

Von der Ökoakustik zur Elektroakustik

Machine Learning im Kontext der
Klanganalyse und Klangklassifikation

Dr. phil. Egor Polyakov
HMT Leipzig



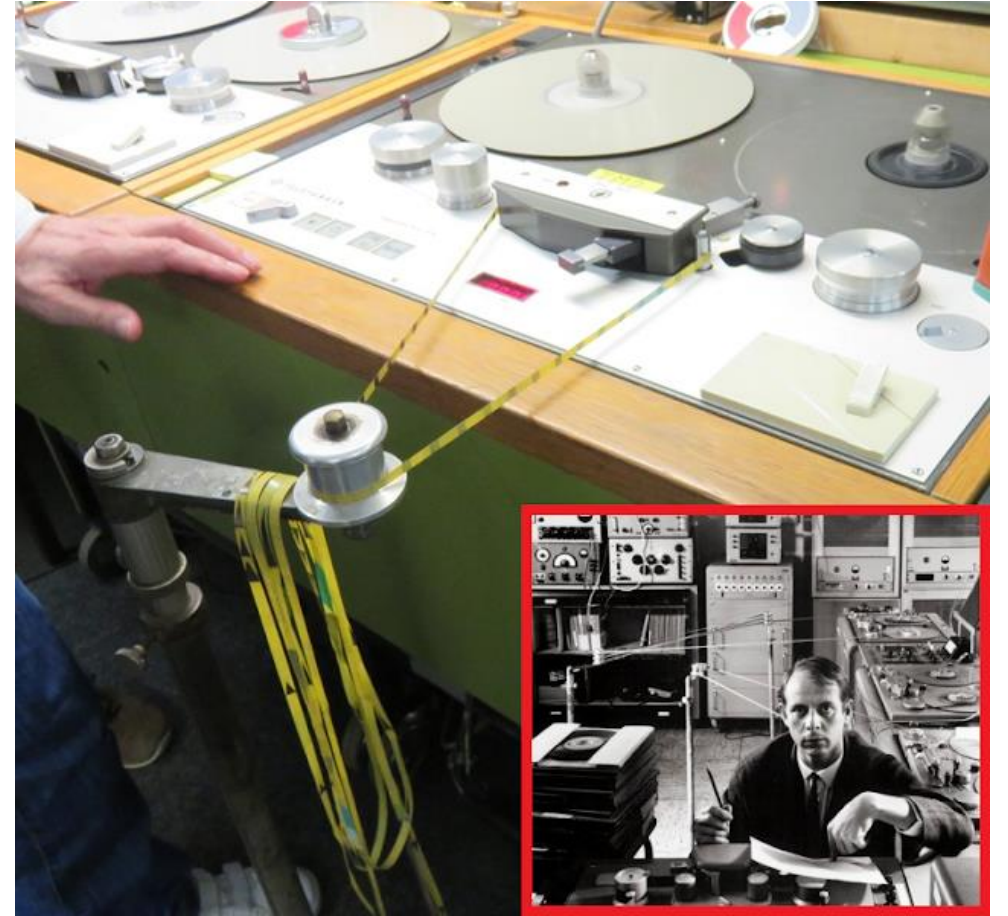
XVII. Mitteldeutsche Tagung Musiktheorie und Hörerziehung

Elektroakustik im Kontext der Musikanalyse (kurze Einführung und historisches Kontext)

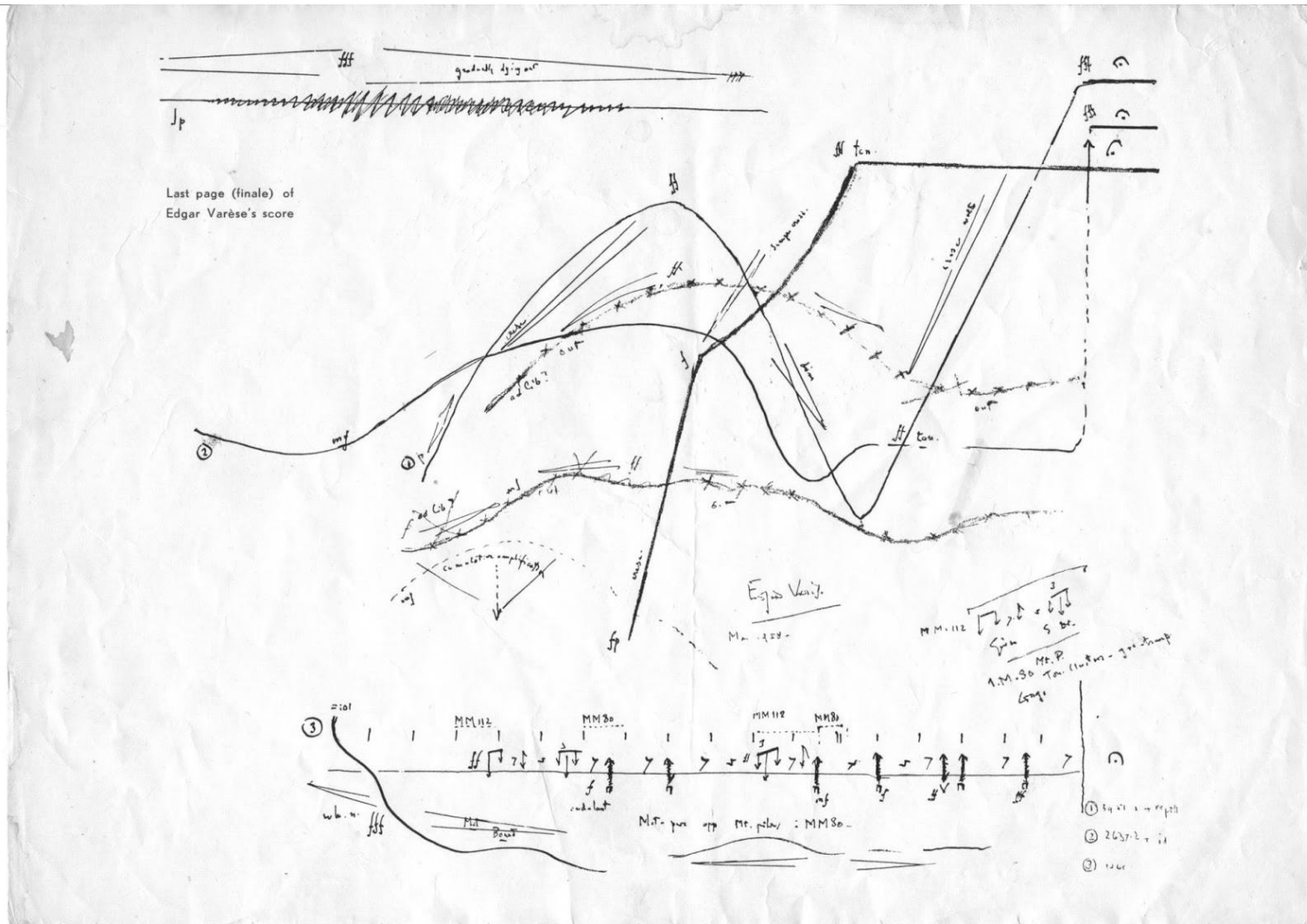
- Elektroakustik - primär ein künstlerisches Fach
=> Komposition mit Computer und Medien (aber nicht ausschließlich auditive Medien)
- Zwei Hauptbereiche:
=> Akusmatik/fixed Media
=> Live-Elektronik
- Generelles Instrumentarium für die Klangerzeugung ist sehr Vielfältig
(Analoge/Digitale Synthese, Field-Recording, Sampling, AI basierte Klanggeneration, uvm.)
=> Wichtiger Bestandteil der Klangaufbereitung: Editing und Mixing in DAW
=> Verwendung von grafischen Representationsformen (Wellenform, Spektrogramm) ist dabei essentiell



