

# 101 Jahre Elektronische Musik

Teil 2

Die Instrumente der  
Elektronischen Musik

# 101 Jahre Elektronische Musik

1. Frühe Spielinstrumente (1920-1930)
2. Radio, Generatoren, Plattenspieler, Tobandgerät
3. Analoge und digitale Synthesizer
4. Computer

# 100 Jahre Elektronische Musik

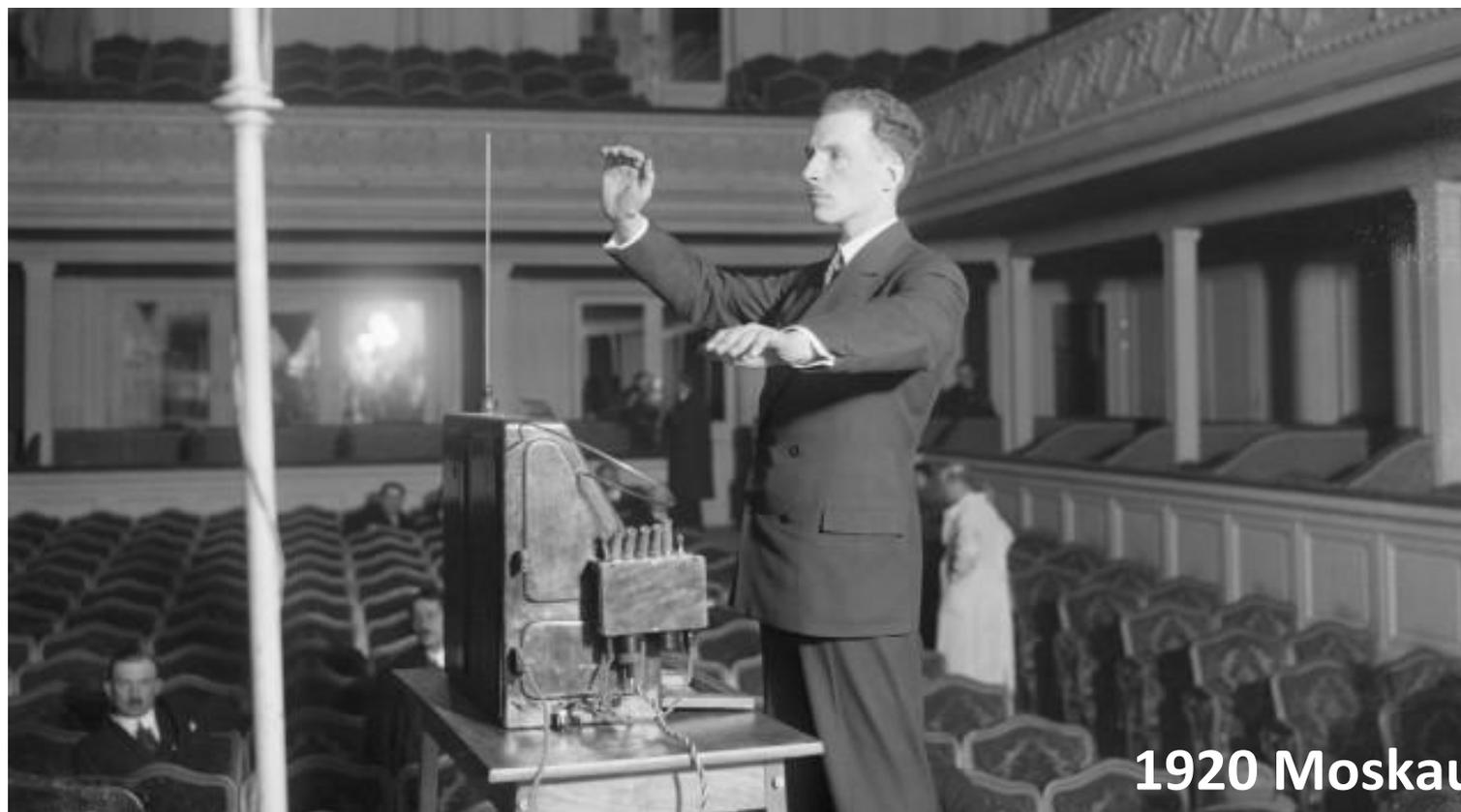
Frühe Spielinstrumente:  
Theremin,  
Ondes Martenot,  
Trautonium/Mixturtrautonium

Leon Theremin ca. 1930 – Maurice Martenot 1934 – Oskar Sala 1930

<https://www.musik-for.uni-oldenburg.de/elektronischemusik/03Instrumente/intro-video.mp4>

Theremin

# Leon Theremin



1920 Moskau

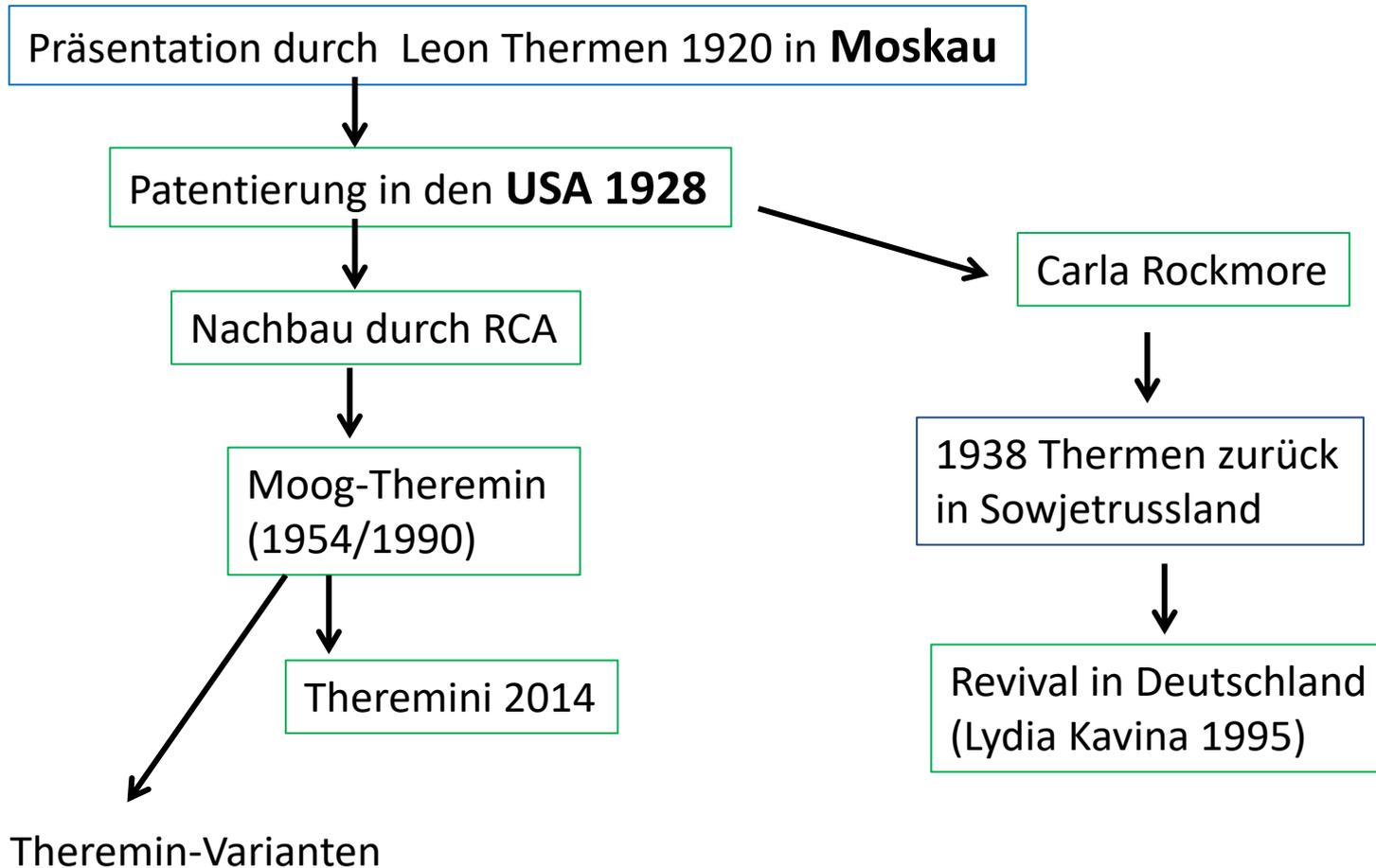
Theremin

# Leon Theremin



<https://www.youtube.com/watch?v=w5qf9O6c20o>

# Theremin



# LEON THEREMIN

RUSSIAN SCIENTIST

PLAYING HIS

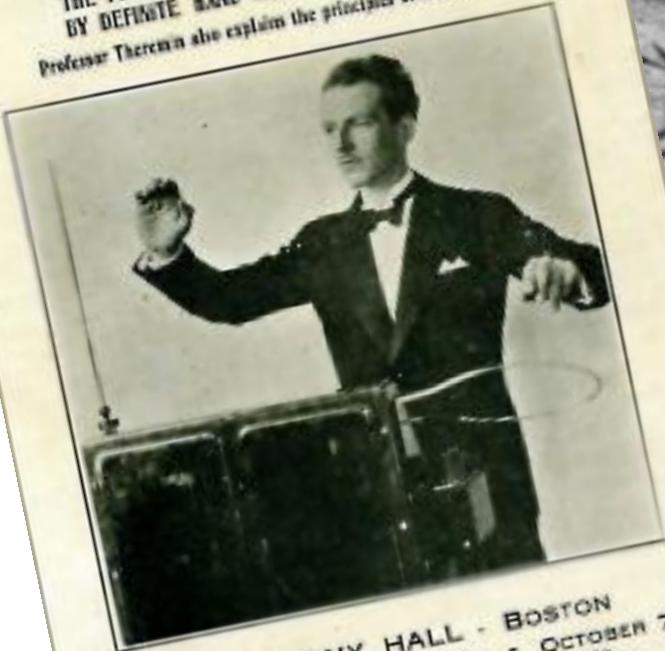
## Ether-Wave Music Instrument

In Program of: Schubert, Saint-Saens, Scriabine, Rachmaninoff, etc.

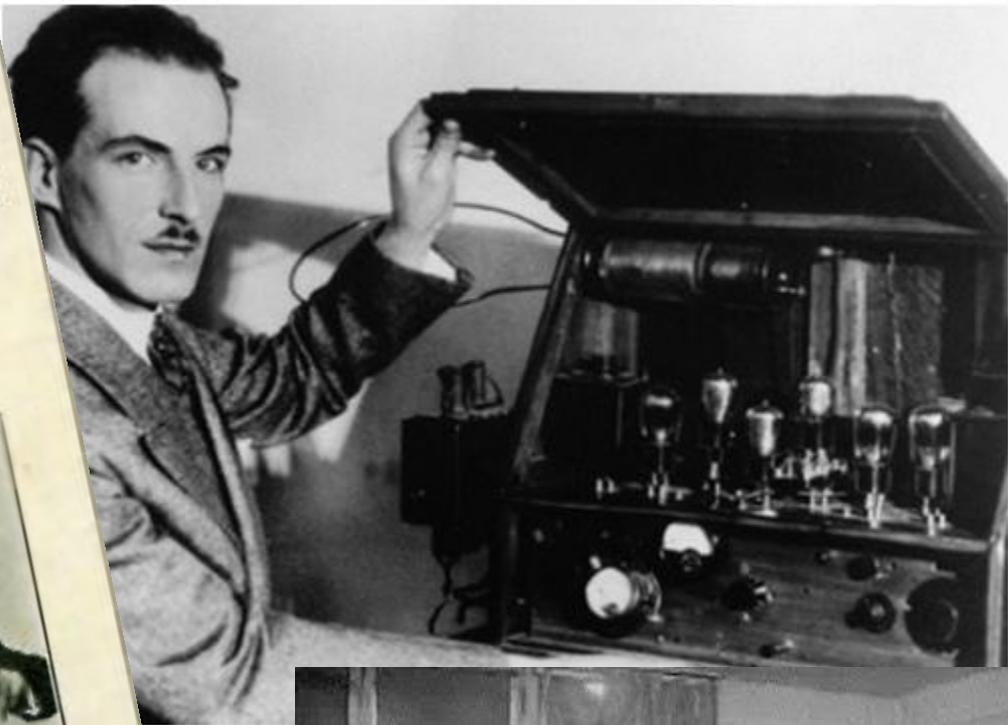
Without Touching the Instrument

THE PLAYER PRODUCES THE DESIRED MUSIC  
BY DEFINITE HAND MOVEMENTS IN THE AIR

Professor Theremin also explains the principles of his invention



**SYMPHONY HALL - BOSTON**  
**SUNDAY AFTERNOON AT 3:30 - OCTOBER 7**  
SEATS NOW ON SALE      PRICES \$1.00 TO \$4.50  
BOOKING MANAGERS: J. J. J. J.



