tonfilmsysteme wurden nahezu zeitgleich in der UdSSR, den USA und Deutschland gebaut. In der Sowjetunion begann Pavel Tager 1926 die ersten Entwicklungen in Moskau. Nur einige Monate später startete Alexander Shorin 1927 seine Forschungen in Leningrad. Tagers »Tagephon« basiert auf dem Intensitätsverfahren (Sprossenschrift), während Shorins »Kinap« auf dem Amplitudenverfahren (Zackenschrift) beruht (Abb. 1). Da beim Lichttonverfahren der Klang optisch auf dem Filmstreifen aufgezeichnet wird, eröffnet sich die Möglichkeit, den Klang als eigene Spur zu analysieren und zu manipulieren und somit Klänge in gezeichneter Form synthetisch zu erzeugen.

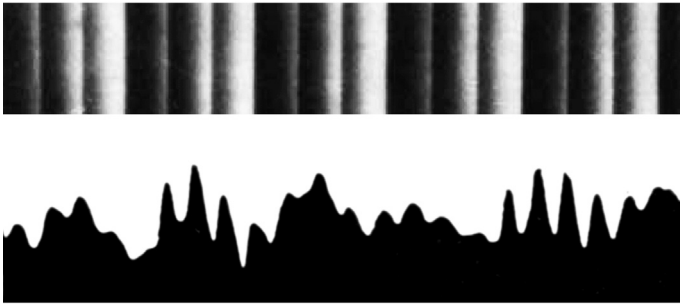


Abb. 1: Tonspuren aus dem Intensitäts- und Amplitudenverfahren (unten). © Andrei Smirnov.

Während die meisten Erfinder elektronische Musikinstrumente für Musiker entwickelten, blieben die Techniken und Methoden des Gezeichneten Klangs den Komponisten vorenthalten. Ähnlich wie in der modernen Computermusik benötigten die Komponisten keine Musiker oder andere »Zwischenglieder« mehr, um fertige Tonspuren zu erzeugen.

Vladimir Solev: »Auf einer Konferenz in den Anfangstagen des Lichttons führte der Komponist und Theoretiker Arseny Avraamov als erster experimentelle Klangstücke vor, die auf geometrischen Formen und Ornamenten beruhen und mit rein zeichnerischen Methoden produziert werden (Abb. 2).

Avraamovs frühere Mitarbeiter fanden später ihre eigenen speziellen Methoden: Nikolai Voinov schnitt peinlich genaue Zackenmuster aus Papier aus, wobei jedes dieser Muster einem Halbtonschritt in einer Skala von 80 Klaviertasten entspricht. Jede Note besteht aus einem konturierten Kamm mehrerer Zacken, wobei die Zackendichte die Tonhöhe bestimmt,

ähnlich den Kämmen natürlicher Klänge (Abb. 3). Tiefe Töne haben eine geringe Zackendichte, während die Zacken bei hohen Tönen dicht und schmal sind.

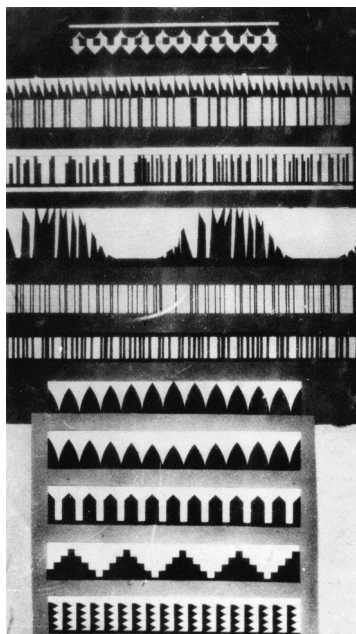


Abb. 2: Erste Sammlung der gezeichneten ornamentalen Tonspuren, geschaffen von Arseny Avraamov 1930. Theremin Center Archive. © Andrei Smirnov.



Abb. 3: Nikolai Voinov schneidet Papiertonspuren, 1933. Screenshot aus dem Dokumentarfilm »Risovanni Zvuk« (Drawn Sound), Souzkinzhurnal 28, 1933.

Die Methode von Sholpo erleichterte den Eingriff und damit die Veränderung der Klangfarbe. Er nimmt nicht wie Avraamov einzelne Tonmuster auf dem Tricktisch auf, sondern verwendet Kartonscheiben mit kreisförmigen Kamm bildern aus geeignet geformten Zacken, die synchron mit einem laufenden Filmstreifen rotieren (Abb. 4). Die Vorteile des *Variophons* liegen in der flexiblen und kontinuierlichen Kontrolle der Tonhöhe und des Vibratos.⁵

Evgeny Sholpo konnte mit seinem Verfahren polyphone Tonspuren mit bis zu zwölf Stimmen erzeugen. Im Mai 1930 beantragte Sholpo ein Patent für eine neue »*Methode und Apparatur zur Produktion periodischer Tonspuren im Film*«⁶ und beschrieb das System, das später *Variophon*⁷ genannt wurde, und dem am 21.09.1930⁸ und am 25.11.1931⁹ einige Verbesserungen und zusätzliche Applikationen hinzugefügt wurden.



Abb. 4: Evgeny Sholpo und seine Frau Olga arbeiten mit der ersten Version des Variophons 1932. © Marina Sholpo.

5. Vladimir Solev: »*Syntetichesky Zvuk*« (Synthetischer Ton), in: *Kino* (1935), S. 4.
6. Vgl. Urheberrechts-Zertifikat Nr. 22312 für die Erfindung »*Methode und Hilfsmittel für die Erzeugung periodischer Tonspuren im Film*« von E. A. Sholpo, angelegt am 19.05.1930 (Antrag Nr. 69944).
7. Das Variophon war ein optischer Synthesizer, der Kartonscheiben mit ausgeschnittenen Klangwellenformen synchron mit einem 35mm Film rotieren ließ und diese gleichzeitig auf den Film aufnahm, um eine fortlaufende Tonspur zu erzeugen. Der Filmstreifen konnte dann wie ein normaler Film auf einem Projektor abgespielt werden.
8. Vgl. Urheberrechts-Zertifikat Nr. 34780 für die Erfindung »*Hilfsmittel für die chronographische Tonaufnahme*« von E. A. Sholpo, angelegt am 21.09.1930 (Antrag Nr. 76283).
9. Vgl. Urheberrechts-Zertifikat Nr. 30467 für die Erfindung »*Hilfsmittel zur Tonaufnahme*« von E. A. Sholpo, angelegt am 31.05.1931 (Antrag Nr. 22312).

Bis zum Jahr 1936 gab es in der Sowjetunion somit drei hauptsächliche Entwicklungen:

- Der handgezeichnete ornamentale Ton, der durch die Einzelaufnahme von Bildern mit gezeichneten Wellenmustern am Tricktisch entstand und als fertige Tonspur im Amplitudenverfahren auf den Rand des Filmstreifens kopiert wurde (Arseny Avraamov, der frühe Boris Yankovsky).
- Der handgefertigte Ton auf Papier im Amplitudenverfahren (Nikolai Voinov).
- Der automatisierte Ton auf Papier (das *Variophon*) mit Tonspuren im Amplituden- oder Intensitätsverfahren (Evgeny Sholpo, Georgy Rimsky-Korsakov).