- In der vordigitalen Ära (1950er –1980er) hatte Aufbereitung der Klänge sowie herstellung des finalen Mixdowns einen ausgeprägten handwerklichen Aspekt
=> Bild: Pierre Henry (Ende 50er) links, Karlheinz Stockhausen (Anfang 60er)rechts
=> Schnitt und Mixing mussten per Hand ausgeführt werden

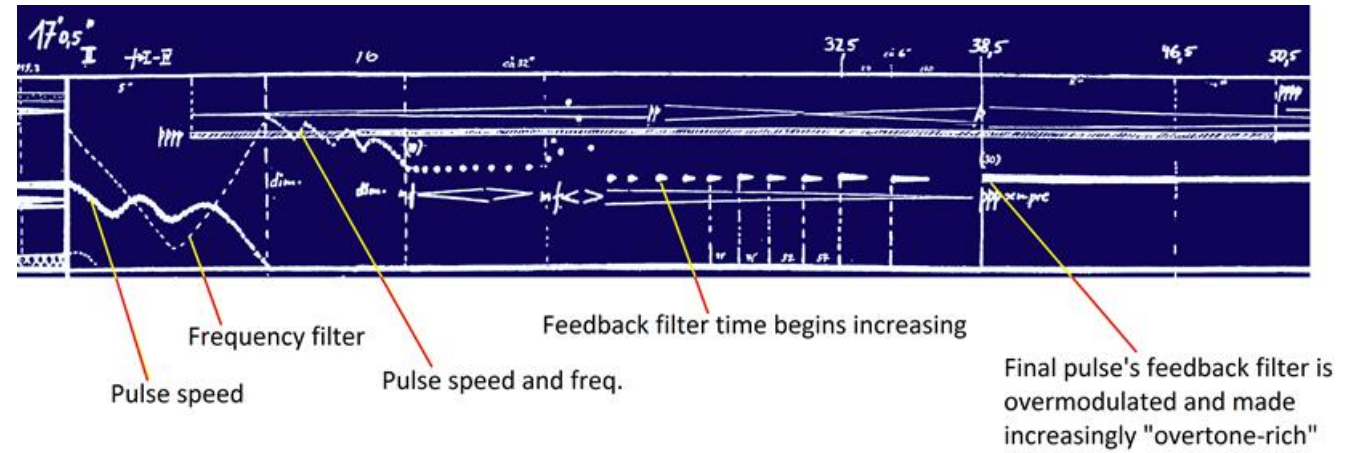
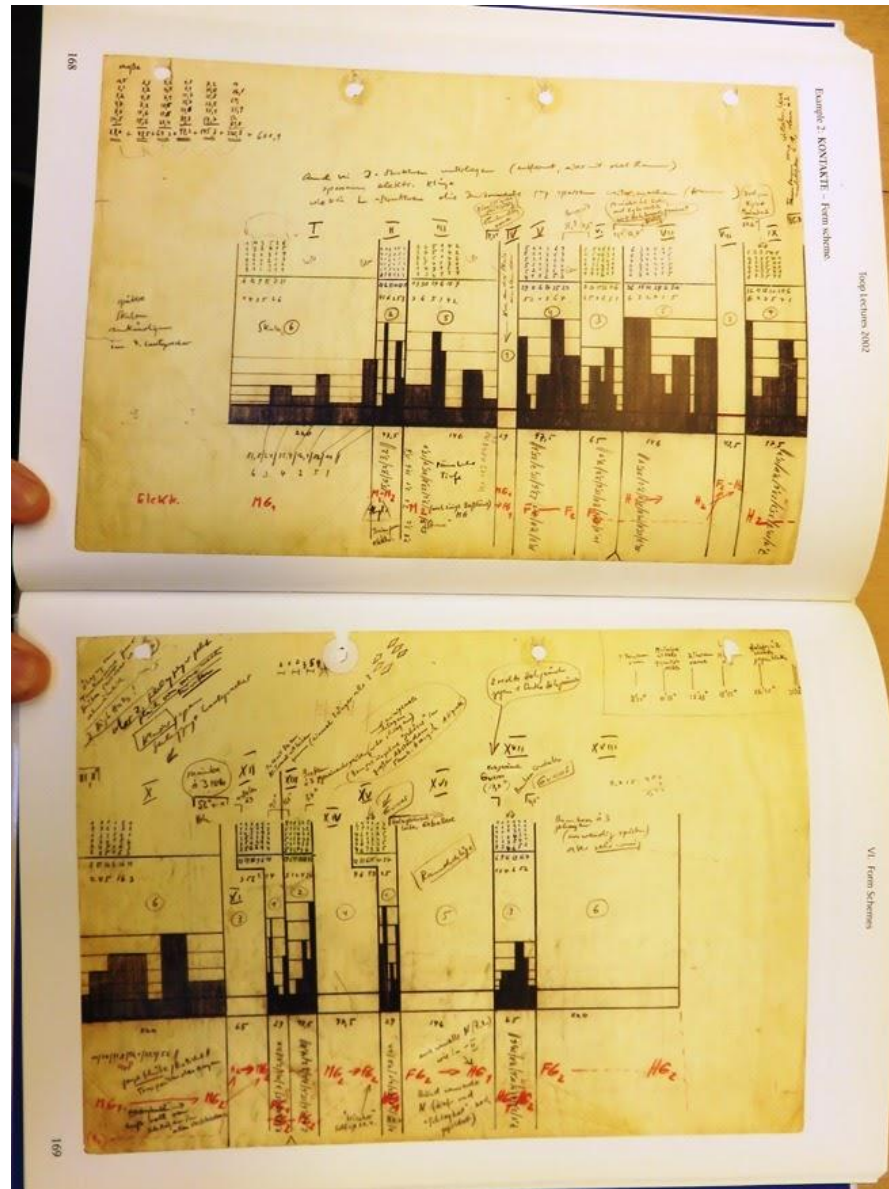


- Cutting tables: Studio RTF Paris (links), Studio für Elektronische Musik Köln (rechts)