# Robert Moog



am RCA Theremin



# Carla Rockmore

Theremin: bei Moog seit **1960**

Moog's „Etherwave“ aktuelles Modell  
Mit Bausatz (Transistor-Technik)

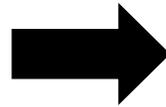


## Theremini – das neueste Moog-Modell **2014**



<https://www.youtube.com/watch?v=6ISjNT9TkTw>

Leon Theremin und Maurice Martenot



Ondes Martenot



statt „Äther“ eine Tastatur

## Ondes Martenot

Die Lautsprecher („diffuser“) als Accessoires gehören zum Kult:

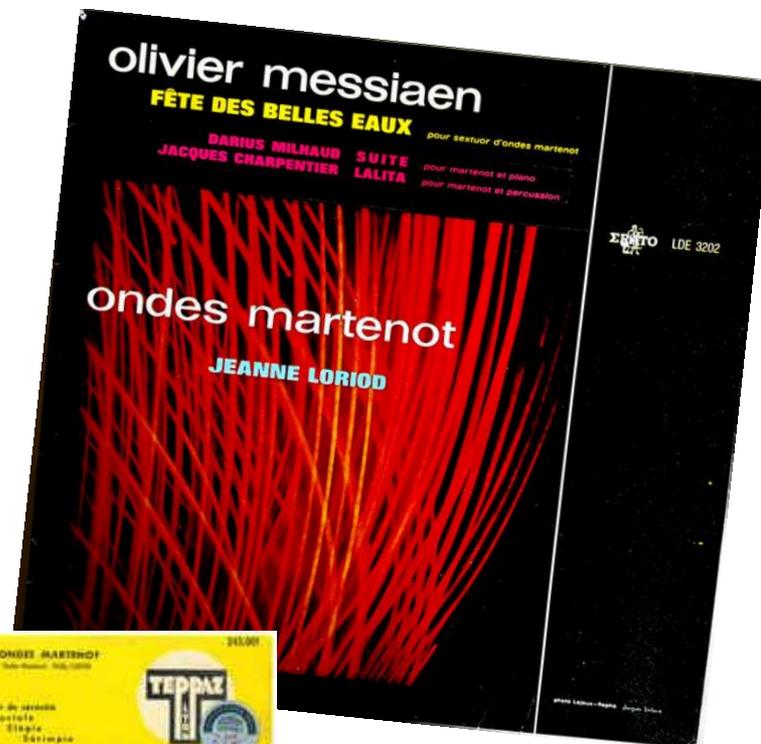
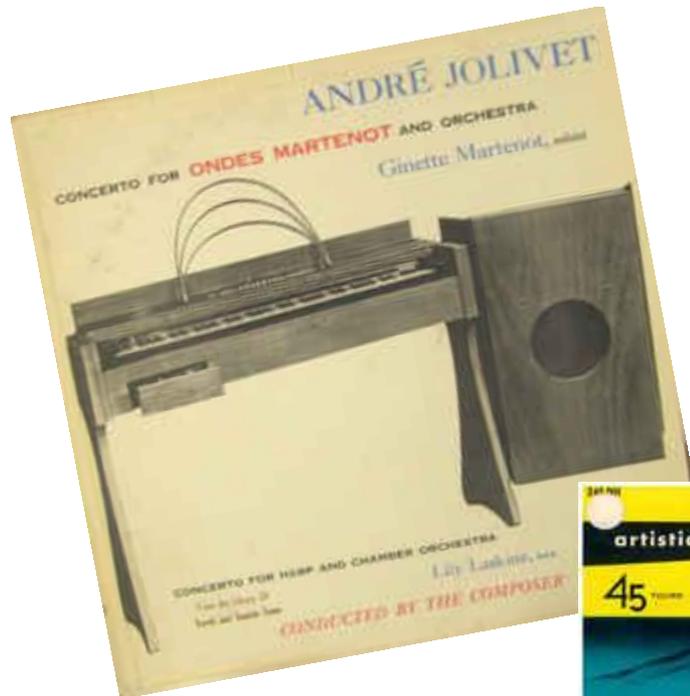


„palme“ mit Resonanzsaiten

„metallique“: Metalplatte resonniert



Ondes Martenot.... bleibt ganz in Frankreich!



Ondes Martenot.... bleibt ganz in Frankreich!



<https://www.youtube.com/watch?v=HN8vTUEvtMc>

## Ondes Martenot – Nachbau **2010**

Ondes Martenot's wurde bis vor kurzem nur „handwerklich“ in Einzelanfertigungen hergestellt.



Jean-Loup und Francis DIERSTEIN bauen seit 2010 Ondes Martenot's und nehmen Bestellungen an (die Vorbestellliste soll lang sein).

## Theremin und Ondes Martenot

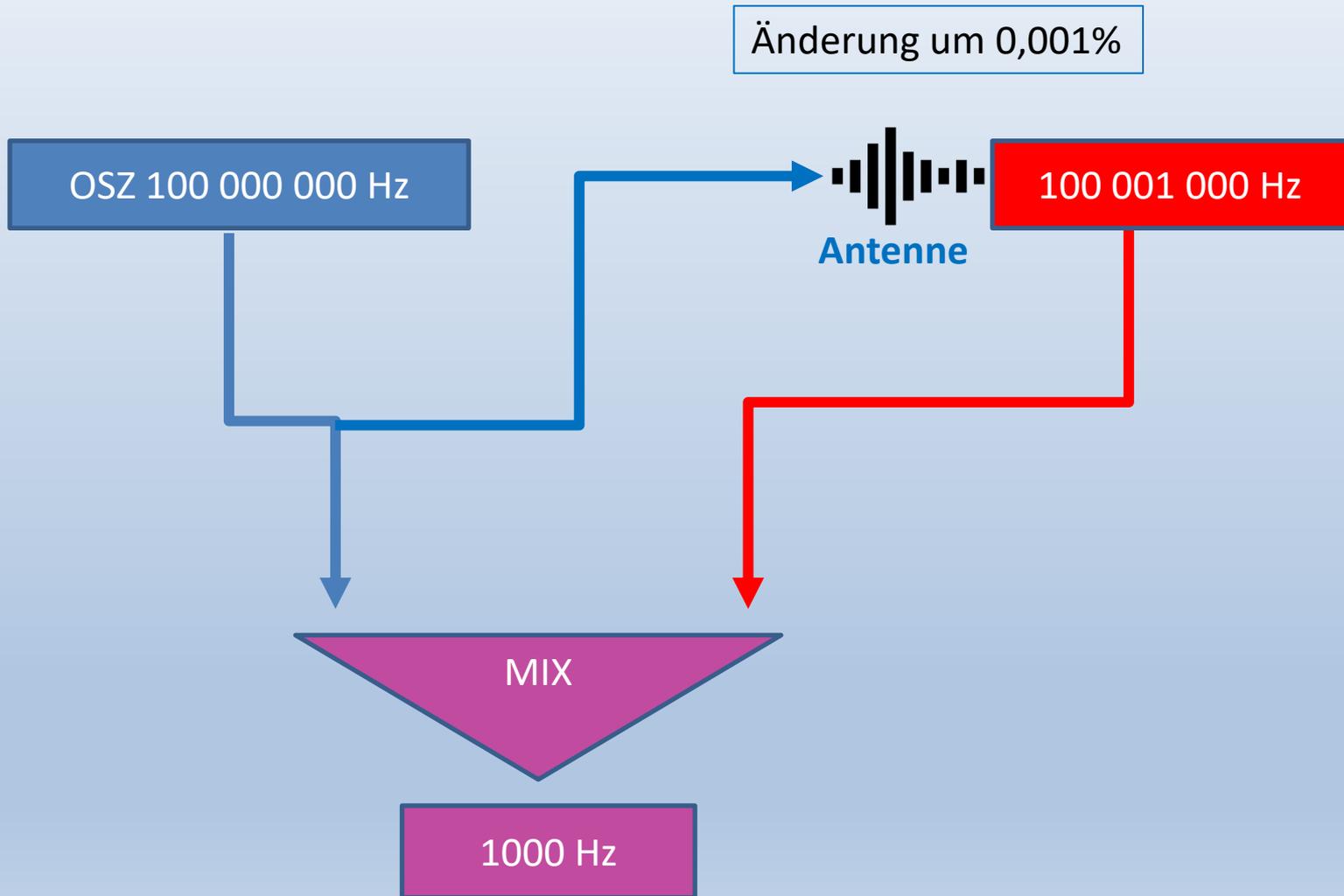
### Funktionsweise:

-... ist die eines „Schwebungssummers“, mit dem im Kölner Studio und auch heute noch *reine Sinusschwingungen* hergestellt werden:



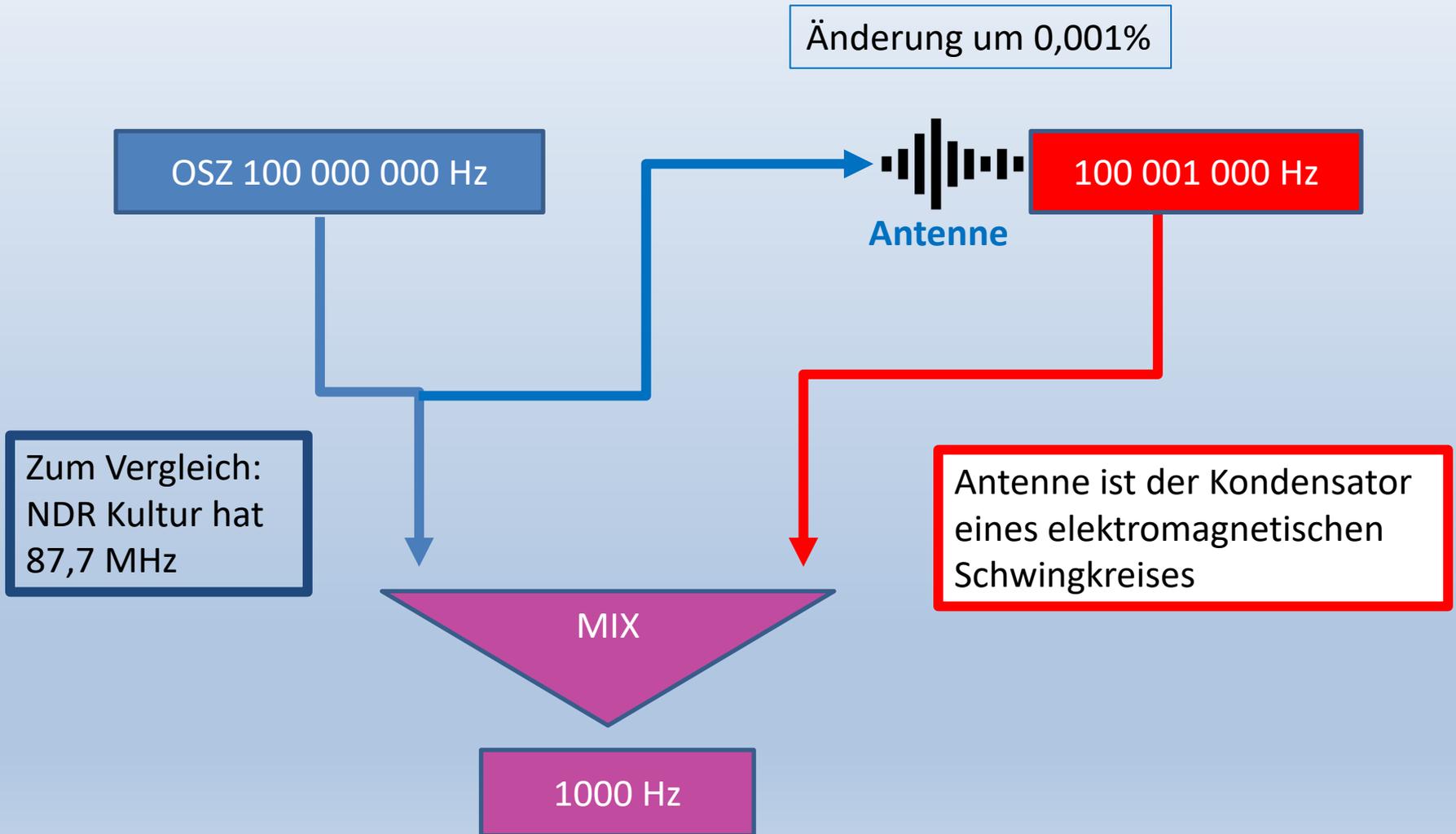
# Schwebungssummer aus der Rundfunktechnik