Der radikalste Vorschlag aus der Mitte der 30er Jahre war jedoch ein völlig neuer Ansatz: die Methode der spektralen Analyse, Dekomposition und Re-Synthese von Klängen. Sie wurde von einem Schüler Arseny Avraamovs, dem jungen Maler und Akustiker Boris Yankovsky von 1932 bis 1935 entwickelt.

Boris Yankovsky

Im Herbst 1930 gründete Arseny Avraamov die »Multzvuk« Gruppe in den Mosfilm-Studios in Moskau. Ihre Forschung konzentrierte sich hauptsächlich auf die Harmonie der neuen mikrotonalen »ultrachromatischen« Musik, für die verschiedene gleichstufig temperierte Stimmungen mit dazugehörigen Tonleitern entwickelt wurden. Um die ersten handgezeichneten ornamentalen Tonspuren herstellen zu können, verfügte Avraamov in seinem Team über einen technischen Zeichner, den Kameramann Nikolai Zhelynsky, den Trickfilmer Nikolai Voinov und den Akustiker Boris Yankovsky, der für die Übersetzung von musikalischen Partituren in Avraamovs mikrotonales 48-Stufen-»Welttonsystem«¹⁰ sowie in Samoilovs Harmoniesystem aus Ober- und Untertönen verantwortlich war. Die fertigen Partituren wurden in Yankovskys ultrachromatischer 72-Stufen-Tonleiter codiert, die Dynamik wurde durch die Belichtung (die Kamerablende) und die Geschwindigkeit durch die Anzahl der Einzelbilder angezeigt.

Yankovsky betrieb außerdem experimentelle akustische Studien, in denen er Klangsynthesemethoden entwickelte wie: Glissando, Klangfar-

10. Avraamov erstellte ein eigenes universales Tonsystem mit einer Achtundvierzigtonskala, das er selbst Welttonsystem nannte.

benüberblendungen, Klangfarbenvariationen und Polyphonie – mehrere Aufnahmen auf der selben Filmttonspur (eine Art Mehrspur-Aufnahme).

Enttäuscht über den Ansatz des gezeichneten ornamentalen Verfahrens verließ Boris Yankovsky 1932 die Multzvuk Gruppe und gründete sein eigenes Labor, Syntonfilm, in Moskau. Im Gegensatz zu den meisten seiner Kollegen verstand er als begabter Akustiker sehr gut, dass nicht allein die Ornamente und die mit ihnen verbundenen Wellenformen die Farbe eines Klangs bestimmten. Yankovsky formulierte es so:

Obwohl die Klangfarbe hauptsächlich von der Wellenform des Klangs abhängig ist, oder genauer gesagt von der relativen Amplitude der Obertöne, hängt die Wahrnehmung der Klangfarbe eines bestimmten Musikinstrumentes vielmehr von den zeitlichen Veränderungen und Übergängen im Spektrum während des Einschwingvorganges ab als von seinem stationären Zustand. Wenn man zum Beispiel die ersten 0.1 Sekunden des Einschwingvorganges einer Violinaufnahme wegschneidet, wird auch der geschulteste Hörer sie nicht von einer Flöte unterscheiden können, oder für die Unterscheidung eine sehr viel längere Aufnahme benötigen. [...] Das ist eine Folge des zeitlichen Auftretens der Obertöne: erst wird beim Streichen der Violine ein kleiner Teil der Saite, der am Bogen anliegt, in Schwingung versetzt, dann überträgt sich die Schwingung auf die ganze Saite. [...] Wir finden ähnliche Eigenschaften des Einschwingvorganges bei allen Saiten- und Schlaginstrumenten. Am Beginn eines Klangs, abhängig von der Fluktuation dieses kleinen Teils des Schwingungserzeugers (eine Saite, das Leder einer Pauke usw.) beginnt der Klang mit hohen Obertönen. Dagegen beginnt er bei Holzblasinstrumenten (auch beim Waldhorn) mit tiefen Obertönen, aber die Blechblasinstrumente haben fast sofort (nach $1/50 - 1/20$ Sekunde), eine sehr spezielle Amplitudenschwingung, die z. B. den einzigartigen Klangcharakter einer Posaune ausmacht. [...] Folglich würden die, die mit Gezeichnetem Klang arbeiten, nie Klänge von Schlaginstrumenten oder einer Posaune produzieren, wenn sie mit den stationären Perioden des Schwingungsverlaufs, mit konstanter Struktur und Amplitude, arbeiten.¹¹

Im Jahr 1935 schrieb Yankovsky in einem seiner unveröffentlichten Artikel: »Jetzt ist es wichtig, die Beweglichkeit der Klangfarbe zu erobern und zu intensivieren, fließende Regenbögen spektraler Farben im Klang, statt monotone Färbungen stationärer Klänge gezeichneter geometrischer

11. Boris Yankovsky: »Akustische Synthese der Klangfarbe«, in: Evgeny Sholpo: Theorie und Praxis des Gezeichneten Klangs. (unveröffentlichtes Manuskript), Leningrad. (Theremin Center Archiv 1932-1940), S. 70.

Figuren (Wellenformen) zu erzeugen, doch die Natur dieses Phänomens ist noch nicht klar. Die Voraussetzungen, die zur Entwicklung dieses Phänomens führen – dem Leben innerhalb des Klangspektrums – zeigt uns die Natur der Musikinstrumente selbst, denn »die Natur ist der beste Lehrer« (Leonardo da Vinci). Yankovsky stellte weiter fest: »Mit dem Verlauf der Entwicklung einer neuen Musik wird diese Technologie kommen und uns helfen, diesen neuen Weg zu definieren. Diese neue Technologie ist fähig, uns von der Kakophonie der temperierten Stimmung und dem mit ihr verbundenen Lärm zu befreien. Ihr Name ist Elektro-Akustik und sie ist die Basis für elektrische Musik und Gezeichneten Klang.«¹²

Boris Yankovskys Zugang hatte sehr viel gemeinsam mit jenem von Rudolf Pfenninger. Beide legten ihr Hauptaugenmerk auf die Akustik. Thomas Levin formuliert es folgendermaßen:

Anders als Fischinger, der mit graphischen Formen anging und dann die von ihnen produzierten Töne erforschte, liegt das Hauptaugenmerk Pfenningers auf dem Akustischen, und zwar in der Bemühung, exakt die Wellenform zu finden, die es ermöglicht, diesen Ton jederzeit zu reproduzieren. Pfenningers Kurven sind zweifellos *keine* Ornamente, auch wenn ihre sinuswellenartigen Formen möglicherweise visuell reizvoll sind, sondern »Schablonen oder Drucktypen«, wie zahlreiche Kritiker zu Recht meinten, d.h. bedeutungstragende Einheiten, die kombiniert werden können, um Töne auf eine linguistische Art und Weise – will sagen, durchweg technisch und strikt nach Regeln – zu produzieren. Anders als die Kurven Fischingers, die kontinuierlich fortschritten, bestanden diejenigen von Pfenninger aus diskreten Einheiten.¹³

Klanghybride

Boris Yankovsky ging wesentlich weiter als andere Forscher. Unter allen frühen Pionieren verfolgte er als einziger den Ansatz der spektralen Analyse, Dekomposition und Re-Synthese des Klangs. Seine Kurven waren spektrale Schablonen, semiotische Entitäten, die zur Erzeugung von Klanghybriden kombiniert werden konnten. Yankovsky schrieb:

12. Boris Yankovsky: Analyse und Synthese der Klangfarbe (unveröffentlichtes Manuskript), Moskau. (Theremin Center Archiv 1935), S. 35.