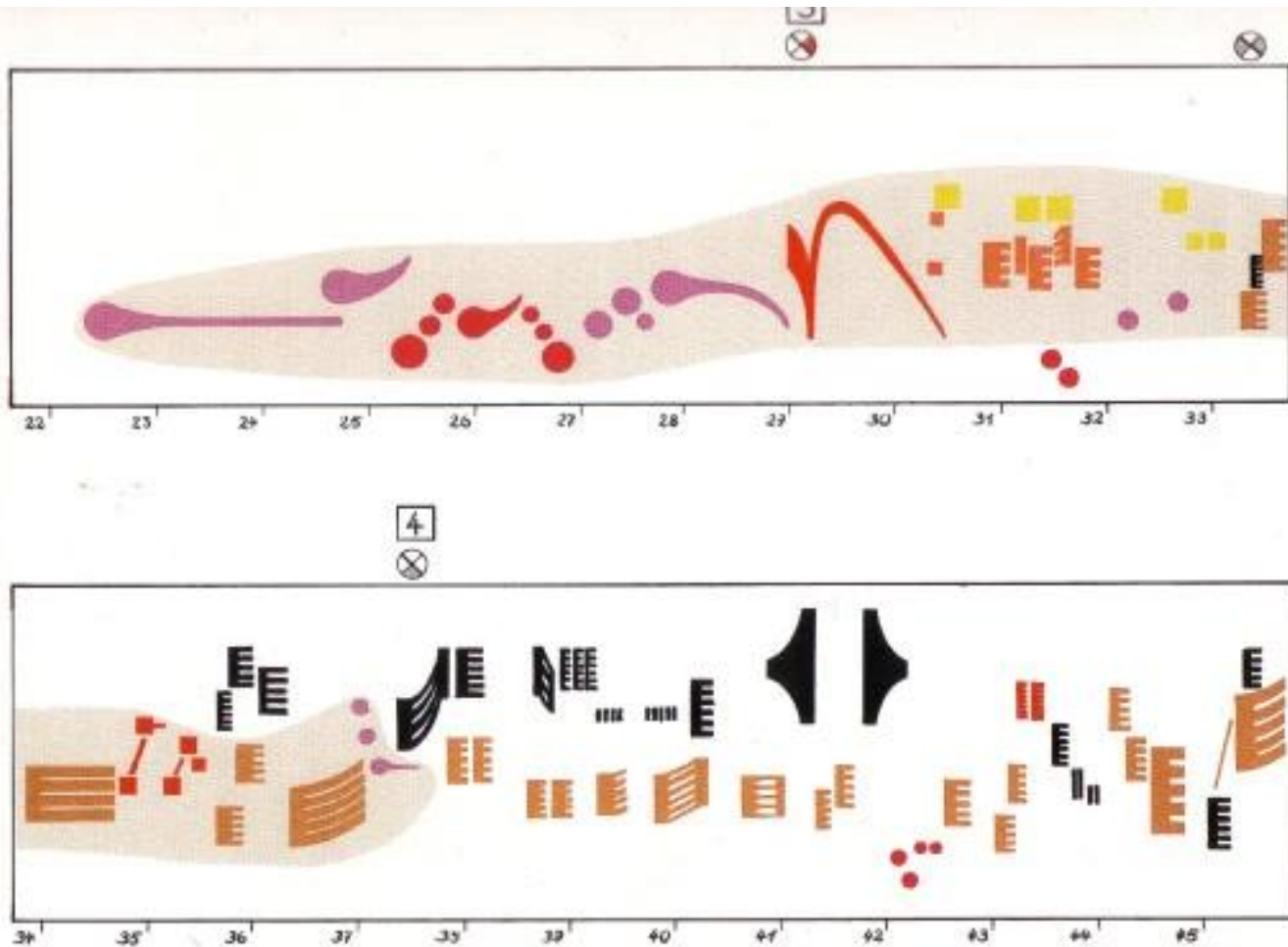


- Visuelle Representationen wurden im historischen Kontext in der Regel per Hand angefertigt und wurden hauptsächlich als Skizze bzw. Arbeitspartitur verwendet
- Bild: Varese - Poème électronique(1958)





Stockhausens Arbeitsskizzen für „Kontakte“ (1958-60)



„Hörpartitur“ von Ligeti „Artikulation“ (1958) von Rainer Wehinger (1970)

- Grafische Studie
=> stellt verschiedene Klänge
mit einem Satz von stilisierten
grafischen Zeichen dar
- Sehr ungenau in der
Darstellung
- Taruskin: *"decorative or
celebratory...rather
than...practical"*



Sonogramm???

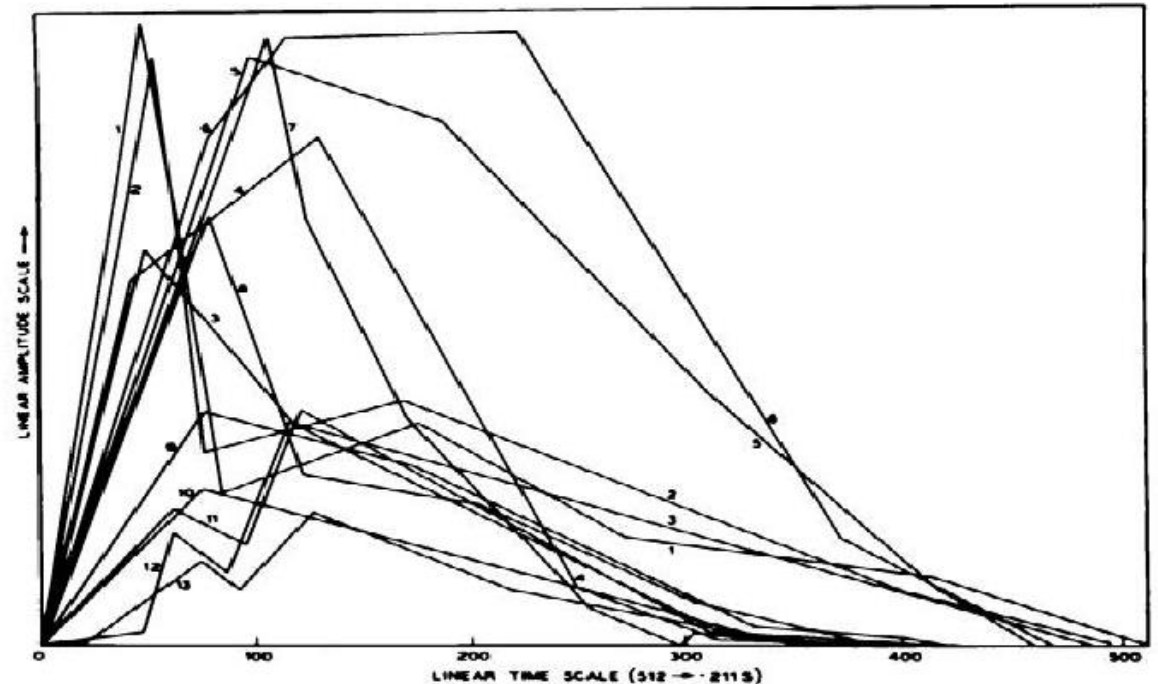
- Bereits seit mitte 50er in analoger Form verfügbare (Kay Sona-Graph)

=> in der Fachliteratur keine nennswerten Referenzen im Kontext der Analyse der elektroakustischer Musik bis 80er-90er finden

- **Ausnahme: Jean-Claude Risset**

=> Verwendung von 2D-Frequenzanalysen für die visuelle Darstellungen verschiedener Spektren im Kontext der Klangsynthese (s. Bild)

=> Mutations (1969)



Sidenote

- Julia Kursell bringt die verspätete Adaptation des Sonogramms mit der zu geringen Auflösung der ersten Sonagraph-Modelle in Verbindung (2.4s Länge und 8kHz Bandbreite für die ersten Kay Sonagraph Modelle)
- Emil Leipp hatte entscheidende Bedeutung für die Etablierung des Sonographs in Europa im Kontext der akustischen Forschung in frühen 60er

=> Leipps Problemstellungen:

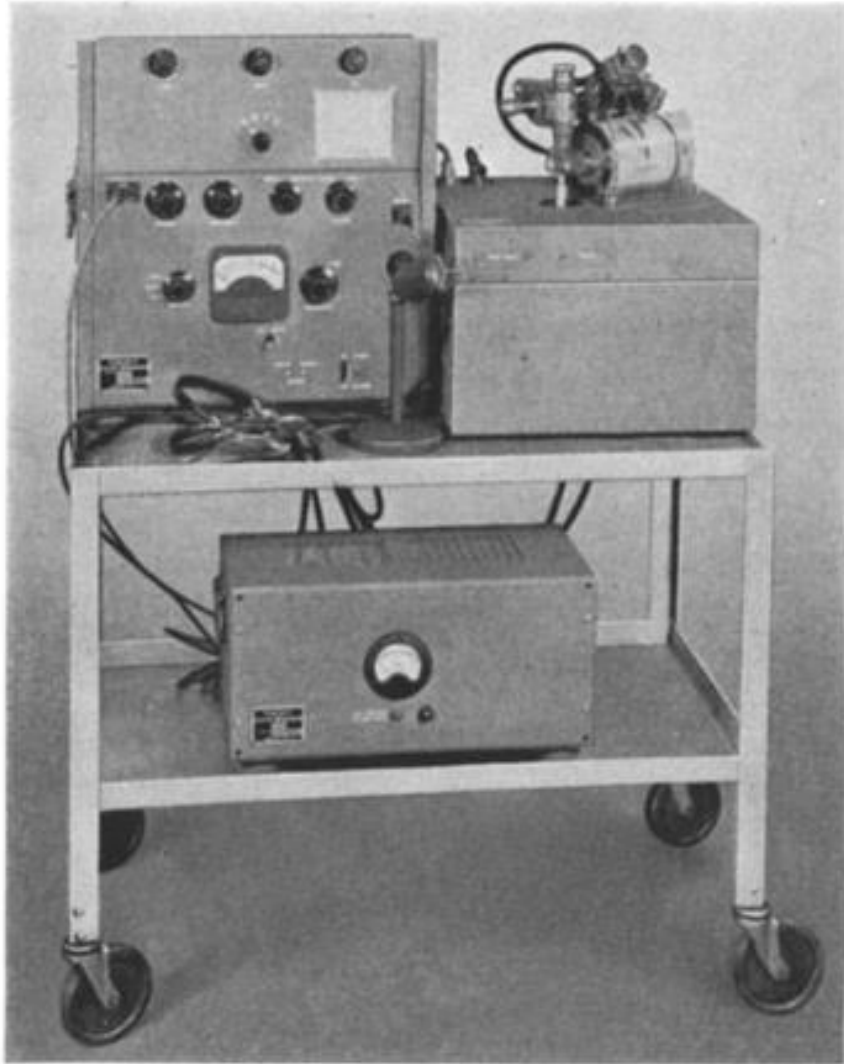
- Starke Irregularität der spektralen Komponenten
- Psychoakustische Natur der Klangfarbveränderungen

=> Gérard Grisey hatte bei Leipp Unterricht in Akustik

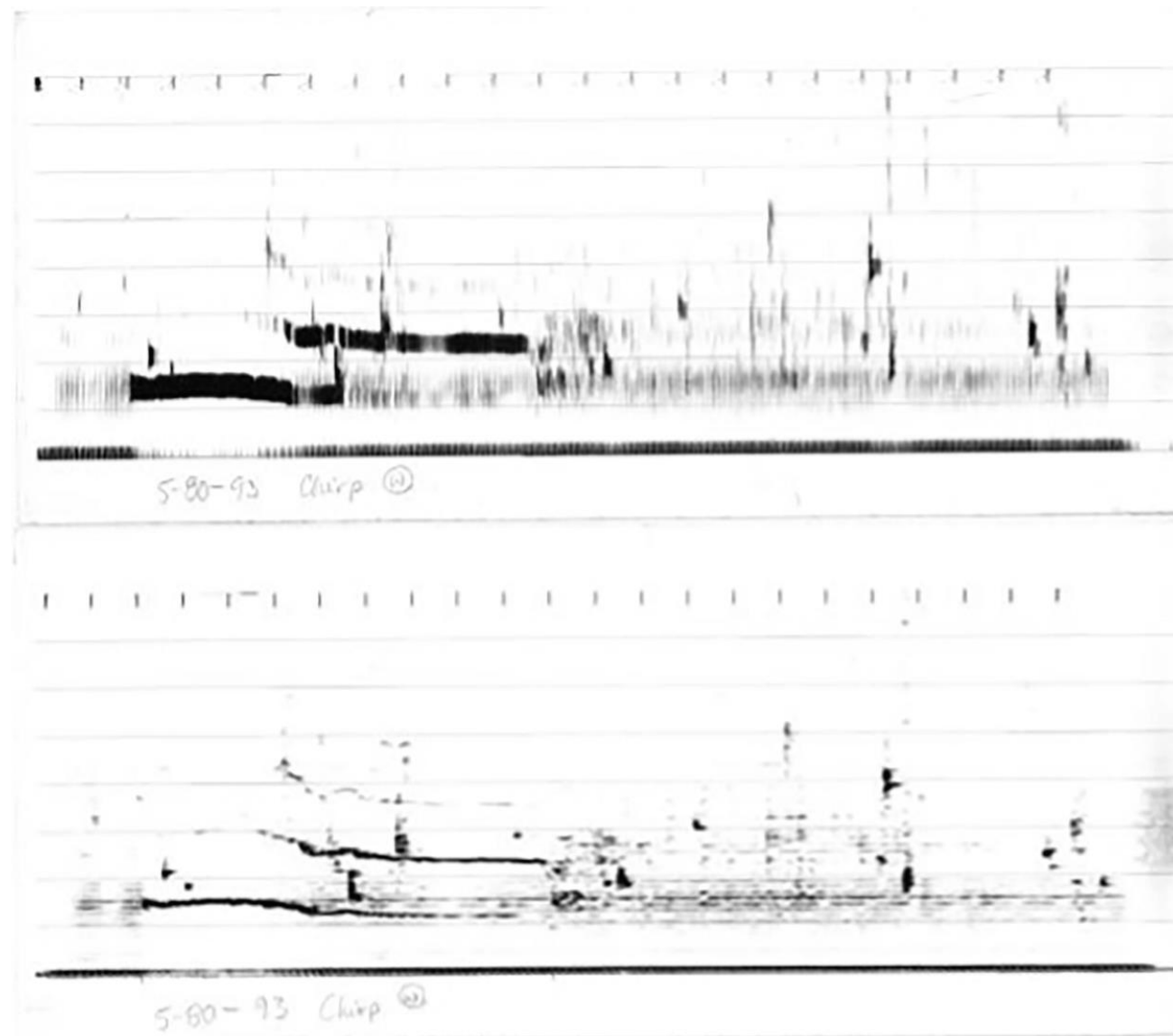
Kursell zur Analyse von Griseys Partiels (1975):

What had posed a problem to Leipp, namely the lack of regularities, is transformed into as aesthetic quality in Grisey's music. Just as each sound played by a trombone will result in a slightly different spectrographic image, so every repetition of the first page of the score will result in a slightly different sound. The stochastic aspect of sound production thus becomes an essential feature in the creation of musical form.

Kursell, J., & Schäfer, A. (2016). Microsound and Macrocosm: Gérard Grisey's explorations of musical sound and space. In Y. Kaduri (Ed.), *The Oxford Handbook of Sound and Image in Western Art*. Oxford University Press. S. 203.



