

Chaos und Ordnung

**Orientierung in der Formenvielfalt von
Lissajous-Figuren und Zykloiden**

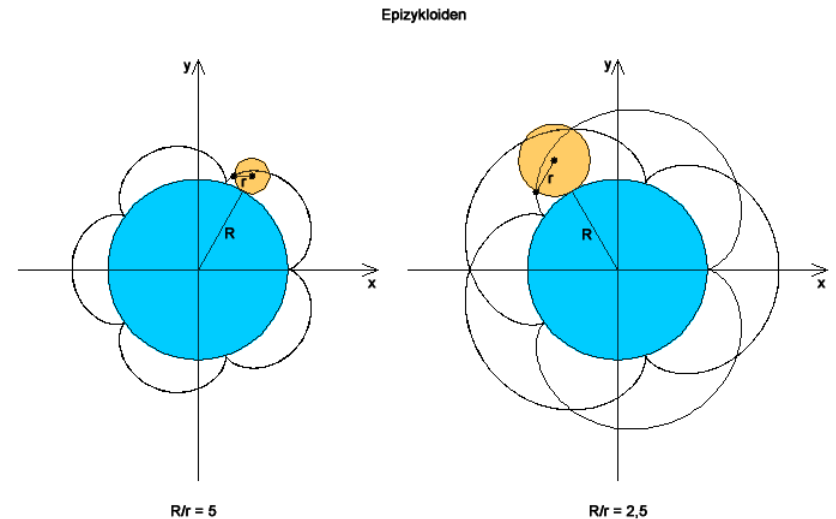
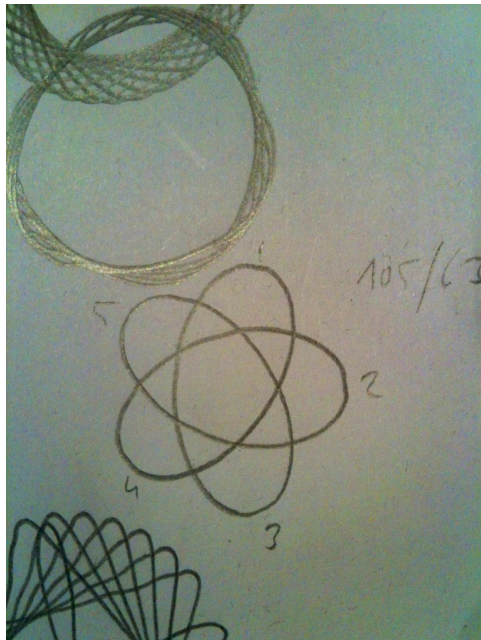
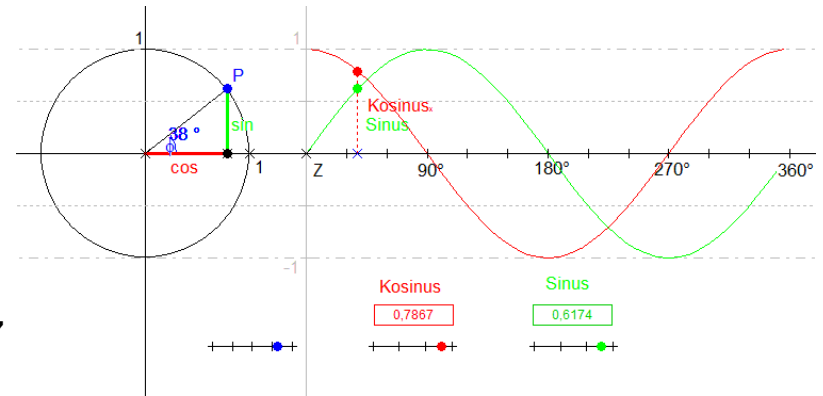
Benjamin Heidersberger, 22.5.2014