13. Thomas Levin: »Töne aus dem Nichts: Rudolf Pfenninger und die Archäologie des synthetischen Tons«, in: Friedrich Kittler/Thomas Macho/Sigrid Weigel (Hg.), Zwischen Rauschen und Offenbarung. Zur Kultur- und Mediengeschichte der Stimme, Berlin 2002, S. 313-355, hier S. 343-344.

Ich fand die Idee der Synthese, während ich intensiv mit gezeichneten Klängen arbeitete. Meine Gedankenkette war folgende: Die Klangfarbe hängt von der Form der Schallwelle ab, die graphische Darstellung der Schallwelle könnte als Fourier-Reihe periodischer Funktionen (Sinuswellen) analysiert und repräsentiert werden, folglich könnten Schallwellen mit der gleichen Reihe von Sinuswellen re-synthetisiert werden.

Niemand tat dies vor der Erfindung des Lichttons, einfach weil keine technischen Mittel und Methoden für die Reproduktion graphisch repräsentierter Klänge vorhanden waren. Wie Elektronen, Neutronen und Protonen das Atom definieren, so definieren Sinuswellen die Qualität des Klangs – seine Klangfarbe.

Daher die Schlussfolgerung: warum nicht eine neue Wissenschaft – eine *synthetische Akustik* – begründen? Es macht Sinn, wenn wir, zumindest als Entwurf, eine Art *Periodensystem der klinglichen Elemente* definieren – ähnlich Mendeleevs Periodensystem der chemischen Elemente. Das System der orchestralen Klangfarben hat Lücken in den eigenen Reihen, die durch Synthese gefüllt werden könnten, wie die Lücken in den Reihen von Mendeleevs Periodensystem der Elemente mit neueren Forschungsergebnissen in der Chemie gefüllt wurden. [...] Es steht außer Frage, dass uns diese Methode der Selektion und Mischung von neuen Klängen und Instrumentalklängen, welche jener von Michurin¹⁴ ähnelt, noch nie da gewesene, neuartige ›Kreuzungen‹ ermöglichen wird, die für ein gewöhnliches Orchester technisch unerreichbar wären.¹⁵

Yankovsky definierte die Hauptziele seiner Forschungen folgendermaßen:

Die Untersuchung und Kategorisierung von Spektren der existierenden instrumentalen Klänge und auf Grundlage dieser Forschungen die Synthetisierung komplexer synthetischer Klangfarben aus reinen Sinustönen; Die Erforschung der Aufführungspraxis und daraus abgeleitet die Definition der Regeln, nach denen die künstlichen Phonogramme mit einer speziellen künstlerischen Ausdruckskraft erzeugt werden könnten; künstliche Phonogramme herzustellen und sie auf Filmmaterial zu speichern. Diese fertigen Phonogramme sind ein praktisches Ziel unserer Arbeit.¹⁶

14. Ivan Michurin, russischer Botaniker und Pflanzenzüchter.

15. Boris Yankovsky: *Akustische Synthese der Klangfarbe*, S. 15, 45.

16. Ebd., S. 14.

Errechnete Klänge

Boris Yankovsky verwendete in seiner Forschung Techniken zur Klangbearbeitung, die typische Eigenschaften der heutigen digitalen Computermusiktechnologie besaßen und sich so von analogen Methoden unterschieden – eine Art prototypische digitale Musiktechnologie. Seine Methode der Klangsynthese beruhte auf modifizierten additiven Synthesetechniken. Additive Synthese wurde bereits von Helmholtz, Koenig und vielen anderen Forschern ausgeführt und in zahlreichen Aufsätzen beschrieben, vor allem von Arseny Avraamov und Evgeny Sholpo in den Jahren 1916 und 1917. Diese Methode war sehr zeitaufwendig, da sie zahlreiche Berechnungen erforderte. Die Arbeit mit aufgenommenen Klängen, Sampels, stellte eine mögliche Alternative dar. Ein Instrument für das Sampeln von verschiedenen Klängen und Sprache, das ähnlich dem berühmten Melotron auf zahlreichen Soundloops beruhte, war schon im Jahr 1925 vom Erfinder D. Tambovtesv patentiert worden.¹⁷ Allerdings wollte Boris Yankovsky nicht nur mit existierenden Klängen arbeiten, sondern auch Hybride generieren. Um den rechnerischen Aufwand in seinen Forschungen möglichst gering zu halten, entschied sich Yankovsky dazu, für sein Syntheseverfahren eine Datenbank von Grundelementen in Form von vorgefertigten spektralen Schablonen herzustellen. Diese enthielten die grafische Repräsentation etwa von Formanten und Hüllkurven und konnten beliebig kombiniert werden.

Spezielle Mitarbeiter im Laborteam von Boris Yankovsky und Evgeny Sholpo führten die notwendigen komplexen mathematischen Kalkulationen von Klangspektren und anderen wichtigen Klangparametern, wie etwa dem Rhythmus, mit Rechenmaschinen durch und fertigten die auf diesen Kalkulationen beruhenden graphischen Darstellungen, die spektralen Schablonen, an (Abb. 5). Yankovsky arbeitete außerdem von Anfang an mit einem modifizierten Tricktisch namens *Vibroexponator*, an dem er Einzelbilder gezeichneter Klänge mittels einer Rostrum Kamera aufnahm. Das diskrete Zeitmaß war so mit 24 Bildern pro Sekunde vorgegeben, wobei jedes Bild einen spektralen Zustand des sich kontinuierlich verändernden Klangs darstellte. Die fertige Tonspur entstand schließlich durch die Überblendung der einzelnen Bilder.

17. Vgl. Patent Nr. 6309 für die Erfindung »Das mechanische Keyboard-Instrument zur Reproduktion verschiedener Töne und Sprache« von D. Tambovtesv, angelegt am 09.05.1925 (Antrag Nr. 2810).



Abb. 5: Spezielle Mitarbeiter arbeiten mit Rechenmaschinen in Evgeny Sholpos Labor für Gezeichneten Klang in Leningrad im Jahre 1947. © Marina Sholpo.

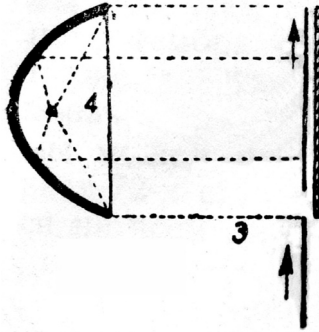


Abb. 6: Bildkopiervorrichtung: Parallellichtquelle – 4; Lichtstrahl – 3; die dünne Blende bewegt sich aufwärts.

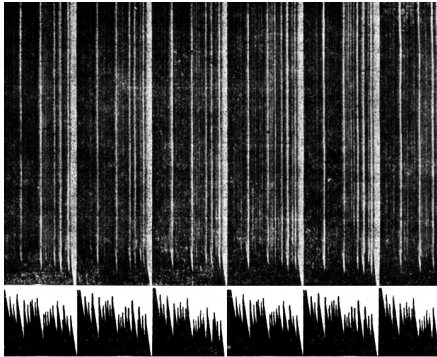


Abb. 7: Resultat der Bildkopie. Beide aus: Animated Film, Kinofotoizdat, Moskau, 1936.