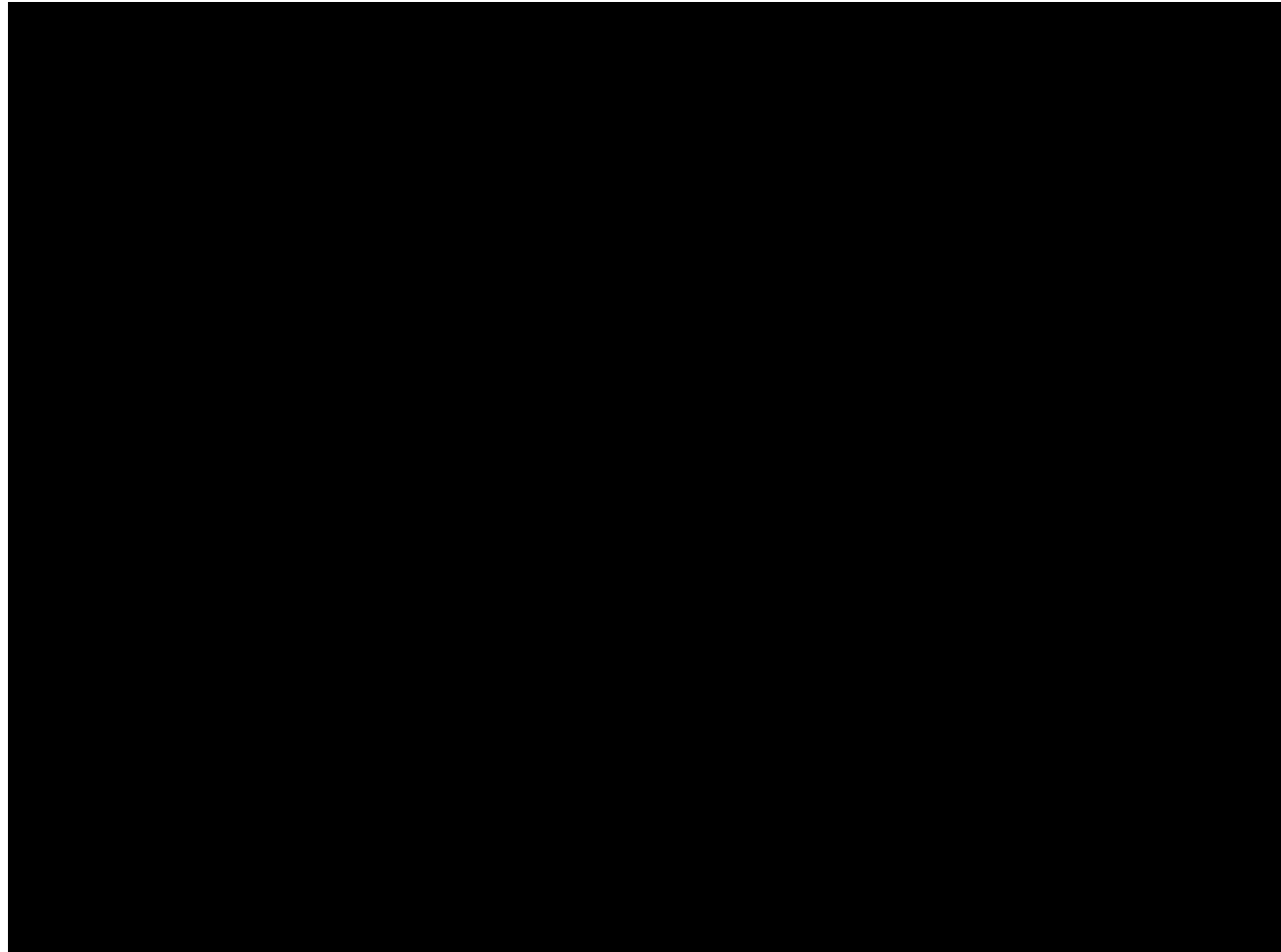
Kay Sona-Graph: frühes Prototyp ca. 1946 (links), Modell aus Ende 60er (rechts)



Wide-band (oben) und narrow-band (unten) Darstellungen des Kay Sona-Graph 6061A

Adoption der ersten computerbasierten Analyseverfahren

- Künstler => Verwendung für Synthese/Resynthese



- Wissenschaftler => Was können wir genau durch computerbasierte Analyse erkennen? Korreliert es mit der tatsächlichen Wahrnehmung?

Dennis Smalley – Spectromorphology (1997)

=> Weiterentwicklung von Schaeffer's typomorphology

Schaeffer's approach to the world of sound is characterized by a phenomenological attitude: It seeks to describe and reflect upon experience, rather than explain; it posits the actual life world experience of sound as its primary object of research.

Thoresen, L., & Hedman, A. (2007). Spectromorphological analysis of sound objects: an adaptation of Pierre Schaeffer's typomorphology. *Organised Sound*, 12(2), S. 129.

- Viele Aspekte der Schaeffers Typomorphology sind durch die Zeit bedingt (Mitte 50er – Anfang 60er)

=> Viele Konzepte von Smalley stehen dennoch sehr nah am Originaltext von Schaeffer und können u.a. Kontrovers sein

=> **Ignoring technology**

In spectromorphological thinking we must try to ignore the electroacoustic and computer technology used in the music's making. Surrendering the natural desire to uncover the mysteries of electroacoustic sound-making is a difficult but necessary and logical sacrifice.

Smalley, D. (1997). Spectromorphology: explaining sound-shapes. Organised Sound, 2, S. 108

=> Komplexes sprachbasiertes analytisches Framework für Analyse der Klangprozesse

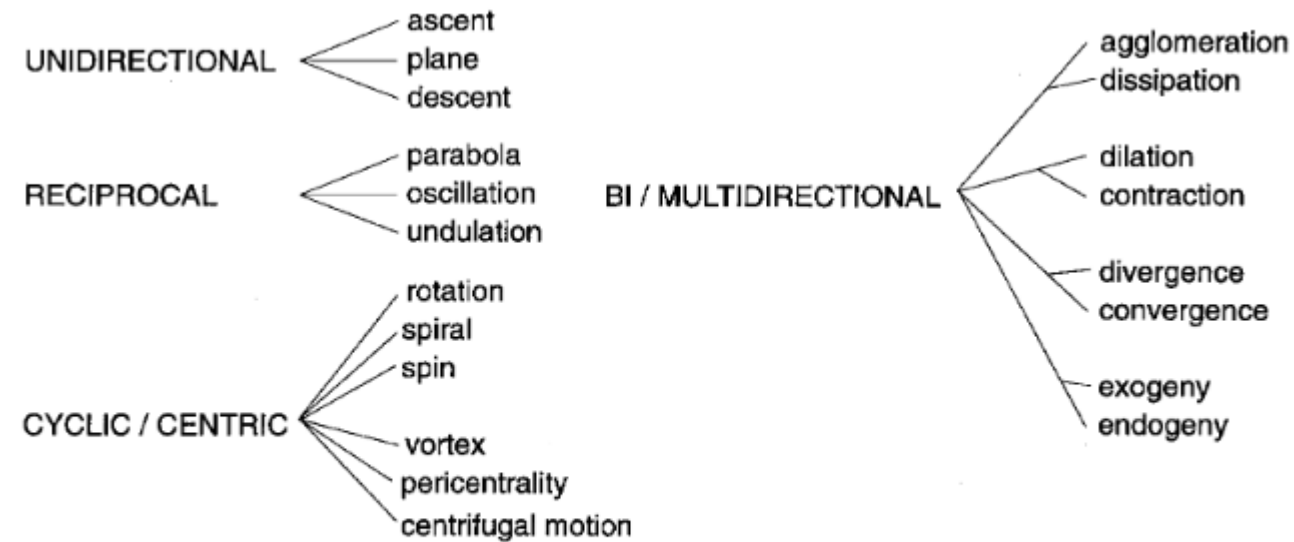


Figure 1. Motion and growth processes.