## Funktionsweise:



# Schwebungssummer aus der Rundfunktechnik

## Funktionsweise:



Demonstration zum Phänomen der Schwebungen:  
zwei Sinuswellen werden einander überlagert

Demo Schwebungen

<https://www.youtube.com/watch?v=3RGLT5w4qos>

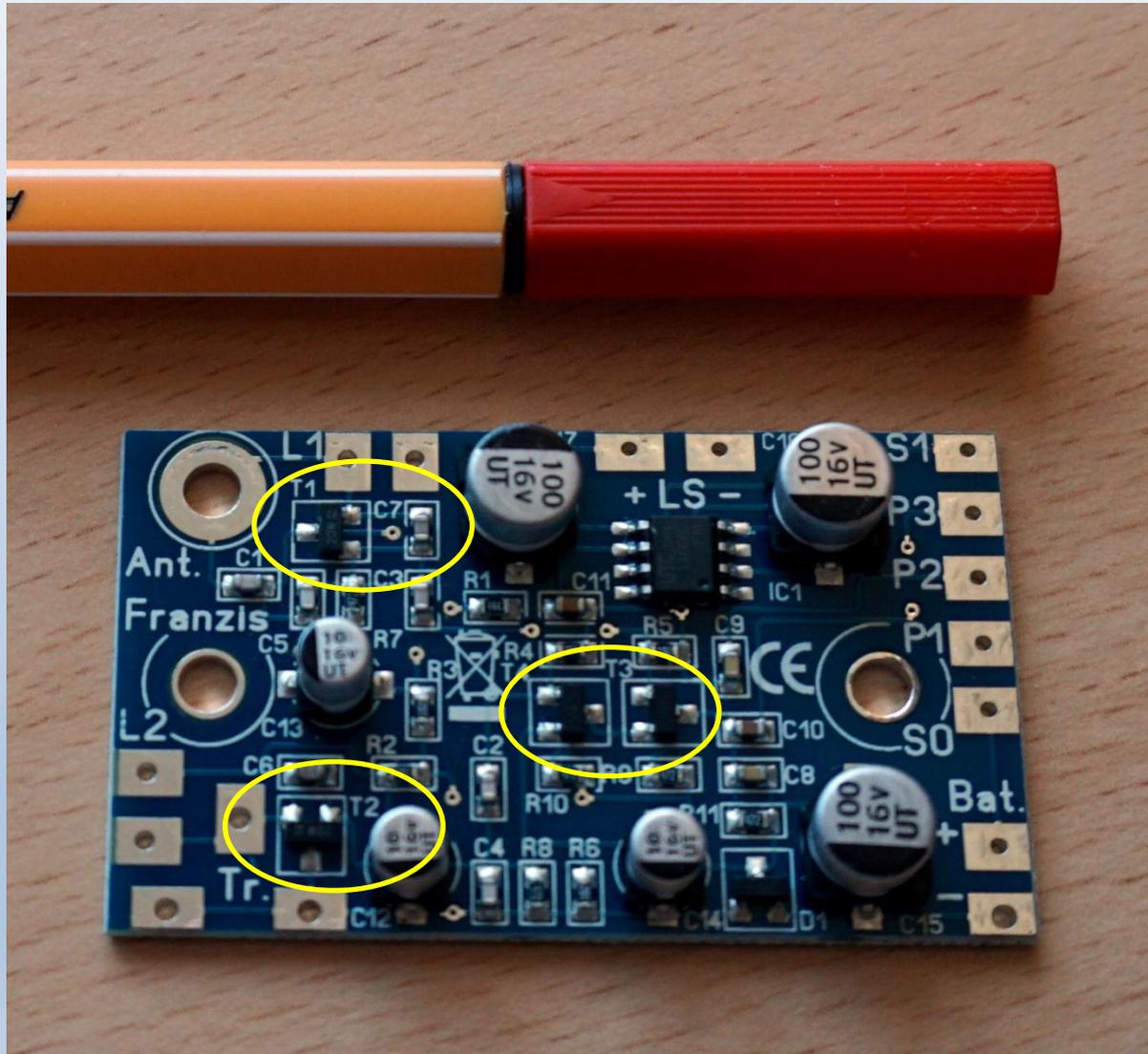
# Theremin (Bausatz von Francis 2019)

## Transistoren:

T1 Osz1

T2 Osz2

T3/T4 Mixer



Trautonium

Friedrich Trautwein 1930



## Trautonium



Schmidt, Hindemith, Sala im Berliner Rundfunkhaus.  
(Beachte: keine Tastatur, nur Ribbons... der Bratschist Hindemith lässt grüßen!)

## Trautonium



<https://www.youtube.com/watch?v=sEcbZ7M2MRU>

Paul Hindemith: „Des kleinen Elektromusikers Liebling“  
= erste Komposition für Trautonium 1930

Trautonium

**Friedrich Trautwein**

**Paul Hindemith**



**Harald Genzmer**

**Oskar Sala**

## Trautonium und der Berliner Rundfunk



„Elektrisches Konzert“ mit dem „Orchester der Zukunft“, Funkausstellung 1932

1930 bis 1934 „Hochzeit“ – Rundfunk und Volkstrautionium



nach 1945:

**Trautwein – Hindemith – Sala - Genzmer**

Ingenieur , Nazi, verbittert,  
Dozent in Düsseldorf,  
verachtet vom WDR Köln

Setzt die „Tradition“ fort:  
E-Musik-Kompositionen

kein weiteres Interesse

Weiterentwicklung: Mixturtrautionium  
Hollywood-Komponist in der Garage  
Star des Revivals 198

Wie funktionieren die „Mixturen“?



<https://www.youtube.com/watch?v=qkLGXPr1zEw>

## Elektronische Musikinstrumente und der Rundfunk

**1913** Elektrischer Schwingkreis

**1920** erstes Radio

**1923** erster Rundfunk in Deutschland

**1928** Patent Theremin, RCA Nachbau

**1928** Patent Ondes Martenot

**1930** Berliner Rundfunkausstellung  
(Einstein-Zitat)

**1931** Volkstrautonium (Telefunken)

**1933** Volksempfänger

**1949** Mixturtrautonium (*ohne* Radio)

Trautwein, Martenot: Funker im Ersten Weltkrieg; Thermen Physiker und Musiker

**1920** Theremin in Moskau vorgestellt

**1928** Ondes Martenot vorgestellt

RCA = Radio Cooperation of America  
(wichtig für Elektronische Musik)

**1930** Trautonium vorgestellt  
(Rundfunkausstellung Berlin)

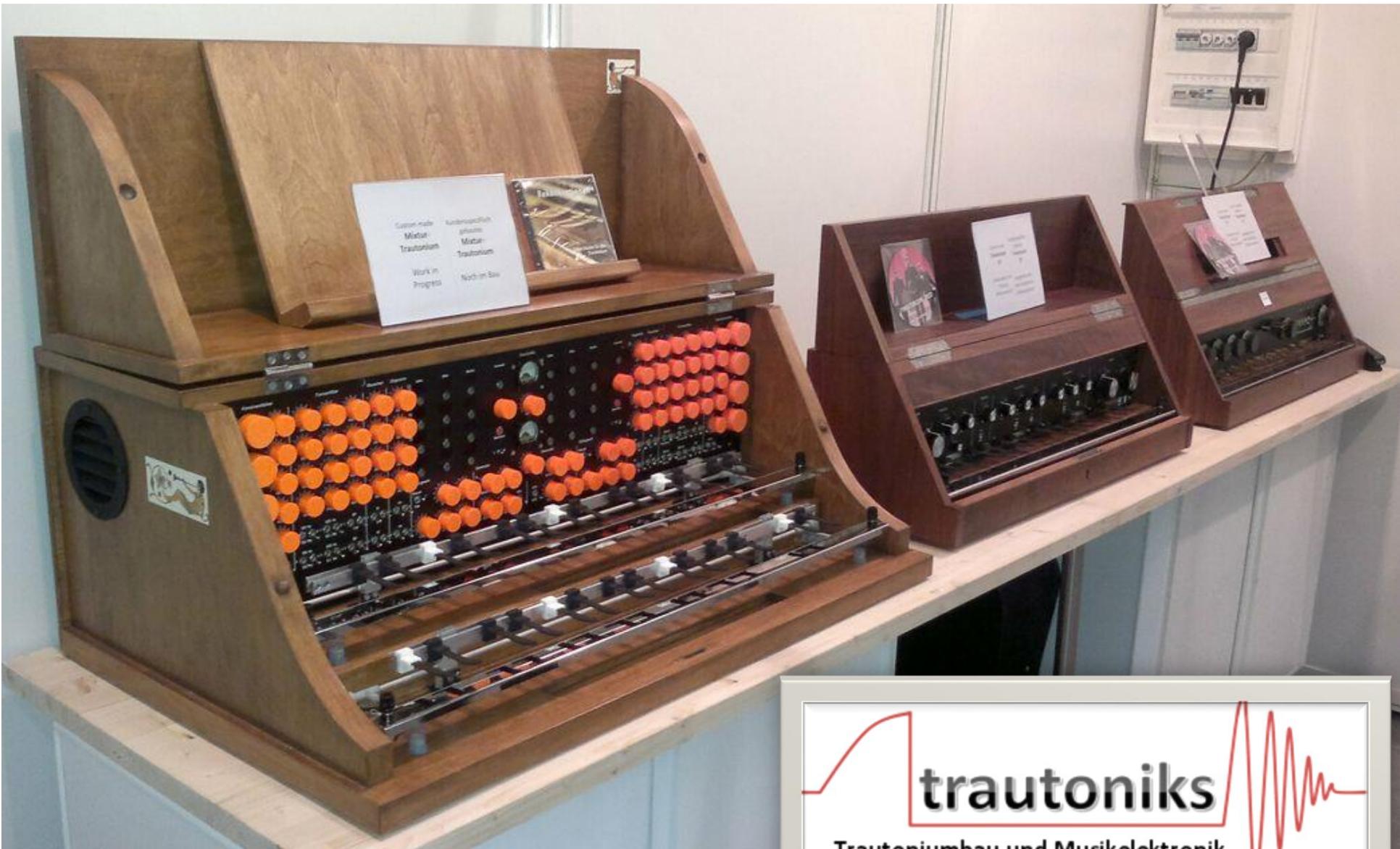
**1932** Radio-Theorie von Brecht

**nach 1945** in Deutschland keine  
Beziehung mehr zum Rundfunk!

## Mixturtrautonium – Neubau **1988** (Transistorbasis)



Oskar Sala in seinem Studio



**Seit 2010**

**trautoniks**

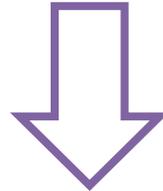
**Trautoniumbau und Musikelektronik  
Jürgen Hiller**

# 100 Jahre Elektronische Musik

Radio, Generatoren, Schallplatte,  
Tonbandgerät

**Musique concrète – Experimental Music – Kölner Schule**

# Musique Concrète Experimental Music



Gemeinsamkeiten:

- als Klangmaterial ist alles Klingende möglich,
- der emphatische Begriff von „Komposition“ wird in Frage gestellt,
- Klang-Forschung als notwendige Voraussetzung des Komponierens,
- Auseinandersetzung mit dem Phänomen der Massenmedien.