Der Vibroexponator

Im Dezember des Jahres 1932 schrieb Boris Yankovsky einen Patentantrag für seine Methode mit dem *Vibroexponator*. Am 29. März 1933 erhielt er das »Urheberrechts-Zertifikat« Nr. 126248 für den Patentantrag: »Ustroystvo Zvukovoy Multiplicacii« (Klangmultiplikationsapparat),¹⁸ das laut offiziellem Mitteilungsblatt die namentlich zugeordnete Patentnummer 34195 trug, welche in Wahrheit zum Antrag Nr. 126284 gehörte.¹⁹ Dieser schwerwiegende Fehler aufgrund zweier vertauschter Zahlen führte dazu, dass Yankovkys Antrag nie wieder erwähnt wurde. Obwohl er die Konstruktion des *Vibroexponators* in mehreren Aufsätzen erwähnte, beschrieb er sie nie im Detail. Bis heute wurden keine detaillierten Konstruktionszeichnungen gefunden.

Jedenfalls verfügte der *Vibroexponator* laut existierender Beschreibungen über mehrere Arbeitsflächen, mit denen sich alle Arbeitsschritte einer Synton Produktion bis hin zur fertigen Tonspur realisieren ließen. Der wichtigste Teil des *Vibroexponators* war eine Bildkopiervorrichtung. Diese war nötig, um die mit der Kamera in Zackenschrift aufgenommenen Einzelbilder in Sprossenschrift, die zur weiteren Bearbeitung gebraucht wurde, umzuwandeln. Dazu legte man einen Film in die Halterung der Kopierkassette. Entlang des Films verlief eine vertikale dünne Blende, durch die die Fotoplatte dahinter belichtet wurde. Zur Herstellung der Sprossenschrift aus der ursprünglich transversalen Wellenform musste man die Kassette vor der unbelichteten Fotoplatte herunterziehen. (Abb. 6 und 7)

Das Bild in Sprossenschrift auf dieser Fotoplatte konnte nun zu Tonhöhenveränderungen benutzt werden, ohne dabei die Klangcharakteristik zu verändern (*pitch shift*). Dazu wurde sie hinter einer weiteren dünnen Blende befestigt und in einem bestimmten Winkel nach einer exakt berechneten Skala für die gewünschte Transposition gedreht und belichtet. Die Drehung des Originals hatte den Effekt, dass die Wellenformen ohne Veränderung ihrer Relationen gestreckt wurden. Dieser Teil des *Vibroexponators* nannte sich der *Synton Exponator* (Abb. 8, 9 und 10).

Der Vibroexponator war als Erweiterung einer Rostrum Kamera montiert. So konnten die aufeinanderfolgenden Einzelbilder des Films belichtet werden, um spektrale Transformationen zu generieren. Dies geschah durch eine Rasterung der vorgefertigten synthetisierten Klänge,

18. Vgl. »Ustroystvo Zvukovoy Multiplicacii«, in: Vestnik Komiteta po delam izobreteniy 2 (1933).

19. Vgl. Vestnik Komiteta po delam izobreteniy 5 (1934), S. 46.

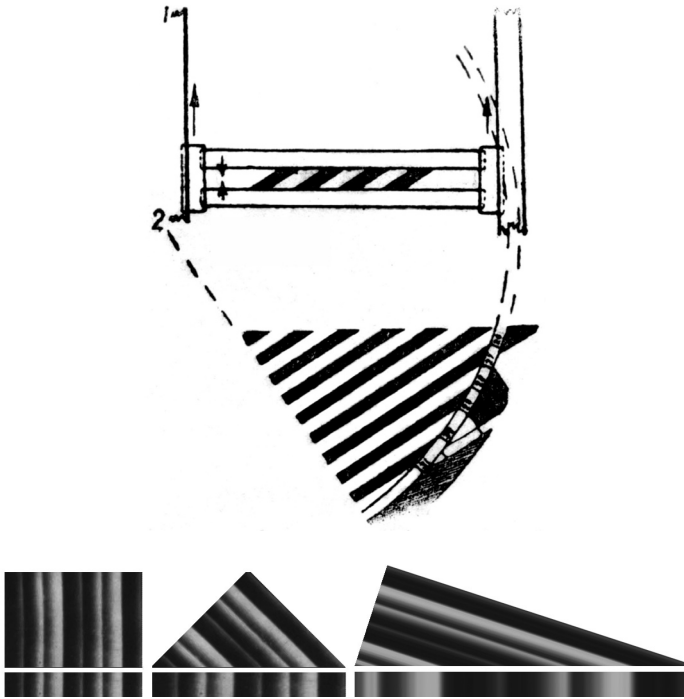


Abb. 8 und 9: Synton Exponator. Die Fotoplatte 1/2 mit der Tonspur wird gedreht um neue, gedehnte Tonspuren zu erzeugen. Abb. 8 aus: Animated Film, Kinofotoizdat, Moskau, 1936, Abb. 9 © Andrei Smirnov.

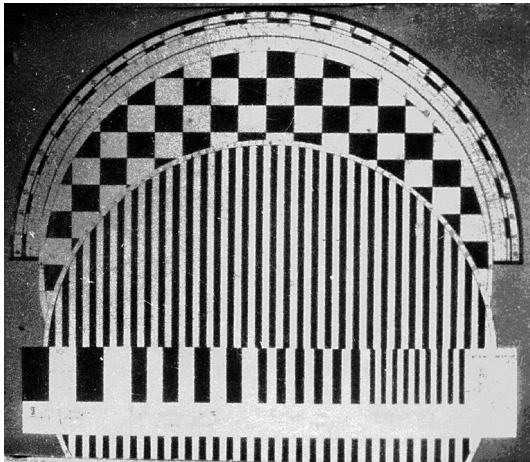


Abb. 10: Exakt berechnete Skala, um den Rotationswinkel der Fotoplatte entsprechend der Bearbeitung der Tonhöhentransposition zu definieren. Theremin Center Archive. © Andrei Smirnov.

jedes Raster entsprach einem Einzelbild. Der Wechsel im Klang entstand durch die Überblendung der aufeinanderfolgenden Einzelbilder. Kontinuierliche Wechsel ohne Störgeräusche erreichte man durch eine gewisse Unschärfe an den Rändern jedes Bildes, die eine Glättung der Wellenform zur Folge hatte, sowie durch die Bearbeitung eines jeden Bildes mit einer speziellen Maske, die sich im oberen Teil des *Vibroexponators* befand. Diese Maske entsprach einer Hüllkurve in Glockenform mit der Periode einer Sinusschwingung.

Ein weiterer Teil des *Vibroexponators* enthielt eine spezielle multi-segmentale Maske, um schnelle Hüllkurvenveränderungen zu erzeugen, sie entsprach drei Einheiten pro Bild und generierte Amplituden- und Spektralvibrato. Zum Schluss wurden die fertigen *Syntone* mit langsamen Hüllkurven überblendet, der dazu nötige Teil befand sich auf der obersten Arbeitsfläche des *Vibroexponators*.

Für Bildgrößenmanipulationen der ursprünglichen Zackenschrift, entsprechend der gewünschten Tonhöhen- und Amplitudenveränderungen, wurden verschiedene optische Verfahren verwendet. Dazu gehörte auch das *Anamorphot*, das auf einem anamorphotischen Linsensystem beruhte und am Institut für präzise Mechanik und Optik in Leningrad nach einer Idee von Boris Yankovsky entwickelt worden war.