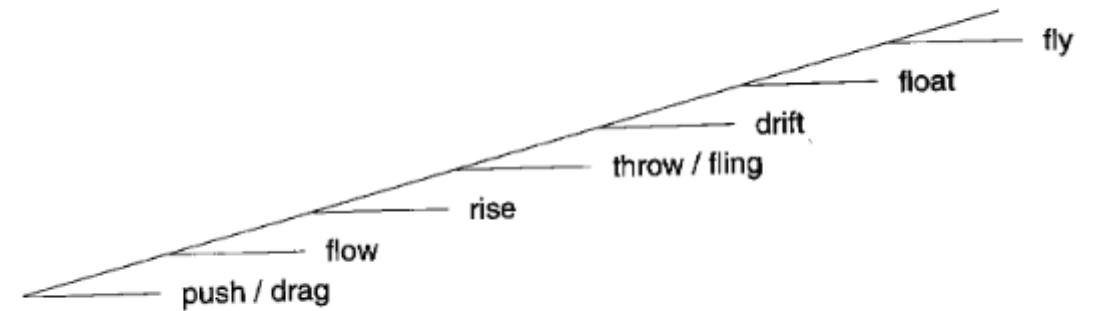
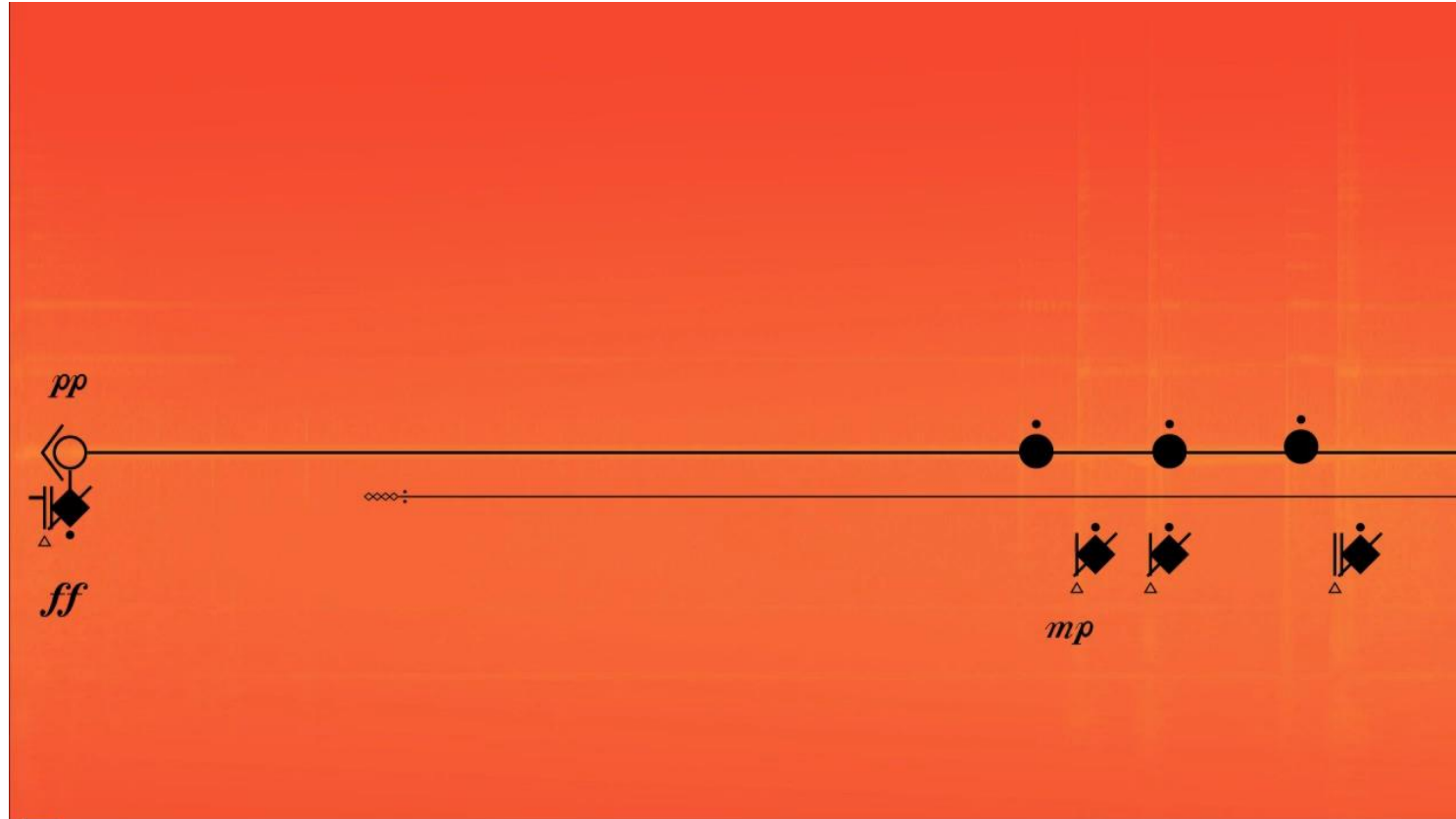


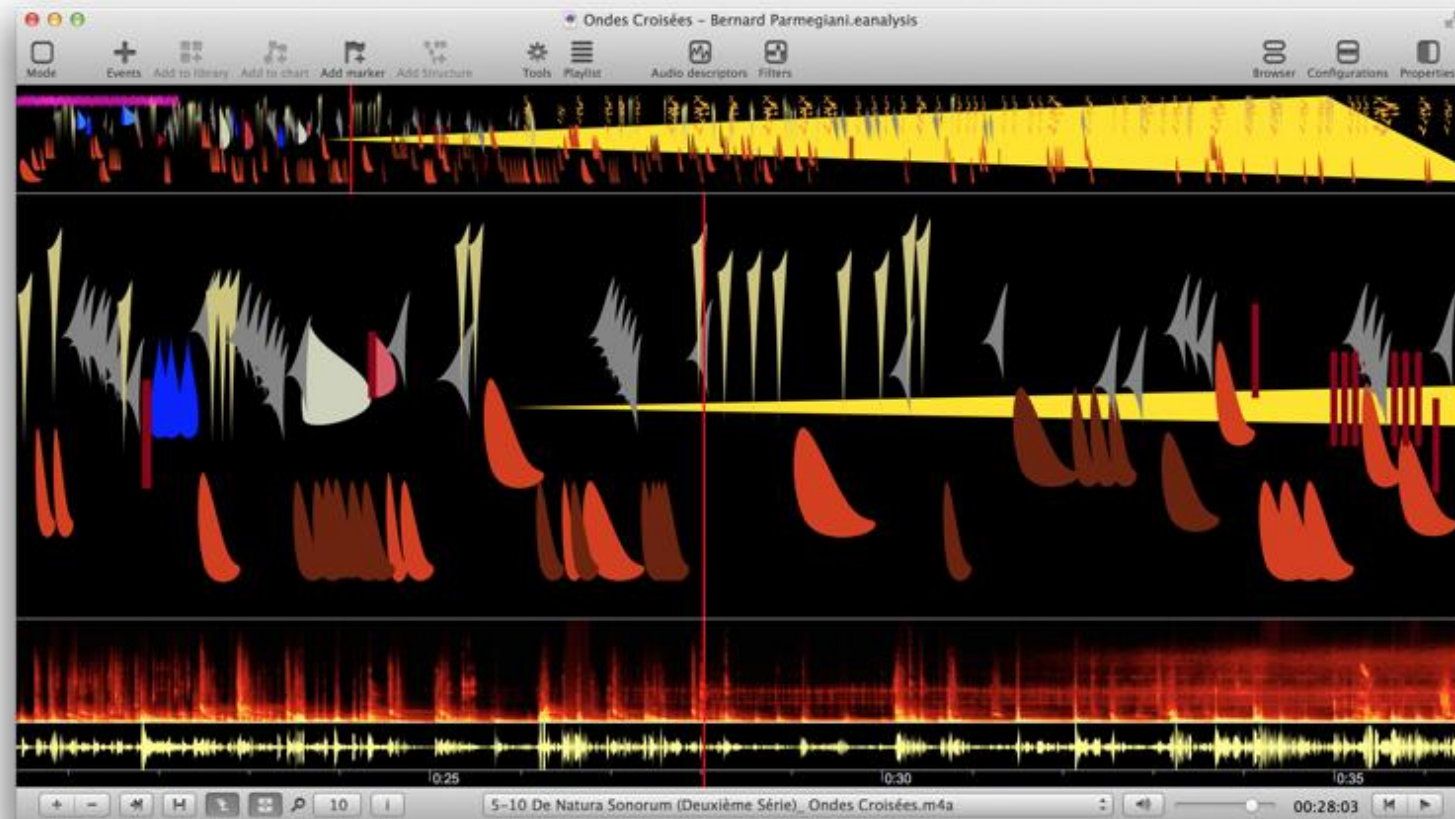
Figure 2. Seven characteristic motions.