Bemerkung: Die Kölner Schule hat dieselben Techniken, aber eine komplett andere Philosophie

# Musique concrète (Pariser Schule)

Pierre Schaeffer

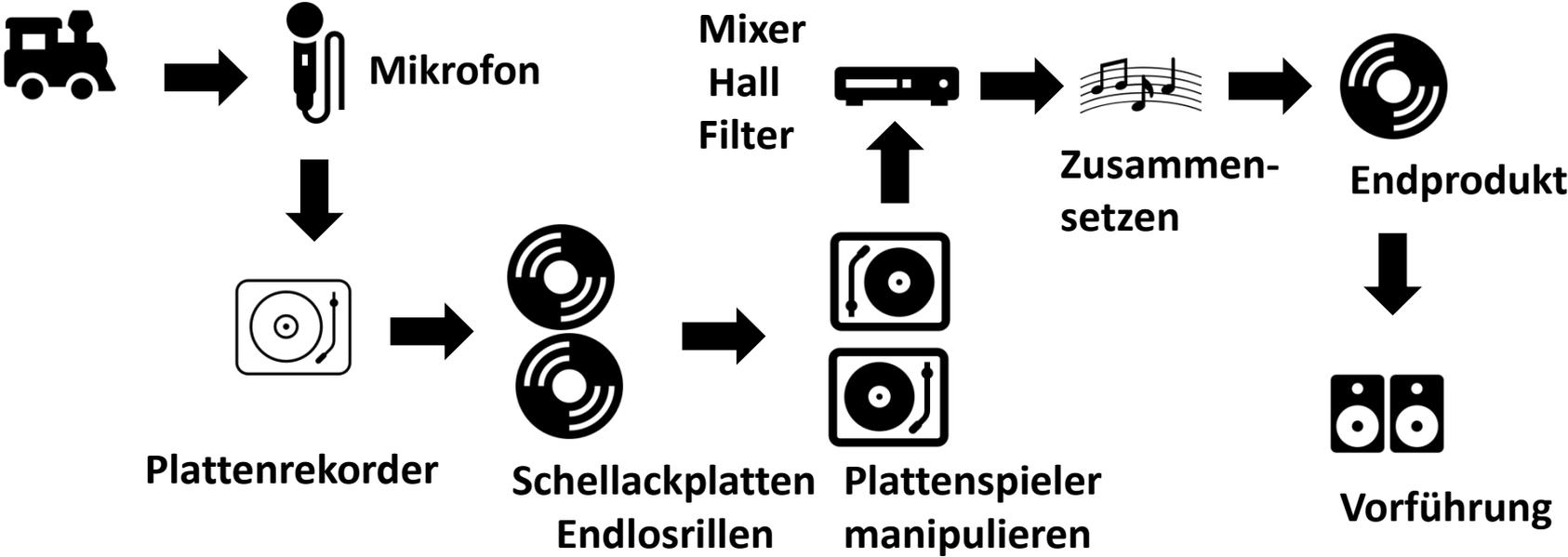
- „Erfinder“ der Musique Concrète
- „Godfather of Sampling und Djing“
- Betreiber des Studios „Groupe de recherche musicale“

... am Rundfunk

1948 bis 1951 Kompositionen  
ausschließlich mit Schallplatten

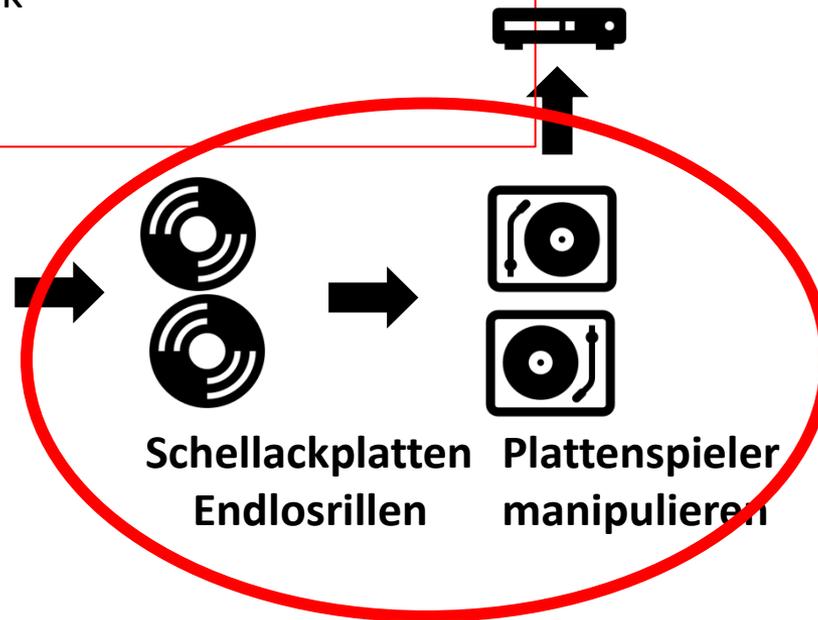


Geräte der Schallplatten-Ära:



## Geräte der Schallplatten-Ära:

Geschwindigkeit: Tonhöhe, Klangfarbe, Dauer  
Rückwärts: Semantik  
Schleifen  
„Zerstückeln“



Geräte der Tonband-Ära:



Morphophone:



Phonogène:



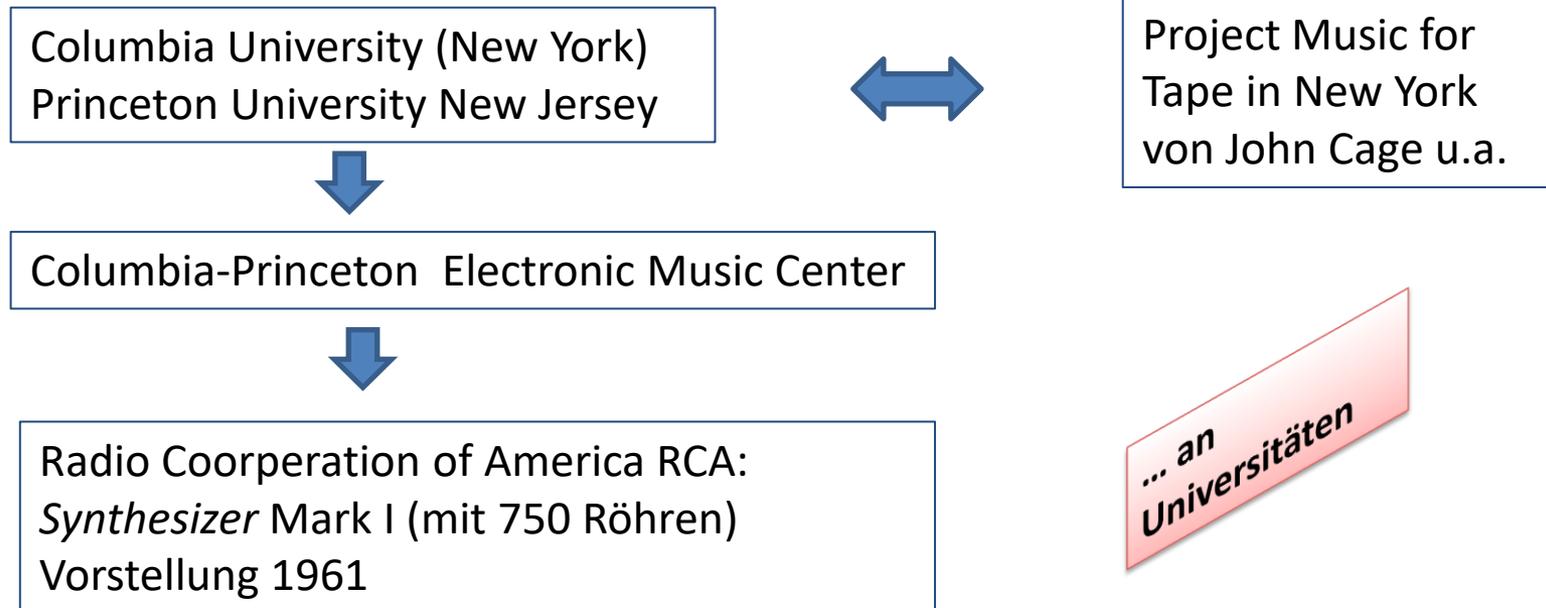
Pupitre d'espace or potentiomètre d'espace



Tonbeispiel und Analyse einer  
Komposition von Pierre Schaeffer in  
Teil 3

# Die US-amerikanische Szene

Terminologie zur Zeit bis 1960: „Experimental Music“ oder „Tape Music“



Material	Komponist/Komposition	Kompositionstechnik
Schallplatten mit variabler Geschwindigkeit, Pegeltonplatten, Klavier, Becken	<a href="#"><u>John Cage: Imaginary Landscape 1, 1939</u></a>	Reine Live-Aufführung: mit Tongeneratoren, Schallplatten etc.
„All environments sounds“ vom Filmmusikkomponisten Barron bekommen	<a href="#"><u>John Cage: Williams Mix 1952</u></a>	Tonbandausschnitte werden nach „I Ging“ geschnipselt und aneinander geklebt.
Live-Aufnahmen aus Mailand (Zoo etc.), überlagert im Mailänder RAI-Studio	John Cage: Fontana Mix 1958/59	Es gibt eine Partitur. Irgendwelche Solisten spielen zum vorgefertigten Tonband.
...ein (einziger) Wassertropfen	<a href="#"><u>Hugh Le Caine: Dripsody 1955</u></a>	„Rhythmusstudie“ durch die Verdichtung eines einzigen Geräuschs.
„Wireless Code Signals“ des Rundfunks, die allgemein bekannt sind	<a href="#"><u>Vladimir Ussachevsky: Wireless Fantasy 1960</u></a>	“Produced on an old spark generator” im Auftrag von Broadcast Music.



## John Cage: Imaginary Landscape

<https://www.musik-for.uni-oldenburg.de/elektronischemusik/04Paris-USA/USA/Cage1939-ImaginaryLandscape1.mp3>



Hugh Le Caine „Dripsody“ 1955

Ausgangsmaterial des Stücks ist „one single water drop recorded on a very short length of tape“.

<https://www.musik-for.uni-oldenburg.de/elektronischemusik/04Paris-USA/USA/Caine-Dripsody-1955.mp3>



3. Vladimir Ussachevsky „Wireless Fantasy“ 1960  
„some wireless code signals as basic sound material“,  
“other signals from modern shortwave broadcasts”, “fragment from Wagners  
Parsifal”.

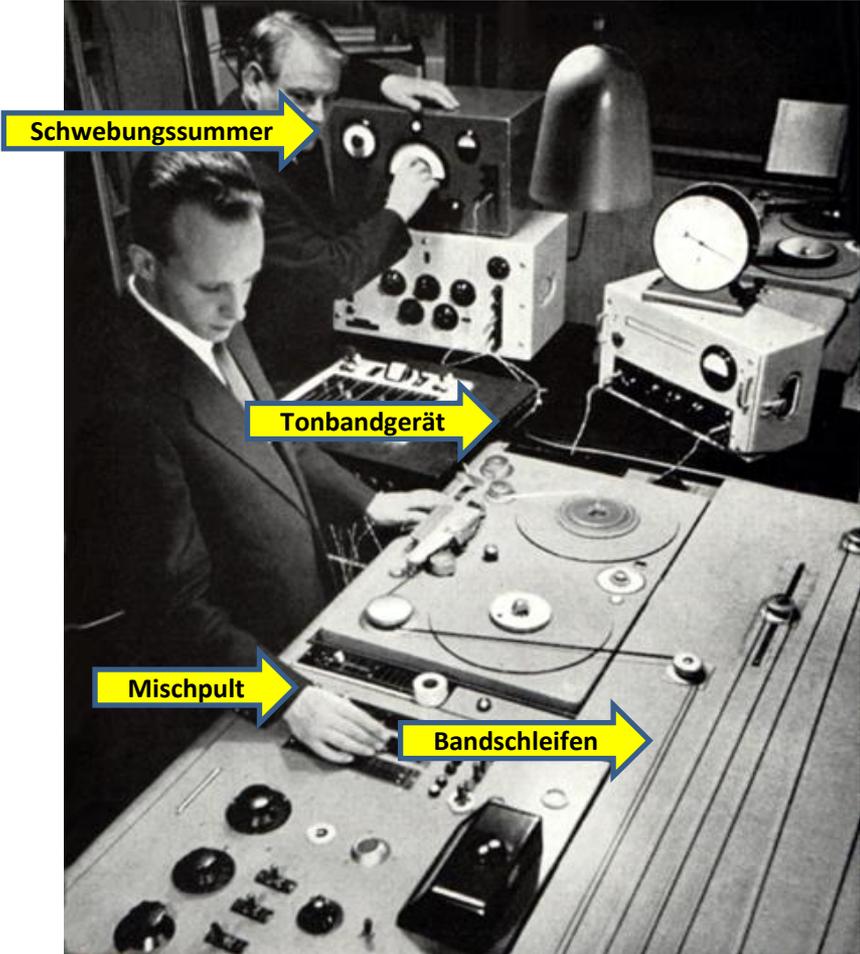
# Kölner Schule der Elektronischen Musik