Ablauf

- **Aufbau**
 - Laserprojektor
 - Analogrechner
 - Oszilloskop, Kamera, Beam
 - Audio
- **Zykloide**
 - Theorie
 - Spirograph
 - Herstellung mit iFunGen und Oszilloskop
- **Lissajous-Figuren**
 - Theorie
 - Hintergrund
 - Harmonograph
 - Pendelinstallation
 - Pendelmaschine als mechanischer Analogrechner
 - Simulation der Pendelmaschine als elektronischer Analogrechner
- **Ausstellung „heidersberger.rhythmogramme“**
- **Praxis 1 Zykloide mit iFunGen und Oszilloskop**
- **Praxis 2 Analogrechner Lissajous-Figuren**

Zykloide

- Epizykloide (aussen)
- Hypozykloide (innen)
- Hypotrochoide (Spirograph)
 - Kleinstes gemeins. Vielfaches
 - Beispiel: $105=3*5*7$, $63=3*3*7$
 - $kgV=3*3*5*7=315$
 - Ergebnis: $315/63=5$



Spirograph

- Erfunden 1881 - 1900 von Bruno Abdank-Abakanowicz (1852 –1900) polnischer Mathematiker, Erfinder and Elektroingenieur
- 1908 im Sears Katalog „The Marvelous Wondergraph“



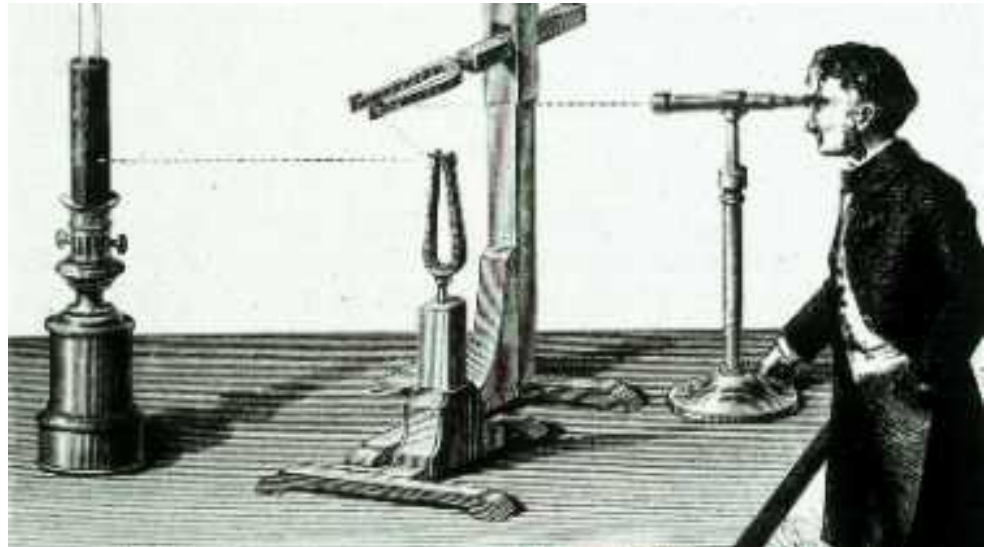
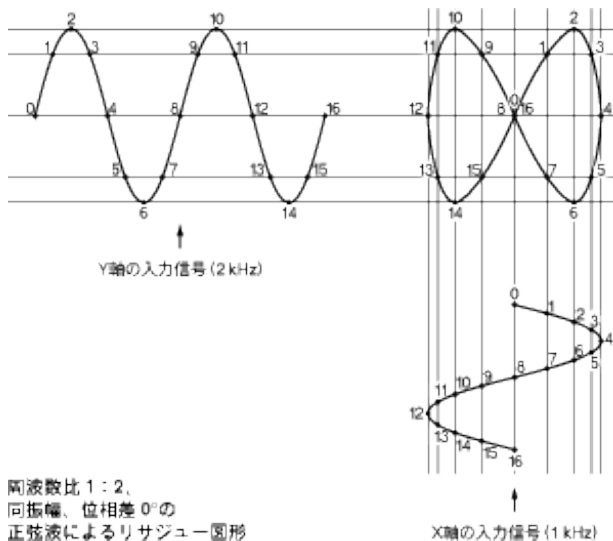
Zykloide durch Tongenerator