Die Transposition von Klängen und das Problem der Formanten

In den Experimenten mit aufgenommenen Klängen auf Film, erkannte Yankovsky, dass deren Charakter zerstört wurde, wenn man ihre Tonhöhe durch die Änderung der Wiedergabegeschwindigkeit beeinflusste. Yankovskys Analyse ergab folgendes: »Der Formant eines Klangs, wenn es überhaupt möglich ist, in diesem speziellen Fall nur von einem Formanten zu sprechen, genauer gesagt die gesamte fixierte Struktur der Obertöne, bewegt sich parallel zur Grundfrequenz im gesamten Transpositionsumfang.«²⁰

Als Ergebnis langer Forschungen stellte Yankovsky fest, dass sich alle natürlichen Klänge nach folgenden Kriterien in Klassen anhand ihrer korrespondierenden charakteristischen Spektraltypen und ursprünglichen akustischen Eigenschaften einteilen ließen:

20. Boris Yankovsky: Akustische Synthese der Klangfarbe, S. 71.

1. Den spezifischen Eigenschaften des spektralen Inhalts eines Klangs (zum Beispiel der Vorherrschaft gerader oder ungerader Obertöne);
2. dem Vorhandensein von Formanten, die die resonanten Eigenschaften der Klangquelle reflektieren;
3. den Eigenschaften der Transienten eines Spektrums während dem Einschwingvorgang;
4. den spezifischen Amplitudenhüllkurven (Ein- und Ausschwingvorgänge);
5. den spezifischen Amplituden- und Spektralmodulationen (zum Beispiel Vibrato);

Er stellte außerdem fest, dass innerhalb der Grenzen einer Klasse den Klängen gemeinsame Eigenschaften zugeordnet werden können. Als wichtigste gemeinsame Eigenschaft verschiedener Klänge innerhalb einer Klasse betrachtete Yankovsky den gemeinsamen Formanten. Yankovsky erinnerte sich:

Als ich einmal die spektralen Schablonen des Vokalformanten »a« synthetisierte, stellte ich ihre Ähnlichkeit mit den Wellenformen von optisch aufgenommenen Holzblasinstrumenten im hohen Register fest. Anders gesagt unterschieden sich die Formanten im hohen Register nur um einen Frequenzbereich, der den einer kleinen Terz nicht überschritt. [...] Um den Klangcharakter konstant zu halten, muss man eine Reihe von Schablonen mit gleichen Formanten für verschiedene Tonhöhen synthetisieren, damit die lautesten Obertöne im gleichen Frequenzbereich fixiert werden. [...] Die Frage dreht sich um die Quantität der Töne in einer Lage eines Instruments, für die man synthetische Spektralschablonen benötigt. [...] Ich plante die Synthetisierung von 3 Schablonen pro Oktave für jede Klangfarbe. Dies war sicherlich ein Kompromiss bezüglich der Erfordernis, absolut stabile Formanten zu generieren [...], aber praktisch war diese Verschiebung absolut nicht wahrnehmbar.²¹

Yankovsky teilte also alle natürlichen Klänge nach ihren typischen spektralen Merkmalen (z.B. Formanten) in Klassen ein. Innerhalb dieser Klassen erkannte er Gemeinsamkeiten, die er zu Gruppen zusammenfasste. In Relation zu diesen Gruppen baute er schließlich auch seine Bibliothek der spektralen Schablonen auf.

21. Ebd.

Synton (СИТОН) und synthetische Instrumente

Ab dem Jahr 1932 fokussierte Yankovsky seine Arbeit auf die Synthese der sogenannten *Syntone* (СИТОНЫ) und ihrer Aufnahme auf Film, den spektralen Grundmodellen oder Schablonen, wie er sie nannte, *synthetischen Instrumenten*, welche die Lücken zwischen den Instrumentengruppen von Symphonieorchestern füllten, aber auch alle existierenden Instrumente mit einem erweiterten Tonumfang mit fixen Formanten reproduzierten (Abb. 11-12).

Yankovsky hatte die Absicht, »die Lücken zwischen den orchestralen Klängen zu füllen, was soviel bedeutet wie die Entwicklung und Produktion neuer dazwischenliegender Klangfarbentypen, die zum Beispiel durch folgende technische Methoden (Übergänge von zwei Klängen) erzeugt werden: durch langsames Ein- und Ausblenden der spektralen Übergänge mittels Doppelbelichtung; durch rasche, spektrale Bewegungen mittels Amplitudenvibrato, wobei die maximale Auslenkung des einen Klangs zwischen die maximalen Auslenkungen des anderen Klangs um eine halbe Periode verschoben wird; durch die Reproduktion aller Klangfarben, abhängig von beiden ihrer dynamischen Wechsel – der Amplitude und der Wellenform ihrer regulären Schwingungen – wie: dem Pizzicato und dem sanften Einsatz eines Klangs, Lautstärkenvibrato und verschiedene Übergangsprozesse am Beginn und zwischen (den Stadien) eines Klangs, die typisch für die Hervorbringung der meisten Klänge musikalischer Instrumente sind.«²² Seiner Klassifizierung entsprechend arbeitete Yankovsky mit vier Grundelementen, um seine Spektren zu organisieren:

1. Einfacher (oder reiner) Ton – eine harmonische Schwingung, die auf den Gesetzen der Sinusfunktion beruht.
2. Komplexer Ton – die Überlagerung mehrerer einfacher Töne.
3. Synton (synthetischer Ton) – der künstliche komplexe Ton, beruhend auf mathematischen Additionen einfacher Töne die mit einem bestimmten Spektralmodell in Zusammenhang stehen und mittels der Technik des gezeichneten Klangs erzeugt werden.
4. Synthetisches Instrument – die Bibliothek der Syntone, bezogen auf bestimmte Klangcharaktere (Instrumente) mit fixen Formanten. Es hat mit herkömmlichen Musikinstrumenten, die mit Händen und Fingern gespielt werden, nichts mehr gemein.²³

22. Ebd., S. 38.

23. Ebd., S. 68.

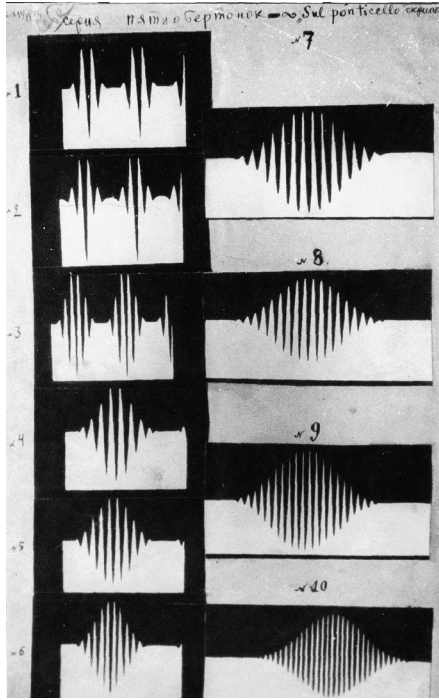


Abb. 11: Syntone. Schablonen in denen fünf benachbarte Obertöne höherer Ordnung verwendet werden, um steile Formantkurven zu bilden.