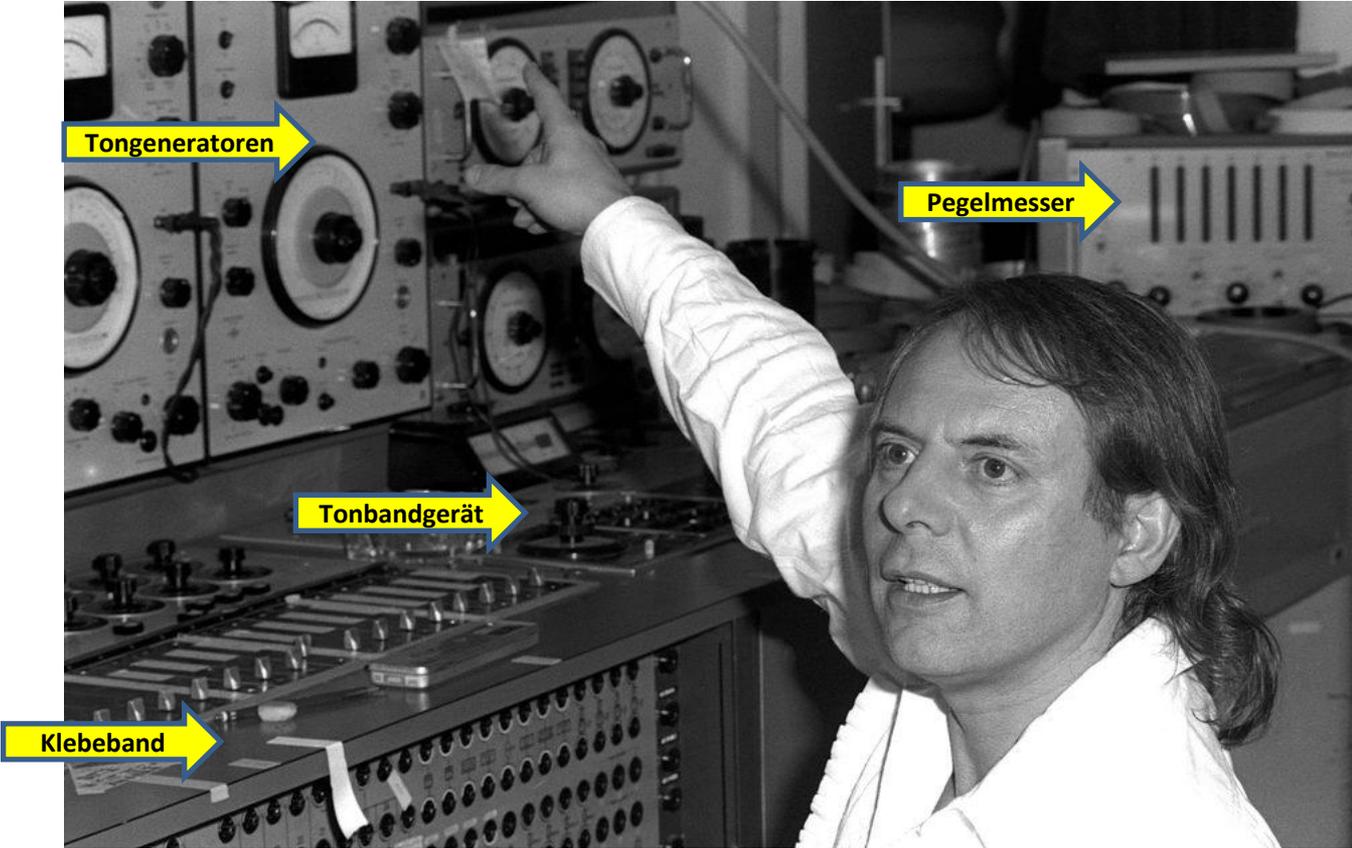
Zentrum das Elektronische Studio des WDR in Köln

Leiter 1951-1962 : **Herbert Eimert**  
ab 1963: Karlheinz Stockhausen

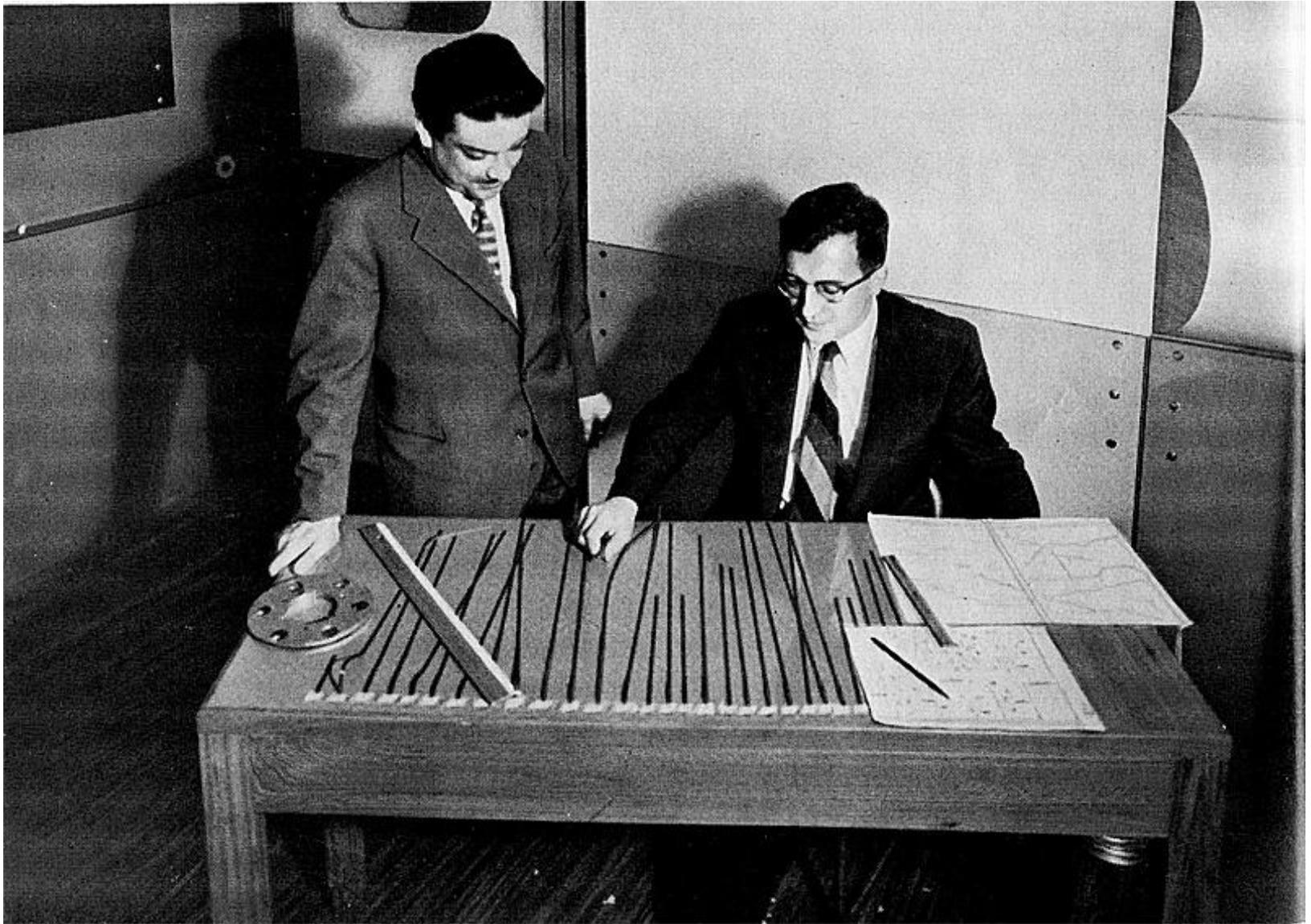
# Kölner Schule der Elektronischen Musik



# Kölner Schule der Elektronischen Musik







Auch in anderen Studios (z.B. Mailand) wurde mit Tonbandschnipseln gearbeitet.

Kompositionen der Kölner Schule und aus dem  
Mailänder Studio folgen in Teil 3 bei den  
Kompositionsanalyse!

# 101 Jahre Elektronische Musik

## Synthesizer

1. Moog und die Analogen
2. Yamaha und die Digitalen

# 1. Moog und die Folgen

modular, analog, spannungsgesteuert

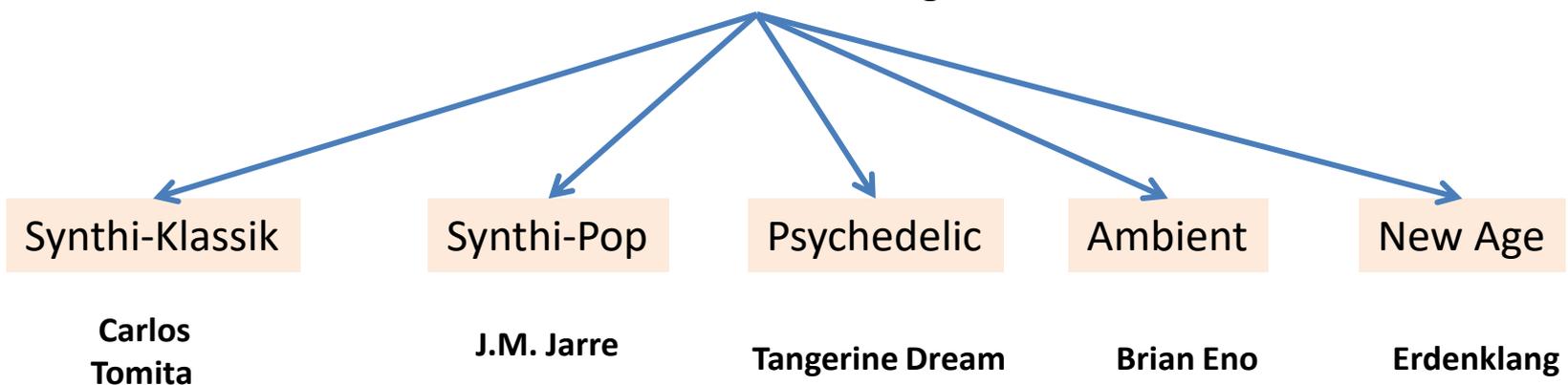
„Synthesizer“ – von RCA (1955) bis Moog (1964)



Moogs Erfindungen: modular, spannungsgesteuert



Die musikalischen Folgen



# 1. Moog und die Folgen

modular, analog, spannungsgesteuert

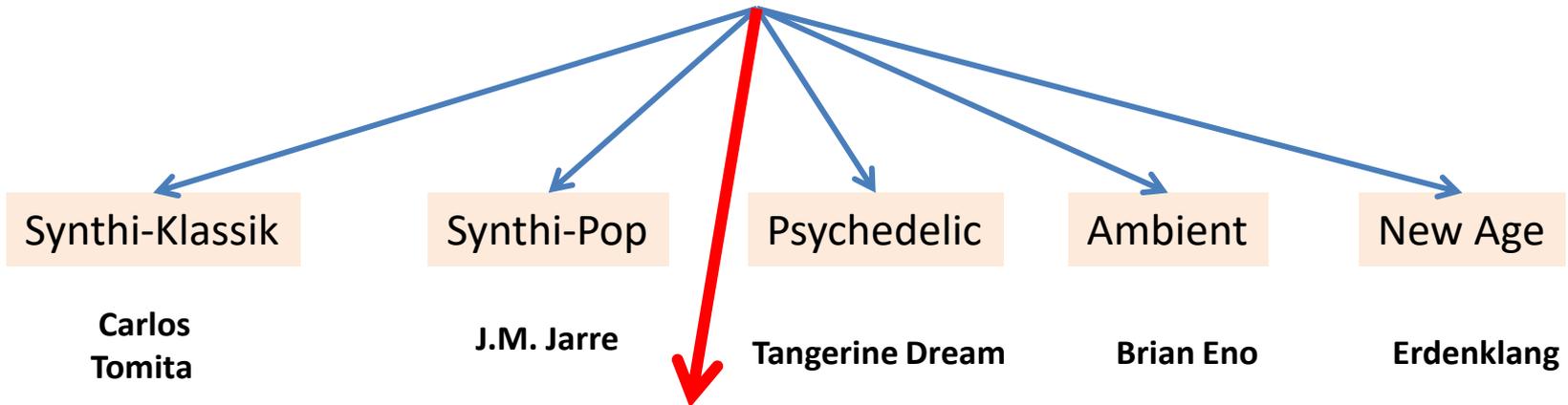
„Synthesizer“ – von RCA (1955) bis Moog (1964)