- **iFunGen App:**
 - 20 generators,
 - 1 to 20,000 Hz,
 - phase -360 to 360 degrees
 - Sine, Triangle, Sawtooth, Square, Pink, White
- **Kreis 1: 1 Hz, 10 Hz, 100 Hz, Sinus, Cosinus**
- **Kreis 2: 40/70/110 Hz, 400/700/1100 Hz, Sinus Cosinus**
- **Variation 1: +-1/5 Hz**
- **Variation 2: Amplitude regeln**
- **Variation 3: Sinus/Dreieck**



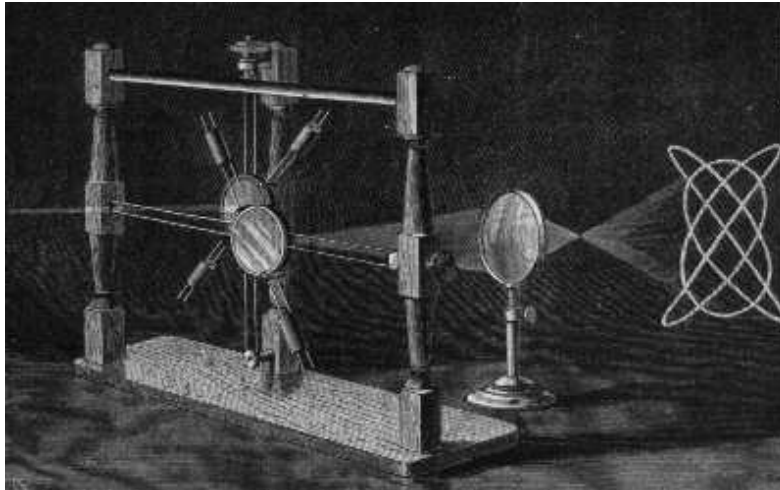
Lissajous-Figuren

- In System, das gleichzeitig in zwei aufeinander senkrecht stehenden Ebenen schwingen kann, beobachtet man Lissajous-Figuren
- Nathaniel Bowditch 1783-1838, amerikanischer autodidaktischer Mathematiker, Astronom und Physiker, Mitglied der Royal Society, 1815 Artikel über spätere Lissajous-Figuren
- Jules Antoine Lissajous 1822-1880, französischer Physiker, im Jahr 1855/57 beschrieb Lissajous eine Methode zur Darstellung derartiger Schwingungen, Harmonograph wird ihm zugeschrieben