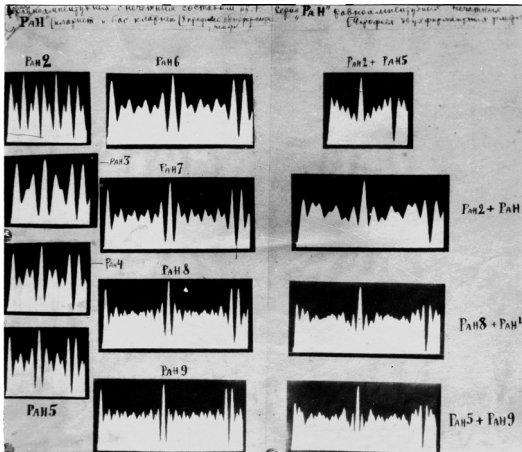


Abb. 12: Rechts: Schablonen der fN-Serie (Klasse der originalen Klarinetten), basierend auf ungeraden Obertönen und drei steilen Formantkurven. Links: Schablonen der fP-Serie (Klasse der Violinen), basierend auf dem vollständigen Spektrum mit drei steilen Formantkurven. Theremin Center Archive. © Andrei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



Abb. 13: Boris Yankovsky (circa 1939). © Marina Sholpo.

Im Jahr 1933 wurde Boris Yankovsky von den Mosfilmstudios eingeladen, das Labor für synthetische Klangaufnahmen zu leiten. Dort nahm er in den Jahren 1934-35 eine umfangreiche Sammlung von Klangbeispielen der Instrumente des Symphonieorchesters im Bolschoi-Theater auf. Im Jahr 1936 war die Sammlung von 110 synthetischen Schablonen fertig – die *Syntone* waren geschaffen. Im Jahr 1938 hatte Yankovsky während seiner Experimente mit Violinen in der Ersten Fabrik für Streichinstrumente in Moskau die Gelegenheit, mit dem neuen westlichen Spektrometer (erstmalig in die UdSSR importiert) zu arbeiten, um seine theoretischen Schlussfolgerungen zu überprüfen. Nach seinen eigenen Schätzungen hatte er mehrere hundert Spektren hergestellt und gesammelt.

Methoden zur Berechnung von Wellenformen

Um die Berechnung der *Syntone* zu vereinfachen, entschied sich Boris Yankovsky mit Obertönen in einer Phase von 90° zu arbeiten, da in dieser spezifischen Phase die Sinuswellen der Obertöne eine sehr symmetrische Wellenform aufwiesen. Dies reduzierte die Rechenarbeit wesentlich, da nur noch die erste Hälfte der Periode berechnet werden musste und die zweite Hälfte einfach auf den gleichen Ordinaten, aber auf den Kopf gestellt gezeichnet werden konnte. Die Methode basierte auf Helmholtz' Theorie der Unabhängigkeit der Klangfarbe von den Phasen der Obertöne. Um die Kurve während der Synthese der *Syntone* zu erzeugen, wurden entweder 25 Punkte in einer halben Periode berechnet, wenn ihre Struktur

die ersten 8 Harmonischen enthielt, oder 50 Punkte in einer halben Welle, wenn Harmonische von der 8. bis zur 31. Ordnung enthalten waren. Die Synthese von Harmonischen höherer Ordnung – bis zur 63., konnte im Jahr 1936 aufgrund der hohen Berechnungszeit noch nicht realisiert werden, da sie bereits 100 Punkte in einer halben Welle benötigte.

Für die Addition der Obertonamplituden stellte Yankovsky zwei digitale Hilfstabellen auf. Mit der ersten Tabelle fand man alle 50 Abszissen für 10 verschiedene Amplituden einer halben Periode. Nach der zweiten Tabelle konnte man die Anzahl der Abszissen der Grundschwingung (der Periode des Grundtons) und somit die Wellenform einer jeden beliebigen Sinuswelle auf Wunsch berechnen. Wenn man zum Beispiel die zweite Harmonische erzeugen wollte, nahm man alle Punkte der ersten, jedoch ohne die ungeraden: 2, 4, 6, 8, ..., 98, 100. Um die dritte Harmonische zu erzeugen, nahm man alle mit 3 multiplizierten Punkte: 3, 6, 9, ..., 147, 150 usw.

Bei der Erstellung der zweiten Tabelle fand Yankovsky heraus, dass sich bei den geraden Harmonischen alle Ordinatenpunkte ab dem 25. wiederholten (bei den Vielfachen von 4 sogar schon nach dem 12.). Bei den ungeraden Harmonischen ergaben alle Punkte, die in symmetrischer Relation zur 25. standen, in Summe die Zahl 50. Diese Erkenntnisse führten zu einer erheblichen Vereinfachung der Berechnungen.²⁴ Um die Wellenform eines *Syntons* auf einem Blatt Linienpapier zu berechnen, wurden individuell für jede Harmonische alle Ordinaten in Relation zu jedem der 25 Punkte der Abszissen markiert und folglich addiert. Die Berechnung eines *komplexen Tones* nahm bis zu 10 Stunden in Anspruch. Um die gesamte Sammlung der 110 Basis-*Syntone* zu berechnen, benötigte Boris Yankovsky ein ganzes Jahr (1935-36).

Arbeitsergebnisse bis 1940

Im Jahr 1936 wurde das Labor von Boris Yankovsky an das NIMI Institut des staatlichen Konservatoriums in Moskau übergeben. Ein Jahr darauf entwickelte und baute der junge NIMI-Angestellte und Erfinder Andrey Volodin die elektronischen Teile des *Vibroexponators* und Boris Yankovsky brachte somit nach sechs Jahren Arbeit endlich seine *Syntone* zum Klingen.

Im Januar des Jahres 1939 schickte Nikolay Garbuzov, der Leiter des NIMI Instituts, den Forscher Nikolay Zimin in Yankovskys Labor, um

24. Vgl. ebd., S. 81-82.

den aktuellen Stand der Entwicklungen zu überprüfen. In seinen Notizen »Über das Labor für Synthetischen Ton« schrieb Zimin:

Der Vibroexponator ist ein komplexes, sperriges Gerät für die optische Aufnahme von synthetischen Klängen auf der Tonspur eines gewöhnlichen 35 mm Films durch speziell gefertigte intensive [Anm.: mit dem Intensitätsverfahren hergestellte] Negative. Das Instrument ist zum Teil mechanisch und unterstützt verschiedene Arbeitsabläufe mit dem ursprünglichen Negativ. Die automatisierte Filmführungskontrolle ist teilweise defekt und benötigt besondere Reparaturen und Wartung. [...] Als Hilfsmaterial stehen Dutzende Filme von je 50 Zentimetern Länge mit den synthetischen Klangwellen in mehrfacher Periode zur Verfügung. In dieser Kategorie gibt es auch mehrere Dutzend Filme, die Zerstörungen aufweisen. Die erfindungsreichsten Tonkurven-Negative, die im Vibroexponator verwendet werden, sind große intensive quadratische Platten, die in speziellen Alben gesammelt sind. Insgesamt gibt es ungefähr hundert 35 mm Filme mit Längen von 1,5 bis zu 20 Metern. Die kürzeren Filme wurden zu langen Endlosschleifen mit der Länge von etwa 20 Metern zusammengeklebt. Viele davon wurden von Yankovsky vorgeführt, wie etwa »Klarinette«, »Posaune«,²⁵ Übergänge zwischen Tönen und besondere Klangfarben mit dem Zusatz hoher Formanten. Die Tonqualität selbst ist nicht die beste und könnte erheblich verbessert werden.²⁶

Alternativ entwickelte Boris Yankovsky Klangbearbeitungstechniken wie die Tonhöhentransposition und die Zeitdehnung. Im Jahr 1935 bemerkte der Theoretiker und Kritiker S. Boguslavsky nach der Uraufführung des Films »Gulliver«, dass die im Film verwendete Methode der Tonhöhentransformation die Klangfarbe beeinflusst: »Diese Methode der Tonhöhentransformation ist schädlich für die Reinheit und den Erhalt der orchestralen Klangfarbe. Wir sind der Meinung, dass die Methode des gezeichneten Klangs, entwickelt von B. Yankovsky, sinnvoller wäre, da sie die Transposition der gesamten Textur über ein Intervall von drei Halbtöne ermöglicht, ohne die Klangfarbe zu zerstören.«²⁷

25. Diese Bezeichnungen stehen für die typischen spektralen Charakteristiken der Tonklassen, wie sie von Yankovsky eingeteilt wurden. »Klarinette« etwa meint die Klasse mit Vorherrschaft der ungeraden Obertöne, »Posaune« eine Klasse mit speziellen Formanten.