Moogs Erfindungen: modular, spannungsgesteuert

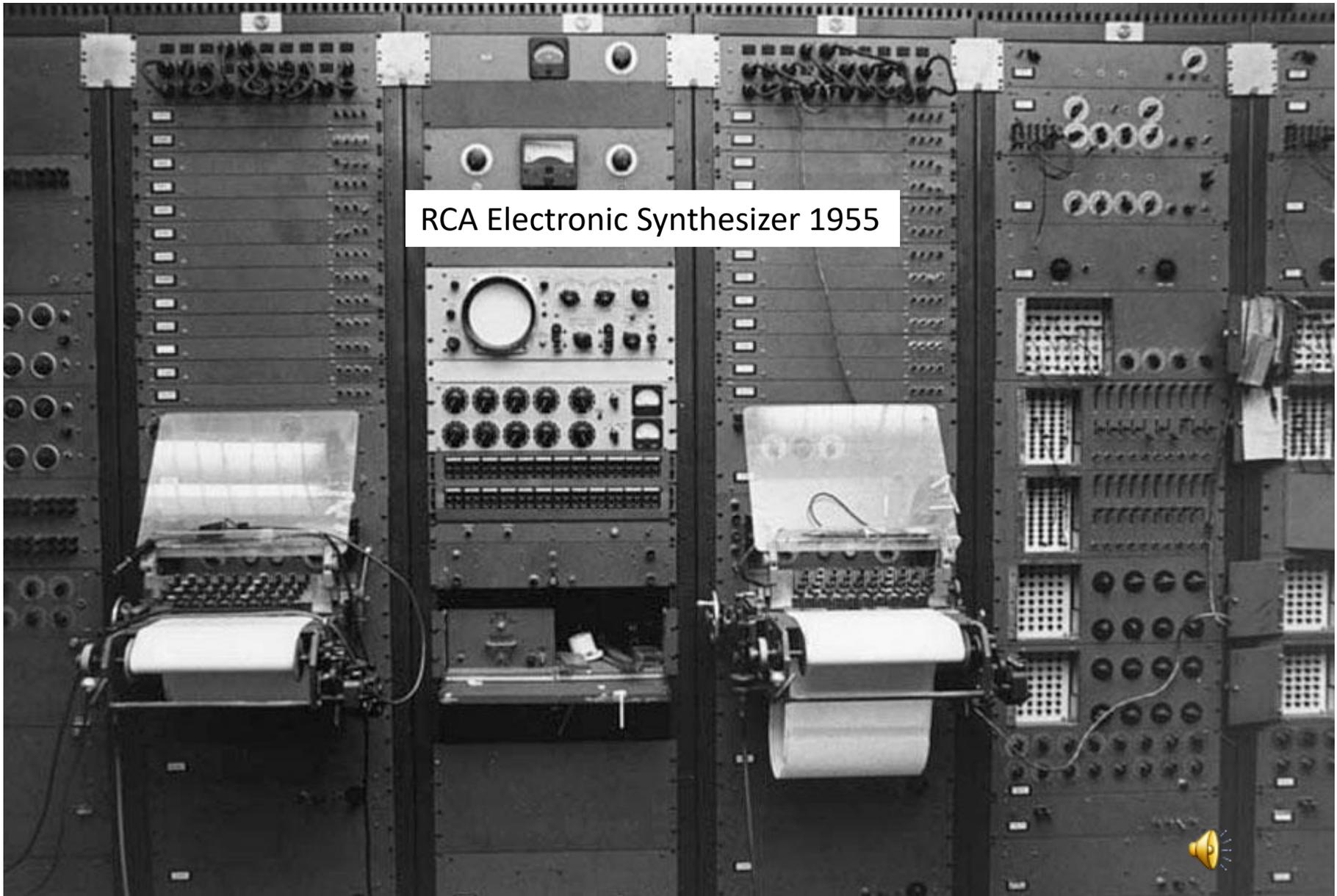


Die musikalischen Folgen



**Modular-Revival**

RCA Electronic Synthesizer 1955





1964 „Voltage Controlled Electronic Music Modules“ bei der Audio Engineering Society

1967 Name „Synthesizer“, Moog-Modular „3C“

1968 Switched On Bach

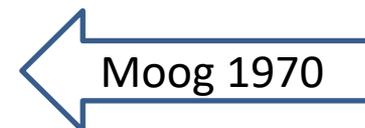
1970 Minimoog (erfolglos)

1973 Ende Produktion von 3C

1975 Polymoog

1981 C3-Verkauf: 12.000 Stück

1984 Konkurs



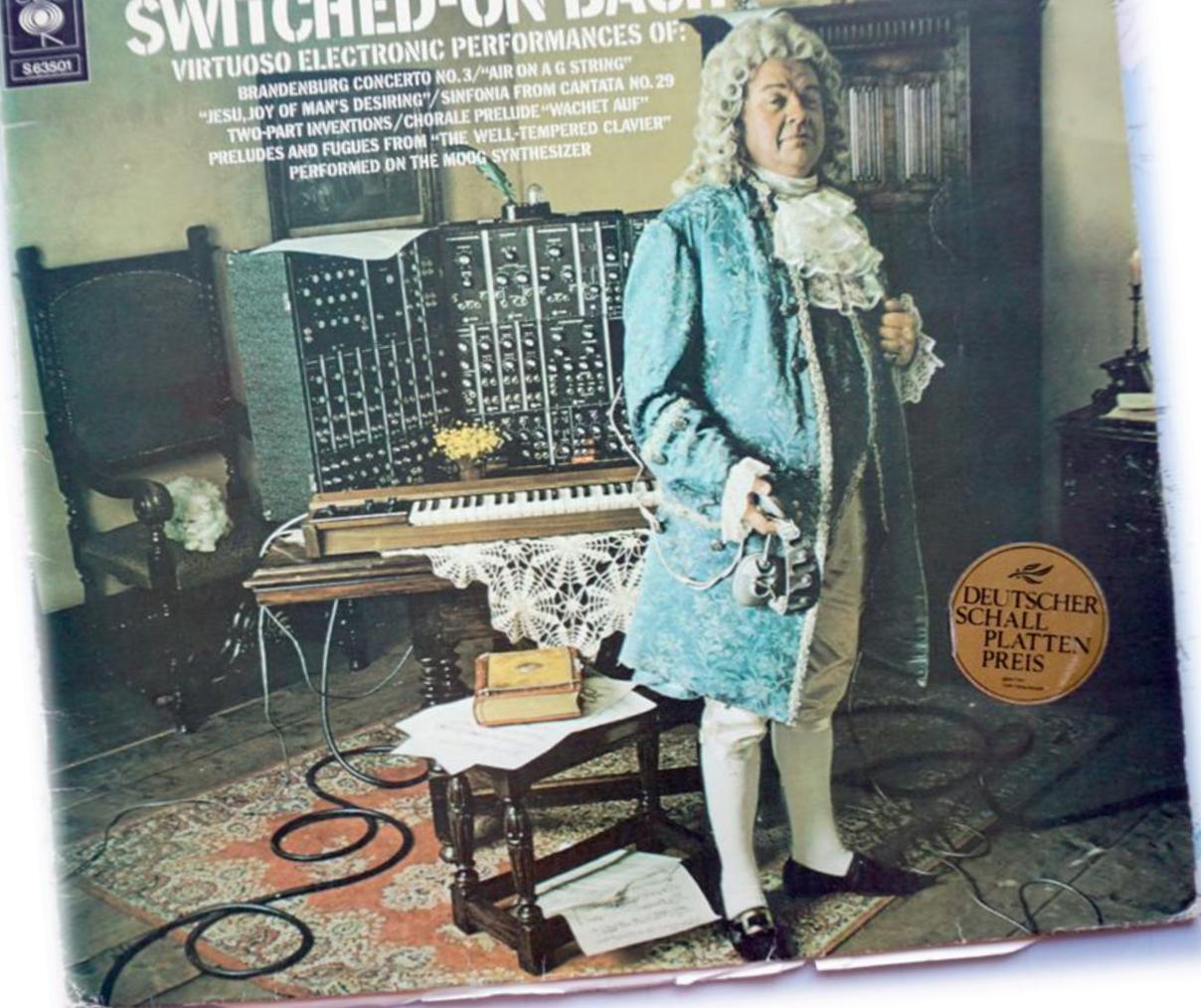
Stereo  
SOUND BY  
CBS  
S 63501

TRANS-ELECTRONIC MUSIC PRODUCTIONS, INC. PRESENTS

# SWITCHED-ON BACH

VIRTUOSO ELECTRONIC PERFORMANCES OF:

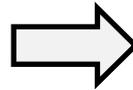
BRANDENBURG CONCERTO NO. 3/"AIR ON A G STRING"  
"JESU, JOY OF MAN'S DESIRING"/SINFONIA FROM CANTATA NO. 29  
TWO-PART INVENTIONS/CHORALE PRELUDE "WACHET AUF"  
PRELUDES AND FUGUES FROM "THE WELL-TEMPERED CLAVIER"  
PERFORMED ON THE MOOG SYNTHESIZER



DEUTSCHER  
SCHALL  
PLATTEN  
PREIS

Deutsche LP 1969

# 1. Analogsynthi



Von Moog zu Doepfer

**Alles zum analogen, modularen und spannungsgesteuerten Synthesizer  
(Prinzip „Moog“)**

## Analoge, modularer, spannungsgesteuerter Synthesizer (Prinzip „Moog“)

„analog“ betrifft die (innere) Bauweise der Moduln.

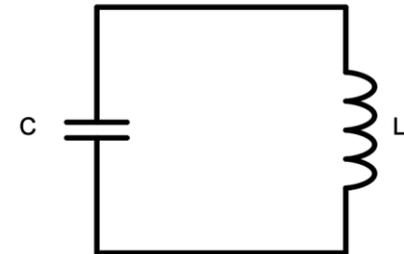
Alle MODULE arbeiten „analog“, also mit elektrischen Spannungen, die beliebig klein bzw. fein abgestuft sein können.

Dazu gibt es traditionelle Bauteile wie

- Elektronenröhre,
- Transistor,
- Kondensator,
- Widerstand(spule)
- metallene Leitungen.



„Schwingkreise“



OSZ

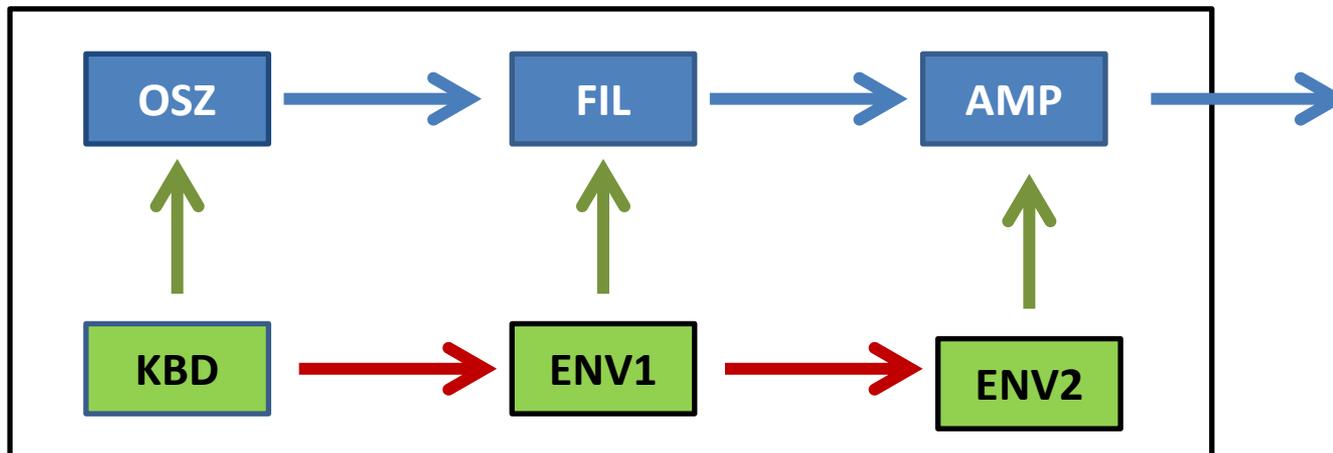
AMP

FIL

## Analoger, **modularer**, spannungsgesteuerter Synthesizer (Prinzip „Moog“)

„**modular**“ betrifft das gegenseitige Verhältnis der Moduln:  
Alle MODULE sind beliebig miteinander kombinierbar und arbeiten vollkommen  
„selbständig“. Die wichtigsten Module sind:

- Oszillator (OSZ): erzeugt **Audio-signale**,
- Filter (FIL): modifiziert die Qualität eines **Audio-signals**,
- Verstärker (AMP): modifiziert die Quantität (Amplitude) eines **Audio-signals**,
- Hüllkurvengenerator (ENV): erzeugt einen Ablauf von **Steuerspannungen**,
- Keyboard (KBD): erzeugt (1) **Steuerspannungen** für den OSZ („Frequenz“) und  
(2) **Triggerimpulse** zum triggern eines ENV.