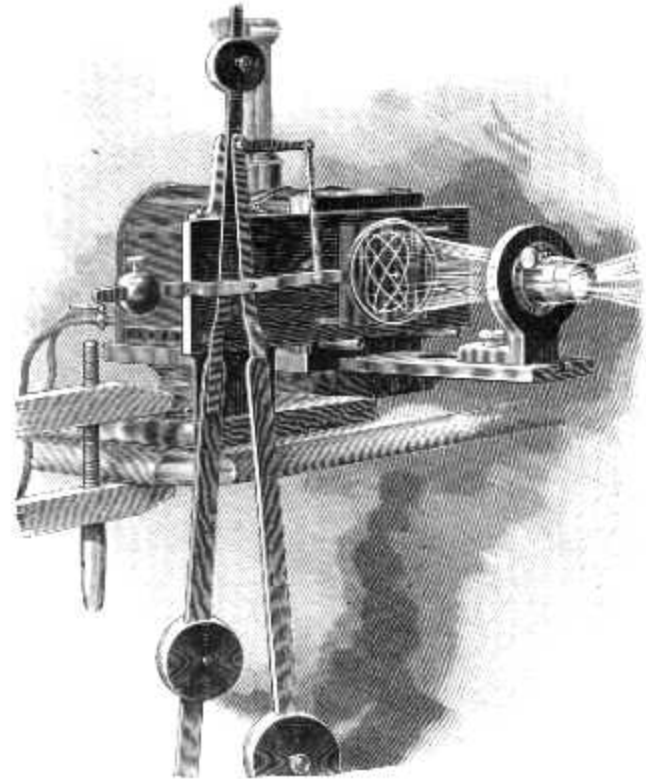


Lissajous historisch

- **Max Kohl, Chemnitz**
- **2 Spiegel, Linse, Projektionssystem**

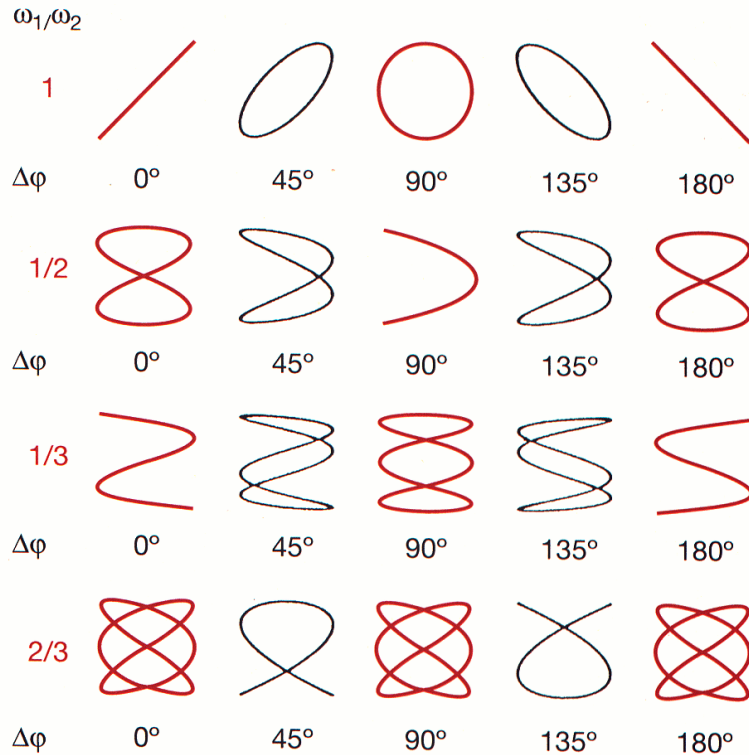


- **George Hopkins: Anfang 20. Jahrh.**
- **2 Pendel zeichnen auf berufter Glassplatte**