26. P.N. Zimin: Über das Labor für Synthetischen Ton (8. Januar, Notizen für Professor Garbuzov, Leiter des akustischen Labors des staatlichen Konservatoriums in Moskau), Moskau. (Theremin Center Archiv 1939).

27. S. Boguslavsky: »Geglücktes Experiment«, in: Kino (1935), 22. März.

Yankovskys Methode der Zeitdehnung wurde von V. Solev erwähnt: »Nach einer langen intensiven Beschäftigung mit der Analyse von natürlichen Phonogrammen wurde am wissenschaftlichen Forschungslabor von Mosfilm das Problem der Zeitdehnung von Klängen, oder im Gegenteil der Multiplikation von sehr kurzen Klängen (wie manchen Konsonanten) gelöst. Damit ist es möglich, Analysen und Synthesen zu entwickeln, die rein auf den Techniken des gezeichneten Klangs beruhen, sowie akustische Ansätze anzuwenden, die in der europäischen Presse diskutiert wurden. Das Problem der Verzerrungen in der Klangfarbe kann jetzt durch Yankovskys Methode der Zeitdehnung gelöst werden, indem man das »optimale Timbogramm«²⁸ verwendet, das die Klangfarbe des Tones bewahrt.«²⁹

Somit hat Boris Yankovsky bereits in den frühen 30er Jahren eine Methode vorgeschlagen, die auf der Trennung von spektralen Inhalten und den Formanten beruhte und zu einer unabhängigen Kontrolle über die Tonhöhe und Tondauer auf spektraler Ebene führte, ähnlich den heute, weit verbreiteten Techniken der Computermusik: der Cross-Synthese und des Phasen-Vocoders.

Zu den zukünftigen Aussichten notierte Yankovsky: »In Zukunft hoffen wir, die Breite der effektiven Tonspuren auf Film um das Achtfache erhöhen zu können, indem wir parallele Spuren zeichnen, um den Bereich der Dynamik zu vergrößern. Außerdem wollen wir komplizierte räumliche Effekte erreichen, indem wir unterschiedliche Instrumentengruppen unabhängig voneinander in verschiedenen Lautsprechern wiedergeben und damit Effekte der Interaktion von Stimmen und Klängen aus verschiedenen Richtungen in der Konzerthalle (oder dem Theater) erzeugen. Wir hoffen außerdem in Zukunft den »Synthesizer« bauen zu können – ein großes Gerät für die mechanische Addition und simultane Zeichnung komplexer harmonischer Fluktuationen.«³⁰

28. Das »optimale Timbogramm« ist ein Begriff, den Boris Yankovsky selbst verwendete. Er meinte damit ein Set von spektralen Schablonen, das auf die Struktur der Formanten eines Klanges Rücksicht nahm.

29. Vladimir Solev: »Syntetichesky Zvuk« (Synthetischer Ton), in: Kino (1935), S. 4.

30. Boris Yankovsky: Akustische Synthese der Klangfarbe, S. 40-41.

Nachwort

Im Jahr 1938 traf Boris Yankovsky Evgeny Murzin, einen jungen Erfinder, der von der Idee einer universellen Maschine zur Klangsynthese fasziniert war. Nach einem Jahr gemeinsamer Gespräche war das Konzept des zukünftigen ANS Synthesizers ausformuliert. Im Januar 1939 beschlossen Boris Yankovsky und Evgeny Sholpo, ihre Bemühungen zu vereinen und das neue Labor für Gezeichneten Klang in Leningrad zu gründen. Das Hauptaugenmerk des Labors lag auf der Aufnahme von neuen *synton*-basierten synthetischen Instrumenten. Yankovsky zog nach Leningrad, wo er vom Institut für Theater und Film eine Wohnung zur Verfügung gestellt bekam. Er rechnete mit der Vollendung seines *Vibroexpontators* im Jahr 1940. Zwischen 1939 und 1941 schrieb Evgeny Sholpo das Buch »Teorija i praktika graficheskogo zvuka« (Theorie und Praxis des Gezeichneten Klangs).³¹ Ein Kapitel daraus mit dem Titel: »Akustische Synthese der Klangfarbe« stammt von Yankovsky, doch die gemeinsame Arbeit an der Publikation wurde vom Zweiten Weltkrieg unterbrochen, so dass das Buch nicht publiziert werden konnte.

Während des Krieges wurden Boris Yankovsky und seine Familie nach Alma-Ata evakuiert (über 4000 km von Moskau und Leningrad entfernt) und sie verloren ihr Wohnrecht in Leningrad. Im Jahr 1946 bemühte sich Evgeny Sholpo um die Rückkehr Yankovskys in das Labor. Es wurden viele offizielle Papiere und Briefe geschrieben, jedoch ohne jeden Erfolg. Als Yankovsky im Jahre 1949 eine Möglichkeit fand, nach Moskau zu ziehen, wechselte er zu Forschungsarbeiten über die Akustik von Violinen. Als Angestellter der Versuchsfabrik für Musikinstrumente suchte er nach objektiven wissenschaftlichen Grundlagen für die Herstellung von Violinen. Er meldete auch für diese Forschung mehrere Patente an und schrieb zahlreiche Artikel.

Die Geschichte des Gezeichneten Klangs in der Sowjetunion war jedoch so gut wie vergessen. Im Zeitalter der analogen Synthese und magnetischer Aufnahmetechnik war kaum jemand mehr an dieser »veralteten« Technologie interessiert. Glücklicherweise bewahrte Yankovsky seine unpublizierten Manuskripte auf, wie auch eine Schachtel mit Filmen seiner *Syntone*.

In den späten 60er Jahren begegnete er bei einem Besuch des staatlichen Konservatoriums von Moskau dem jungen Toningenieur Lev Bolotsky, der einzigen Person, welche die Ideen der Synthese mit Gezeich-

31. Evgeny Sholpo: Theorie und Praxis des Gezeichneten Klangs, (unveröffentlichtes Manuskript), Archiv Marina Sholpo.

netem Klang noch ernst nahm. Aus diesem Grund schenkte ihm Yankovsky seine alten Manuskripte und lud Bolotsky in sein Labor ein. Lev Bolotsky erinnert sich, dass Yankovsky ihm eine große Kartonschachtel mit Tonfilmen zeigte. Dies geschah um das Jahr 1970 herum. Bis heute weiß niemand, was mit dieser Sammlung passiert ist. Hoffentlich wartet der Schatz noch immer auf einen glücklichen Forscher. Boris Yankovsky starb im Jahr 1973.³²



Abb. 14: Die Tonspuren als Profile, geschaffen von Boris Yankovsky 1931. Links: das Profil von Boris Yankovsky, rechts: Arseny Avraamov. Theremin Center Archive.
© Andrei Smirnov.