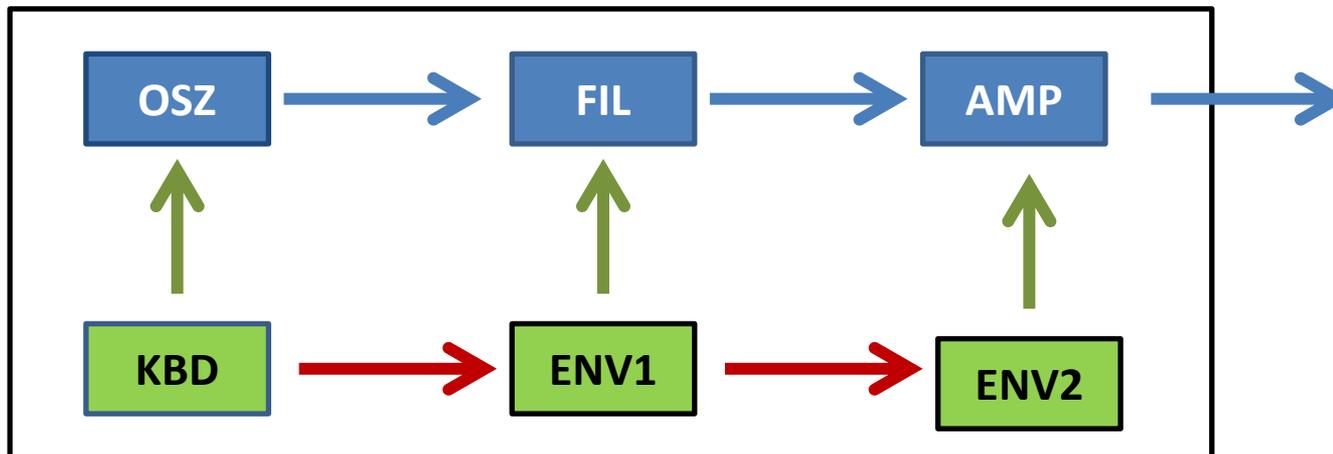


## Analoger, modularer, **spannungsgesteuerter** Synthesizer (Prinzip „Moog“)

„**spannungsgesteuert**“ betrifft die Bedienung der Moduln, d.h. die Art und Weise, wie die Modul-Parameter verändert werden können.

Die Parameter aller Moduln sind sowohl „von Hand“ (mittels Regler) als auch durch elektrische Spannungen steuerbar. Steuerspannungen produzieren folgende Moduln:

- Niederfrequente Oszillatoren (MOD): für Vibrato, Tremolo etc.,
- Keyboard (KBD): für die Frequenz eines OSZ (Tonhöhe) oder FIL (Klangfarbe),
- Hüllkurvengenerator (ENV): für Klangfarbe, Amplitude etc.,



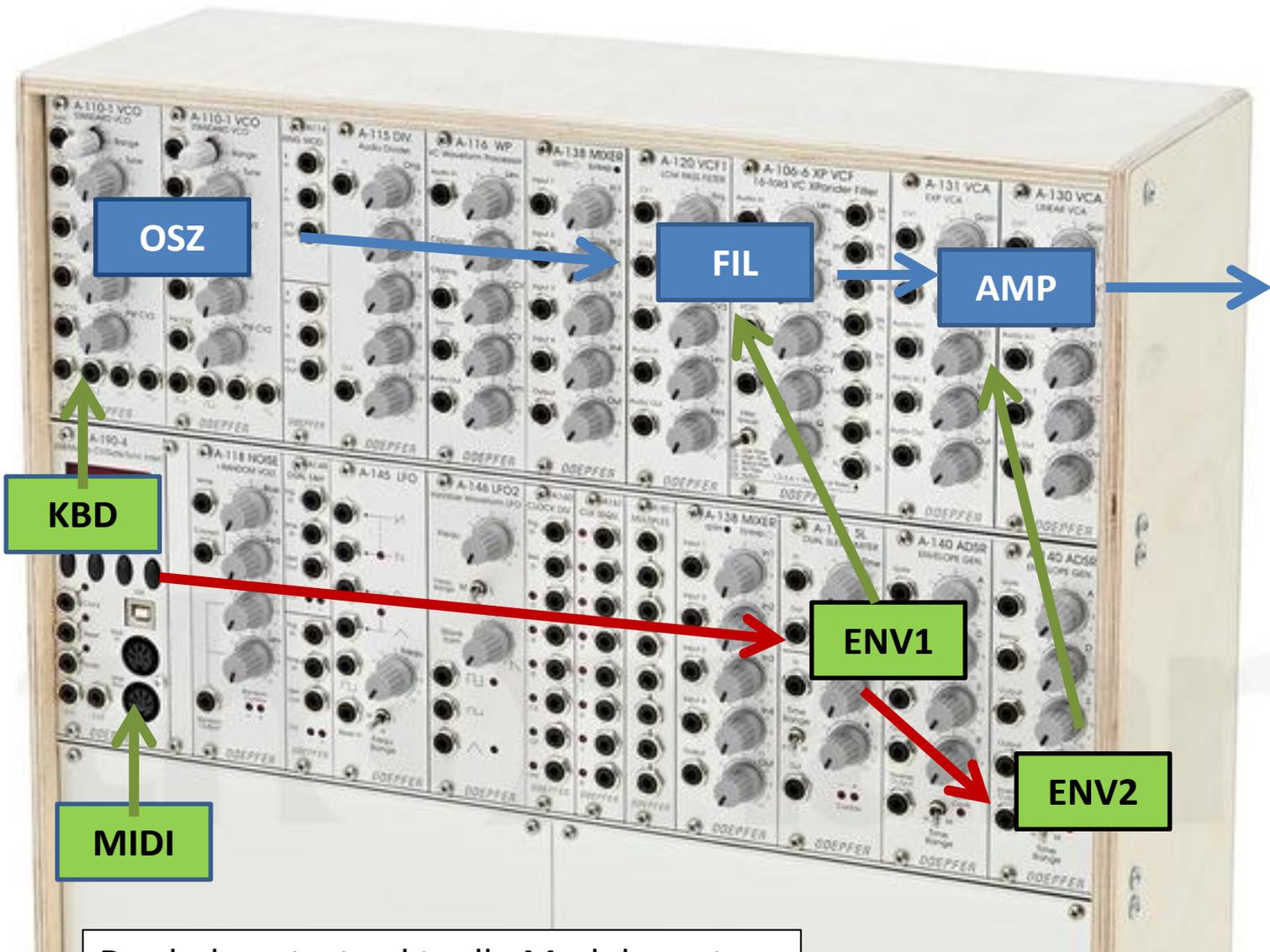


Siehe auch das Video zur App „ModSynth“:

[https://www.youtube.com/watch?v=wILRFLu\\_ZnM](https://www.youtube.com/watch?v=wILRFLu_ZnM)



Das bekannteste aktuelle Modulsystem



Das bekannteste aktuelle Modularsystem

## Liste von typischen Effekten von Analog-Synthesizern:

1. VCF-Resonanz (ohne VCO) wird moduliert (LFO)
2. Dasselbe mit VCO
3. Wah (attack auf LFO)
4. Release mit „Wah“ – zusätzlich ein „Obertondurchlauf“
5. ENV kurz, LPF übersteuert
6. Kurz, LPF übersteuert
7. Ebenso
8. Dasselbe mit Rauschen statt Schwingung
9. Wie 4. mit Rauschen
10. Moduliertes Rauschen
11. Kurzes Rausch, kleine Modulation

<https://www.musik-for.uni-oldenburg.de/elektronischemusik/07Moog/Typische-Analog-Effekte.mp3>

1970-72 kommt das einzige echte Konkurrenzsystem auf den Markt:

EMS (Electronic Music Studio) London mit

- VC3
- Synthi A
- Synthi 100



1978 die **Korg-MS-Serie**: Popularisierung!

Die vorgefigurierte Verkabelung kann „modular“ modifiziert. Preis < 1000 DM.



## 7 Musiktitel,

in denen der Moog-Modular in den Jahren 1969-1975 in unterschiedlichen Zusammenhängen, in verschiedenen Genres und auf unterschiedliche Weise verwendet wird:

- George Harrison: No Time Or Space (LP Electronic Sound) 1969
- The Beatles: Here comes the Sun (aus der Abbey-Road-Produktion) 1969
- Walter Carlos: Präludium und Fuge c-moll (aus Switched On Bach) 1968
- Emmerson Lake & Palmer: Pictures at an Exhibition (live Zürich) 1970
- Wolfgang Dauner: Et Cetera (benutzt den Synthi A) 1970
- Tangerine Dream: Phaedra (Studio) 1974
- Isao Tomita: Pictures at an Exhibition (Studio) 1975

Alle Beispiele auf <https://cloud.uol.de/s/DRGXqRZjgrzrA9w> .

## 2. Yamaha und die Digitalen



Eine Erfindung prägt den Sound der 1980er Jahre...

## DX 7 Besonderheiten:

- Alle Klänge werden „algorithmisch“ aus der digitalen Interaktion von Sinuskurven aufgebaut.
- Der Kern dieser Interaktion ist die Frequenzmodulation („FM-Synthese“).
- Es können synthetisch Klänge nicht-harmonischem Obertonspektrum erzeugt werden.
- Verzicht auf Filter und die Klangquellen „Rechteckschwingung“ und „Rauschen“ – das Kernstück eines jeden analogen Synthesizers.
- Das Instrument ist konsequent midifiziert.
- Absolut freies Microtuning (alle Tasten können beliebig gestimmt werden).



Eine Welt neuer Sounds entsteht.  
Eine Vielfalt neuer Möglichkeiten der Klangmodulation ist möglich.  
Jegliche Art von Microtuning und experimenteller Musik ist machbar.



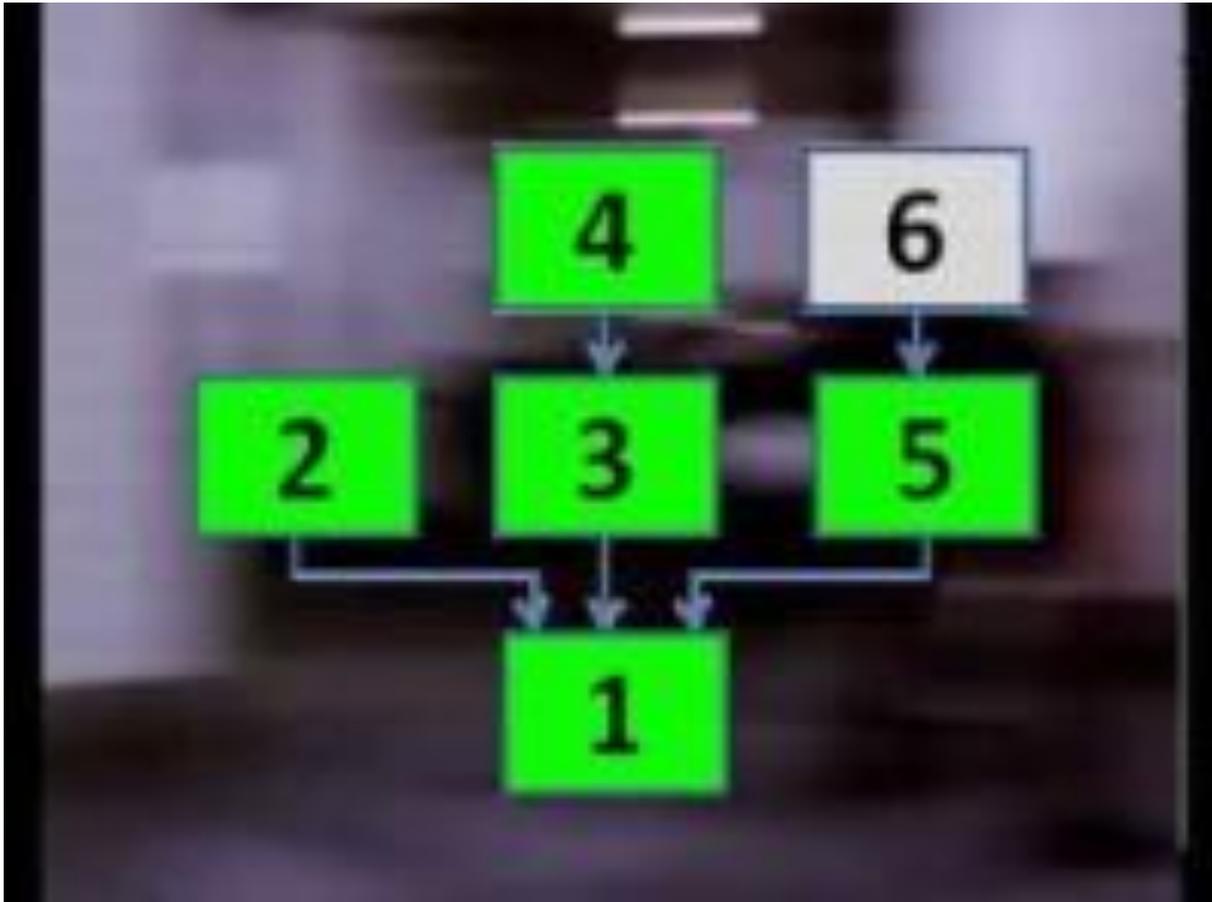
Nebeneffekt: da die Klangprogrammierung sehr kompliziert ist,  
werden überwiegend Presets von Yamaha verwendet, weshalb die  
„Klangwelt“ der 1980er gut durchschaubar und erkennbar ist...