- Spectromorphology heute?

=> Durch Lasse Thoresen und Manuella Blackburn wurde grafischer Aspekt der Darstellung der Klangprozesse ausgebaut



Parmegiani - Di Natura Sonorum - incidences / résonances (1975)



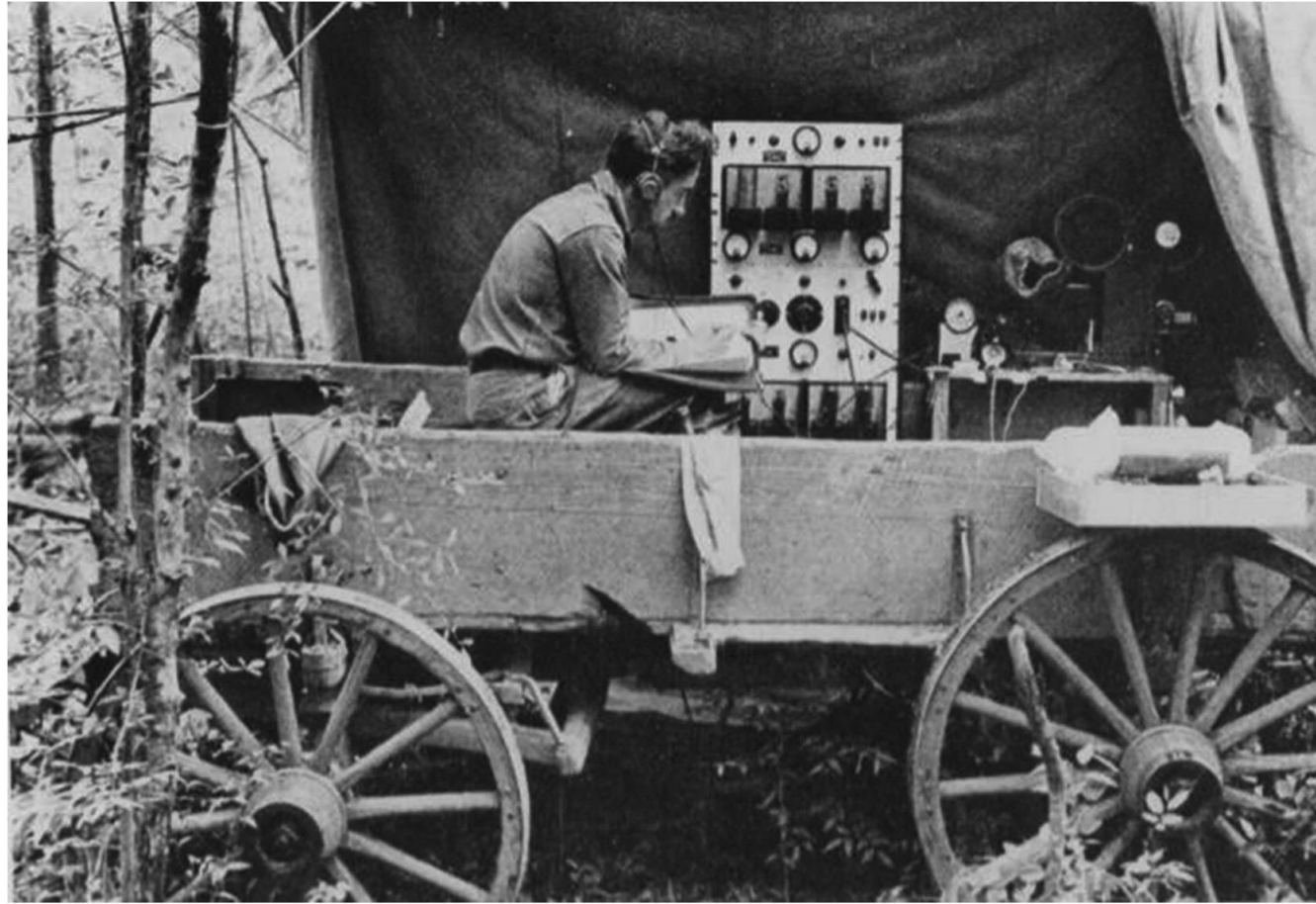
Eanalysis software von Pierre Couprie (2015)

Analyse im Kontext der Bioakustik (sehr kurze Einführung und historisches Kontext)

- Arthur Allen und Peter Kellogg (Cornell University's Laboratory of Ornithology)

=> Haben seit 1930er immer wieder die neusten Entwicklungen für die Tonaufnahme und Signalanalyse der Tierlaute eingesetzt:

- Lichttonaufnahme
- Tonbandaufnahme
- Sonographische Analyse



Photograph of ornithologist Peter Paul Kellogg in 1935 in a mule-drawn wagon used to haul an amplifier (center) and optical film recorder (on the right) to capture the sounds of ivory-billed woodpeckers in the Singer Tract, Madison Parish, Louisiana. Image by Arthur A. Allen courtesy of the Cornell Laboratory of Ornithology.



Photograph of an early 1950s field recording system. Peter Paul Kellogg with an Amplifier Corporation of America Magnemite 610 reel-to-reel tape recorder and a Western Electric 633 microphone mounted in a parabolic reflector. Courtesy of the Cornell Laboratory of Ornithology



Photograph of L. Irby Davis using an early Kay Electric Co. Sona-Graph Sound Spectrograph analyzer (the late 1950s). Notice the sonogram on the paper wrapped around the drum on top of the analyzer. Courtesy of the Cornell Laboratory of Ornithology

- Aufnahmen nicht nur ein Werkzeug zur Katalogisierung und Identifikation der jew. Spezies
- => Produktion der Hörspiele mit Aufnahmen seit frühen 1950er



Ipke Starke:

Schicke Platte! (Bisschen viel Stimme aus dem Off drauf allerdings.) Heute verkaufen Leute sowas direkt als Klangkunst.