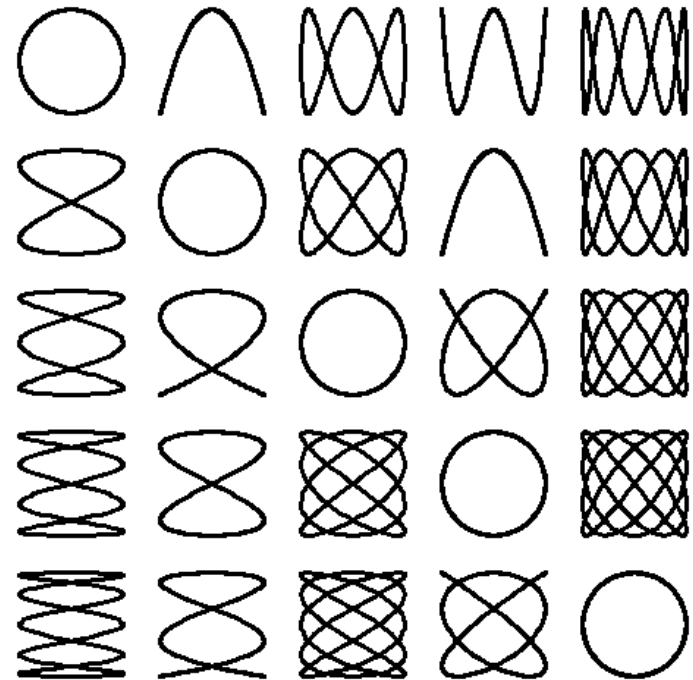


Lissajous-Figuren - Variationen

- Frequenzen und Phasen

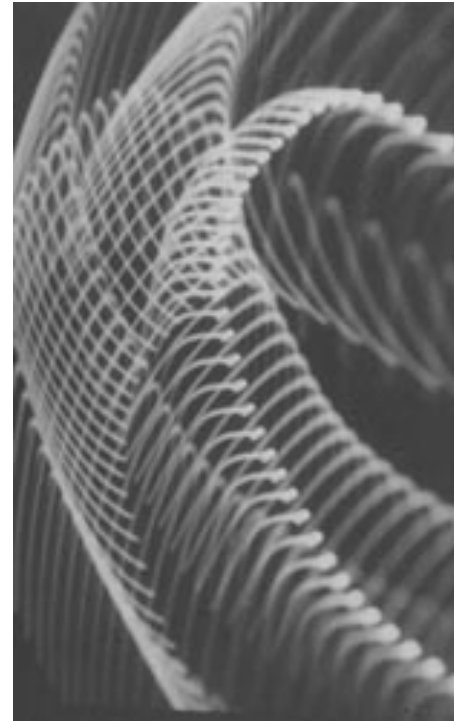
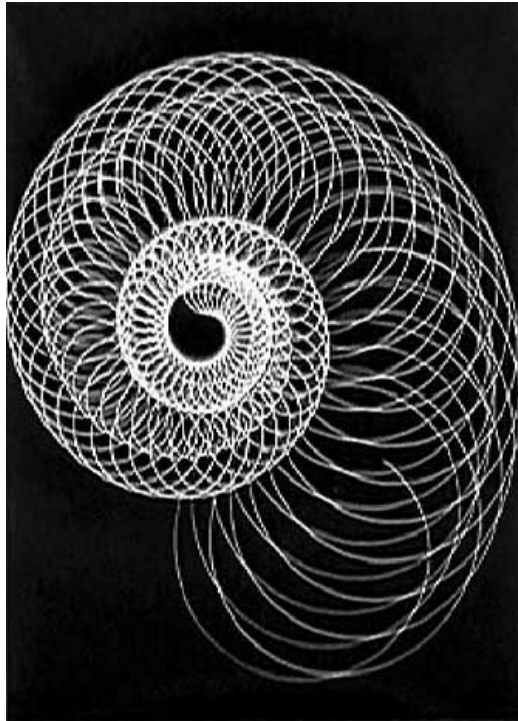


- freilaufende Phasen (1/1 – 1/5)



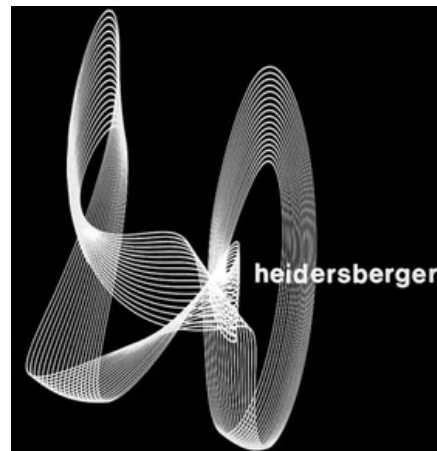
Lissajous in der Kunst

- Peter Keetman, 1916-2005
- Ammonshorn 1950
- Herbert W. Franke, geb. 1927
- Lichtformen 1956