Danksagung

Ich danke Lev Bolotsky, Nikolay Izvolov, Marina Sholpo und Alexander Banin für Informationen und einzigartige Dokumente, Igor Pischik für hilfreiche Erinnerungen. Besonderer Dank gebührt Jon Appleton, Matthew Price und Rob Mullender für ihre Unterstützung und für Ratschläge bei der Vorbereitung dieses Aufsatzes.

Übersetzt von Claudia Wrumnig & Elisabeth Schimana

32. Das Datum seines Todes ist nicht bestätigt.

Autorinnen und Autoren

TIM BOYKETT ist Gründungsmitglied von Time's Up, einer Kunst-Mathematik-Technologie-Forschungs- und Entwicklungsgruppe; er lehrt und forscht an der Kunstuniversität Linz und weiteren technischen und künstlerischen Universitäten. Ausgewählte Publikationen: »Aesthetic and Mathematical Research«, in: Bridges. Art and Mathematics 2010, Tagungsband (in Vorbereitung); (Hg.): TRG – On Transient Realities and their Generators, Brüssel 2006.

PETER DONHAUSER ist Sammlungsleiter am Technischen Museum Wien. Ausgewählte Publikationen: Elektrische Klangmaschinen, Wien 2007; »100 kW Mittelwelle – Rundfunkgeschichte am Beispiel des steirischen Senders Dobl«, in: Blätter für Technikgeschichte 64, Wien 2002.

DANIEL GETHMANN ist Universitätsassistent am Institut für Architekturtheorie, Kunst- und Kulturwissenschaften der Technischen Universität Graz. Ausgewählte Publikationen: Die Übertragung der Stimme. Vor- und Frühgeschichte des Sprechens im Radio, Berlin, Zürich 2006; »Das »sprechende Licht« und seine Aufzeichnung in der »Zukunft des Phonographen«. Zur Erfindung des Tonfilms aus der Radiophonie«, in: Martin Stingelin/Matthias Thiele/Claas Morgenroth (Hg.): Portable Media. Schreibszenen in Bewegung zwischen Peripatetik und Mobiltelefon. München 2010, S. 267-284.

JOSEF GRÜNDLER ist Studiengangsleiter Media and Interaction Design an der FH Joanneum in Graz. Ausgewählte Arbeiten: Berlin (2006, CD mit Josef Klammer), Die große Partitur (2001-2005, 8er Album mit Elisabeth Schimana).

WOLFGANG HAGEN ist Privatdozent für Medienwissenschaften an der Humboldt Universität Berlin und Leiter der Abteilungen Kultur und

Musik im Deutschlandradio Kultur. Ausgewählte Publikationen: Das Radiobuch. Zur Theorie und Geschichte des Hörfunks Deutschland/USA, München 2005; »M.G.Y. – What is the matter with you? Zur Archäologie des medialen Titanic-Desasters«, in: Christian Kassung (Hg.): Die Unordnung der Dinge. Eine Wissens- und Mediengeschichte des Unfalls, Bielefeld 2009, S. 245-267.

UTE HOLL ist Professorin für Medienästhetik am Institut für Medienwissenschaft an der Universität Basel. Ausgewählte Publikationen: Kino, Trance und Kybernetik, Berlin 2002; Herausgeberin des Schwerpunktheftes: Materialität | Immaterialität der Zeitschrift für Medienwissenschaft 1 (2010).

MYLES W. JACKSON ist Dibner Family Professor für Wissenschaftsgeschichte, Technikgeschichte, Wissenschaftstheorie und Philosophie der Technologie beim Polytechnic Institut und der Gallatin School der New York University. Ausgewählte Publikationen: Harmonious Triads: Physicists, Musicians, and Instrument Makers in Nineteenth-Century Germany, Cambridge, Mass. 2006; Spectrum of Belief: Joseph von Fraunhofer and the Craft of Precision Optics, Cambridge, Mass. 2000. Deutsche Übersetzung: Fraunhofers Spektren: Die Präzisionsoptik als Handwerkskunst, Göttingen 2009.

DOUGLAS KAHN ist Research Professor am National Institute for Experimental Arts an der University New South Wales in Sydney. Ausgewählte Publikationen: Noise, Water, Meat: A History of Sound in the Arts, Cambridge Mass. 1999; Source: Music of the Avant-garde, 1966-1973, Berkeley 2010 (hg. mit Larry Austin).

JULIA KURSELL ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte in Berlin. Ausgewählte Publikationen: Immersed. Sound and Architecture. OASE Tijdschrift voor Architectuur/ Architectural Journal 78, (hg. mit Pnina Avidar und Raviv Ganchrow); »Helmholtzquinten«, in: Safia Azzouni/Uwe Wirth (Hg.): Dilettantismus als Beruf, Berlin 2010, S. 131-142.

MARA MILLS ist Assistant Professor für Media, Culture, and Communication an der New York University. Ausgewählte Publikationen: »Deaf Jam: From Inscription to Reproduction to Information«, in: Social Text 102 (2010); »Do Signals Have Politics? Inscribing Abilities in Cochlear Implants«, in: Trevor Pinch/Karin Bijsterveld (Hg.): The Sound Studies Handbook, Oxford (in Vorbereitung).

ELISABETH SCHIMANA ist Komponistin und leitet IMA Institut für Medienarchäologie. Ausgewählte Arbeiten: (Hg.): *Zauberhafte Klangmaschinen*, Mainz 2008; *Höllmaschine*, Komposition für den Max Brand Synthesizer, 2009.

ANDREI SMIRNOV ist interdisziplinärer Künstler und Entwickler von elektronischen Musiktechnologien, Gründer und Leiter des Theremin Centers für Elektroakustische Musik am Staatlichen Moskauer Konservatorium. Ausgewählte Publikationen: *SOUND* in *Z. Forgotten Experiments in Sound Art and Electronic Music in Early 20th Century Russia*, Köln 2010 (In Vorbereitung); »The Poetry of Digits and Resonances. Electroacoustic Music in the USA«, in: *Music in the USA*, Moskau 2008. S. 153-171.

ELENA UNGEHEUER ist Professorin an der Forschungsstelle Systematische Musikwissenschaft des Fachgebiets Audiokommunikation an der Technischen Universität Berlin. Ausgewählte Publikationen: (Hg.): *Elektroakustische Musik*, Handbuch zur Musik des 20. Jahrhunderts, Laaber 2002; »Ist Klang das Medium von Musik? Zur Medialität und Unmittelbarkeit von Klang in Musik«, in: Holger Schulze (Hg.): *Sound Studies: Traditionen – Methoden – Desiderate*. Eine Einführung, Bielefeld 2008, S. 57-76.

AXEL VOLMAR ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Medienwissenschaft der Universität Siegen. Ausgewählte Publikationen: (Hg.): *Zeitkritische Medien*, Berlin 2009; »Die Mikrotemporalität der Medien. Manipulationen medialer Zeitlichkeit in der Geschichte von Film und Video«, in: Ingo Köster/Kai Schubert (Hg.): *Medien in Raum und Zeit*. Maßverhältnisse des Medialen, Bielefeld 2009, S. 117-142.

TAMARA WILHELM ist freischaffende Musikerin und baut Soundelektronik. Ausgewählte Projekte: *Das Gemüseorchester* (vegetableorchestra.org, seit 2001), *Mixed Media Performance Duo* »z.b.: ...« (zb.klingt.org, seit 2004)