1. Was ist „Frequenzmodulation“ und woran erkennt man einen analogen und einen digitalen Klang?



<https://youtu.be/lBe2ltbZsrQ>

2. Wie entstehen die neuen Klänge am DX 7 durch bloße Interaktion von Sinusschwingungen?



<https://youtu.be/zueE-x94skU>

### 3. Wie hört sich „Microtuning“ an?



<https://youtu.be/vPLFOv-cRXg>

Typische DX7-Klänge <https://www.musik-for.uni-oldenburg.de/elektronischemusik/dx7/>

# 101 Jahre Elektronische Musik

Computer:

1. LA-Synthese
2. MIDI und Workstations
3. Controller
4. Groovebox

## Überblick über alle „Synthese-Arten“

1. Rein synthetisch Klangerzeugung, z.B. analoge und rein-digitale Synthesizer,
2. ausschließlich „samplebasiert“: es werden nur (digitale) Aufnahmen akustischer Klänge gespielt, z.B. Digitalpianos oder Sounddatei von „Sibelius“,
3. LA-Synthese: Einschwingvorgang als Sample, restlicher Klang synthetisch, z.B. PC-Soundcard.

Aufnahme, Manipulation und Wiedergabe von Samples erfordert ein Computerprogramm und entsprechend große Speicher.

# 1988: „Workstation“



**LA-Synthese**



**Integrierter MIDI-Sequencer**

Demo zur LA-Synthese: ein Klavier ist am Einschwingvorgang zu erkennen, der stationäre Klang und Ausschwingvorgang sind relativ irrelevant.

Ein Klavier mit und ohne Einschwingvorgang: <https://www.musik-for.uni-oldenburg.de/EM2022/einschwingvorgang-klavier.mp3>

# 1983: MIDI

## Musical Instrument Digital Interface



- Keyboards und Synthesizer miteinander verbinden,
- Spielaktionen auf einen Keyboard digital ohne Audiodatei aufzeichnen,
- größere Musikstücke mit geringen Datenmengen aufzeichnen,
- Klangprogramme universell aufzeichnen und gegenseitig austauschen,
- Trennung von Tastatur und „Soundmodul“: viele Sounds von einer Tastatur aus spielen.



Später:

- Midirecording – „Sequencer-Software“
- Standard Midifiles
- GM-Soundbibliothek („Soundcard“)
- Algorithmisches Komponieren (z.B. MAX)
- Notenprogramme

Grundidee 1 von MIDI:

Synthis miteinander  
koppeln



Grundidee 2 von MIDI:

Alle musikalisch relevanten Aktionen werden digitalisiert (von 0 bis 127 durchnummeriert).

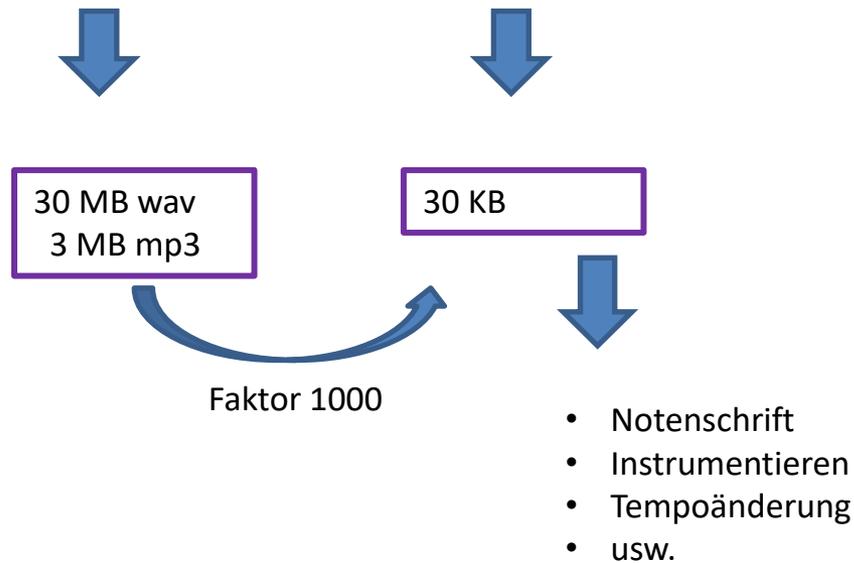


MIDI-Nr.	36	48	60	72	84
trad.	CC	C	c'	c''	c <sup>3</sup>
modern	C1	C2	C3	C4	C5

Grundidee 3 von MIDI:

Statt Audiodateien nur „Synthi-Aktionen“ speichern

Beispiel „Oxygene“:



MIDI digitalisiert genauso wie die traditionelle Notenschrift!

Anwendung von MIDI 1:

**Algorithmisches Komponieren** durch mathematisches Manipulieren von MIDI-Zahlen:



<https://youtu.be/z1GuA6kAn38>

Anwendung von MIDI 2:

**Midifiles** (= eine Datei, die ausschließlich MIDI-Daten und keine Sounds enthält) werden

- mit Notenprogrammen hergestellt,
- oder in sog. Sequenzerprogrammen explizit zusammen gestellt,
- oder direkt auf einem MIDI-Recorder aufgenommen.
  
- auf einer PC-Soundcard abgespielt,
- verwendet, um Samples zu triggern,
- dienen Notenprogrammen als Grundlage für Notendruck.

Datei-Endungen:

mid = Midifile

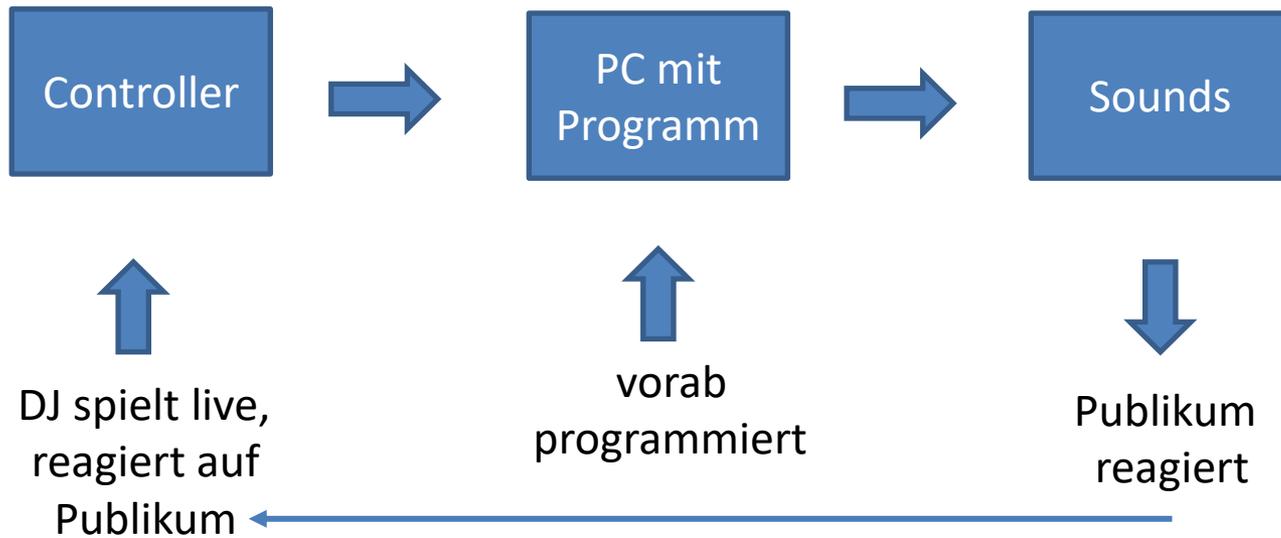
mp3 = komprimierte Audiodatei

wav oder acc = nicht komprimierte Audiodatei

Anwendung von MIDI 3:

**Controller** (= eine Gerät, mit dem MIDI-Programme abspielbar und manipulierbar sind, z.B. ein Keyboard oder ein DJ-Controller)

Beispiel eines modernen DJ-Controllers:



Anwendung von MIDI 3:

**Controller** (= eine Gerät, mit dem MIDI-Programme abspielbar und manipulierbar sind, z.B. ein Keyboard oder ein DJ-Controller)



<https://www.youtube.com/watch?v=OtcToguhf3s>

# Groovebox, Drumpads und verwandte Instrumente

Ziel: manuelle Steuerung elektronischer Klänge für den Live-Act



- Berührungsempfindliche Flächen
- Regler
- Schalter/Knöpfe

Einzel sounds  
oder ganze  
Patterns

Direkte oder  
modifizierbare  
Ausgabe

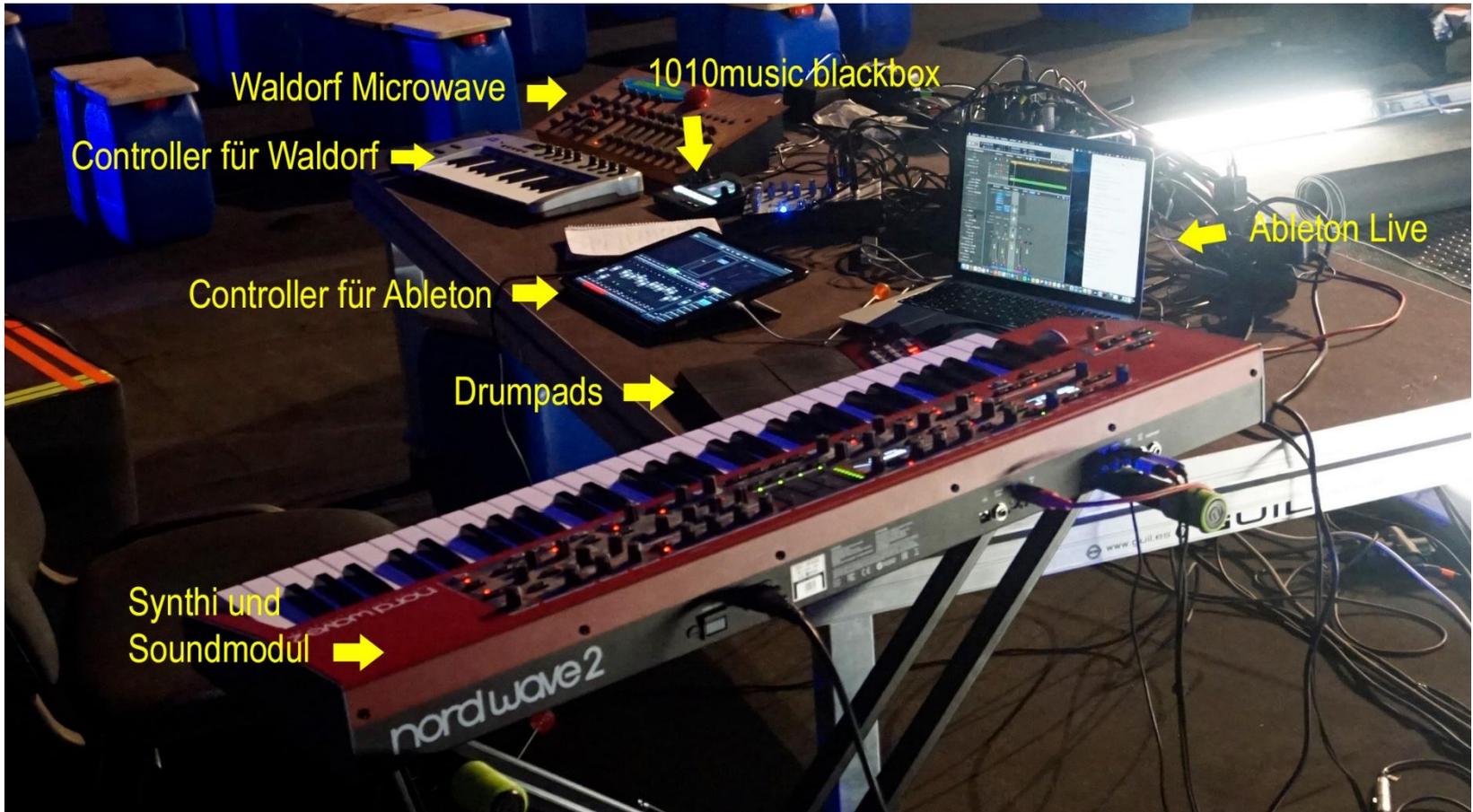
## Groovebox, Drumpads und verwandte Instrumente



KaosPad – TenoriOn - RaveOlution

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

## Beispiel 1 eines „Settings“



Performance am 4.12.2021 im „Tanque“ von Teneriffa <https://youtu.be/7cRuVqtEihg>

## Beispiel 2 eines „Settings“



„Brain & Body“ verwendet eine midifizierte Stepplatte.

<https://www.youtube.com/watch?v=P6adClx9M60>

Ende Teil 2 Instrumente