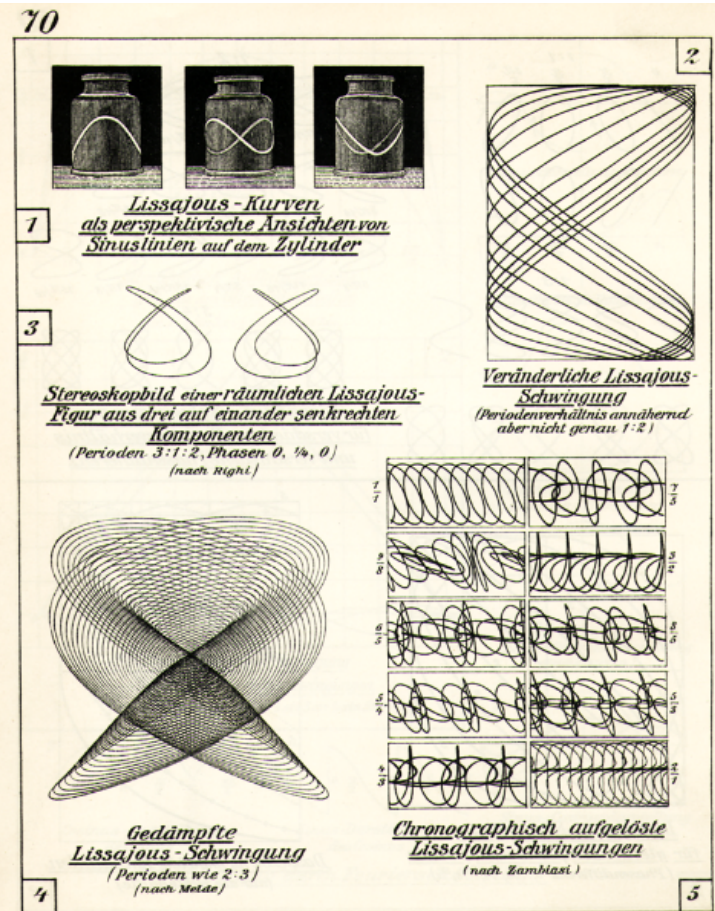
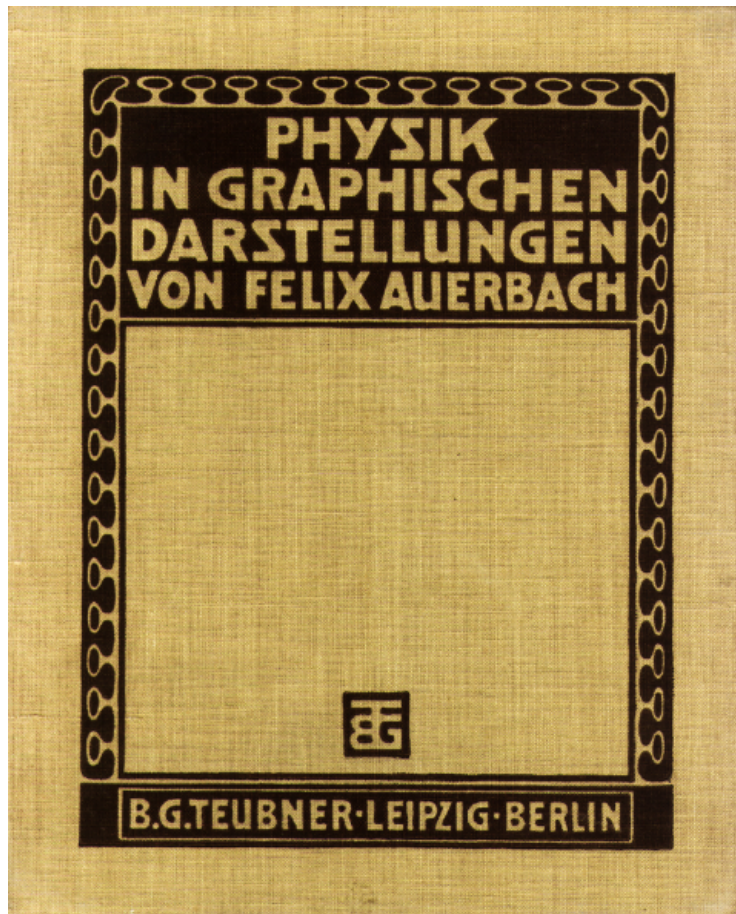
Heinrich Heidersberger

- **Heinrich Heidersberger (1906-2006)**
 - 1.Version: Fadenpendel und Lampe
 - 2.Version: Holzpendel (Wochenschau 1959)
 - 3.Version: Aluminium und Stahl (Wochenschau 1963)
 - Auerbach: Physik in graphischen Darstellungen 1914/25
 - Vielfältige Ausarbeitung 1953 - 1965 in 300 Platten
 - Senderlogo Südwestfunk in Gebrauch 1956-1968