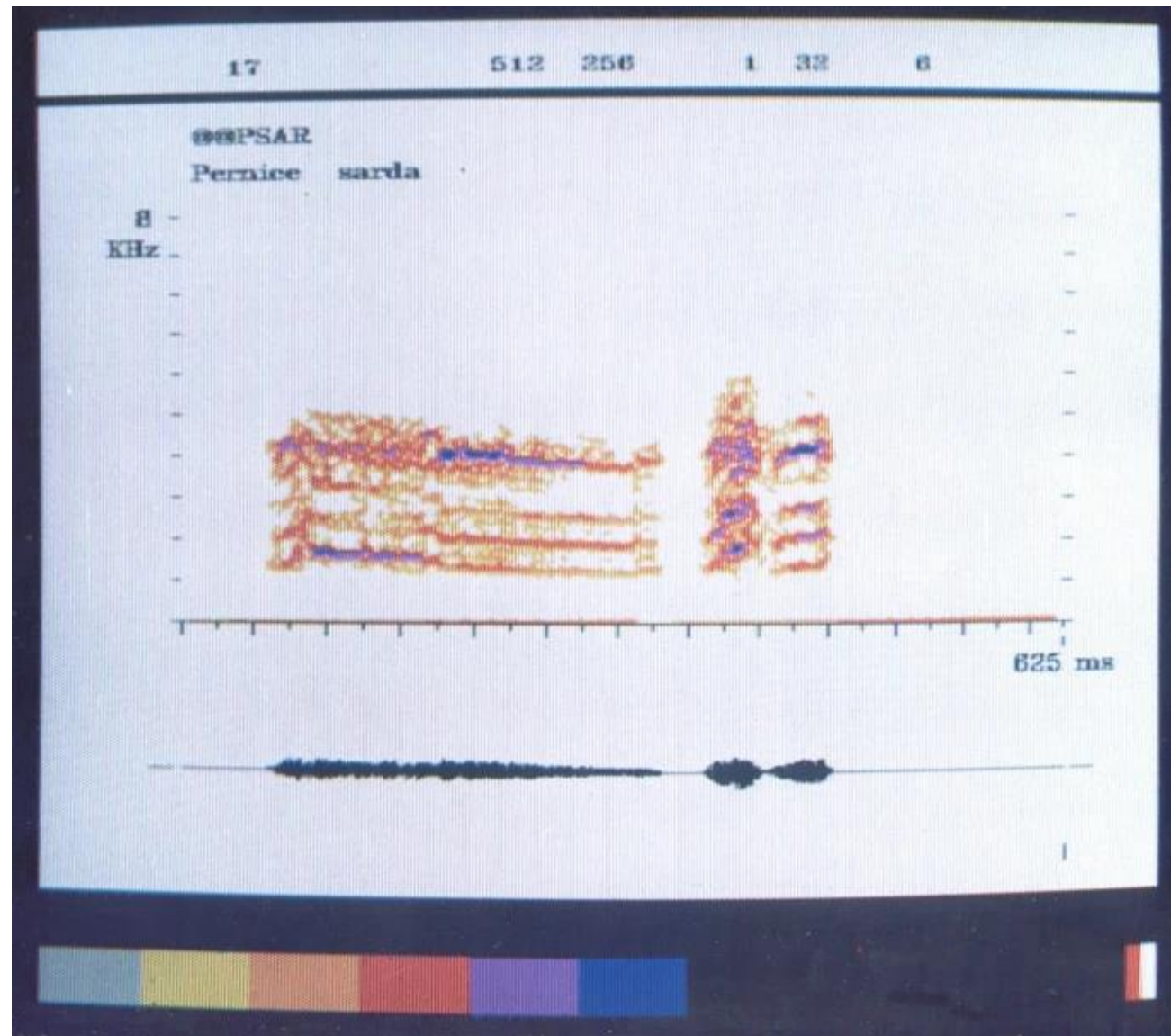
19:22

- Entwicklung verschiedener Verfahren für längere analoge Spektrogrammanalysen (4m langer 35mm Kodakfilm)
- Adaptation von computergestützte FFT-Analyse ab 1975
- Seit 1980 entwicklung der spezialisierten Software für digitale spektrale Analyse mit SR bis zu 51.2 kHz

=> Analyse von Frequenzspektren oberhalb der menschlichen Höregrenze

=> Analyse von 1s Klangmaterial nahm etwa 40 Minuten in Anspruch

- Seit 1980 Entwicklung der GUI-basierten Spektrogrammanalyse Workstations auf Basis von HP1000 Mainframes
- Frühe Adoption von Kay Sona-Graph DSP 5500 Workstations (Realzeit FFT-Analyse)



HP1000 Mainframe-basiertes GUI für die sonographische Analyse nach Pavan (1992)



University of Pavia bioacoustic laboratory equipment in 1989 with a Kay Sona-Graph DSP 5500

=> Analyse im Kontext der Bioakustik zeichnet sich stets durch die schnelle Integration der neusten technischen Innovationen

Klare Ziele:

- Bessere Tonaufnahmekapazitäten and Qualität
- Sonogramme mit längeren Dauer und höheren Frequenzauflösung

=> Notwendigkeit der Verwaltung von Datenbanken mit Tonaufnahmen/Analysen

=> Perfect ground für ML

Machine Learning?

- Im Kontext der Bioakustik war ML bereits seit Anfang 2010er aktiv im Einsatz

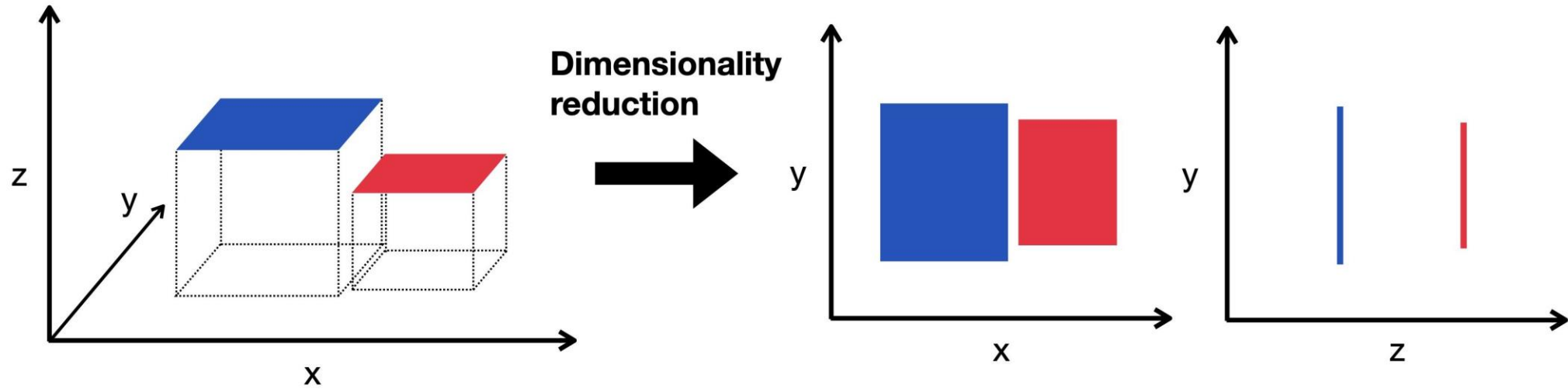
=> **Scikit-maad**

- Toolbox wird seit 2018 entwickelt und beinhaltet zahlreiche Funktionen zur Analyse/Verarbeitung von Spektrogrammen

=> Template matching

=> Klassifikation der Sounds mit unsupervised learning (tSNE)

=> Beispiele





Vielen Dank!

Quellen

- <https://tidal.com/magazine/article/musique-concrete/1-78792>
- <https://stockhausenspace.blogspot.com/2015/08/stockhausen-on-electronic-music-wdr.html>
- <http://jproc.ca/rrp/sonagraph.html>
- Couprie, P. (2016). EAnalysis: developing a sound-based music analytical tool. In L. Landy & S. Emmerson (Eds.), *Expanding the Horizon of Electroacoustic Music Analysis* (pp. 170-194). Cambridge University Press. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01290982>
- Pavan, G. (1992). A portable DSP workstation for real-time analysis of cetacean sounds in the field. *European Research on Cetaceans*, 6, 165–169.
- Pavan, G., Budney, G., Klinck, H., Glotin, H., Clink, D.J., & Thomas, J.A. (2022). History of Sound Recording and Analysis Equipment. In C. Erbe & J.A. Thomas (Eds.), *Exploring Animal Behavior Through Sound: Volume 1*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-97540-1_1

- Risset, J.-C. (1969). An introductory catalog of computer-synthesized sounds. Bell Telephone Laboratories.
- Risset, J.-C. (1985). Computer Music Experiments 1964 – „...”. Computer Music Journal, 9(1), 11–18.
- Risset, J.-C., & Wessel, D. (1999). Exploration of timbre by analysis and synthesis. In D. Deutsch (Ed.), The Psychology of Music (2nd ed., pp. 113–169). Academic Press.
- Stowell, D. (2022). Computational bioacoustics with deep learning: a review and roadmap. PeerJ, 10, e13152. <https://doi.org/10.7717/peerj.13152>
- Taruskin, R. (2009). Music in the Late Twentieth Century: The Oxford History of Western Music, Vol. 6, p. 52. Oxford University Press. ISBN 9780199796007.
- Ulloa, J. S., Hauptert, S., Latorre, J. F., Aubin, T., & Sueur, J. (2021). scikit-maad: An open-source and modular toolbox for quantitative soundscape analysis in Python. Methods in Ecology and Evolution, 2041-210X.13711. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13711>