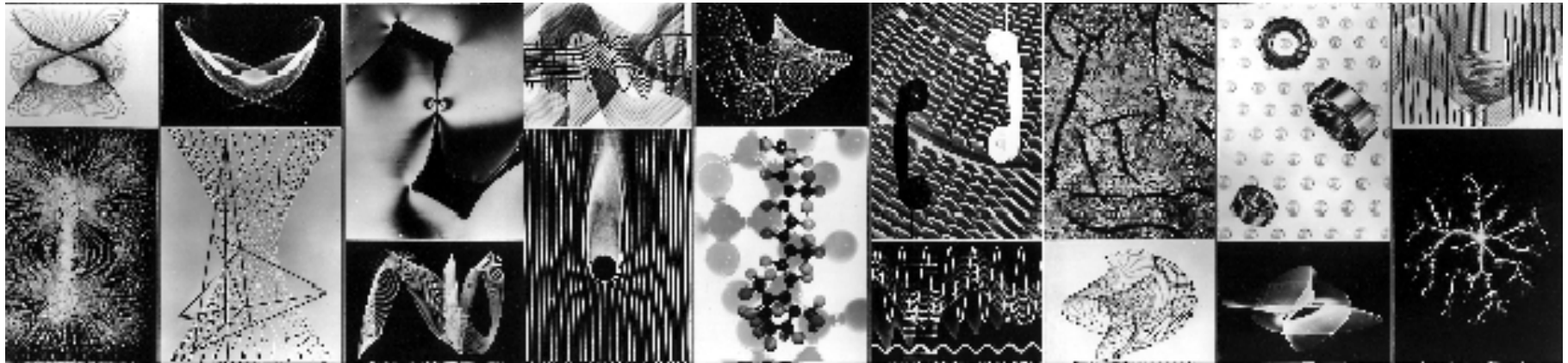


Heidersbergers Rhythmogramme

- Felix Auerbach: Physik in graphischen Darstellungen 1914/25
- Studierte bei Gustav Robert Kirchhoff und Hermann Helmholtz
- Verkehrte mit Paul Klee und Wassily Kandinsky



Wandbild Ingenieurschule Wolfenbüttel 1955 (heute Ostfalia)



Die Pendelmaschine als mechanischer Analogrechner

- **Vier Pendel**
 - Amplitude fest
 - Phase durch das große Pendel gesteuerte elektromagnetische Auslösung der 3 anderen Pendel
 - Frequenz durch Verschiebung des Gewichtes (2, 3, 4, 16 sec)
 - Dämpfung bedingt möglich
- **Kopplung**
 - Summation
 - Koeffizient
 - in x- und y-Richtung auf den Spiegel
- **Licht ein/aus**
- **Fotografische Effekte**
 - Ausschnitt
 - Komposit
 - positiv/negativ
 - Solarisation



Pendelinstallation

- **Mathematisches Pendel**
- **Frequenz hängt nur von Fadenlänge ab**
- **Geringe Dämpfung (ca. 20 min)**
 - **Schwingungsdauer $T=2\pi\sqrt{l/g}$**
- **L gemessen 3.26 m**
- **L' gemessen 2.21 m**
- **L errechnet: 3.62 sec (0.276 Hz),**
- **L' errechnet: 2.98 sec (0.335 Hz),**
- **Einstellen iFunGen**
- **Figur auf Oszilloskop zeichnen**

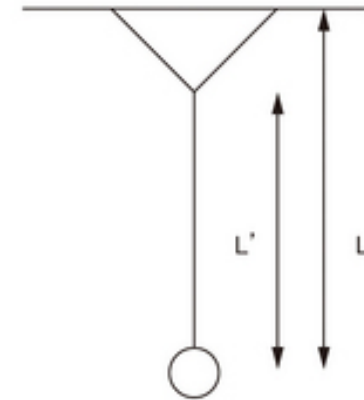


Fig. 1

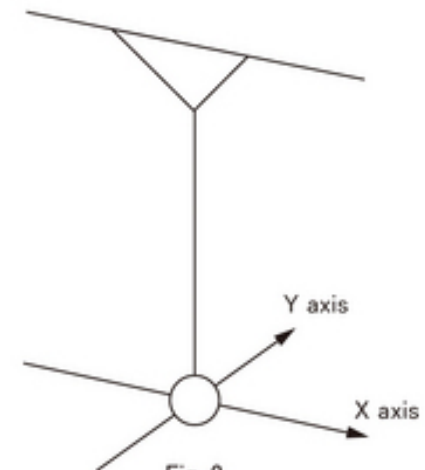
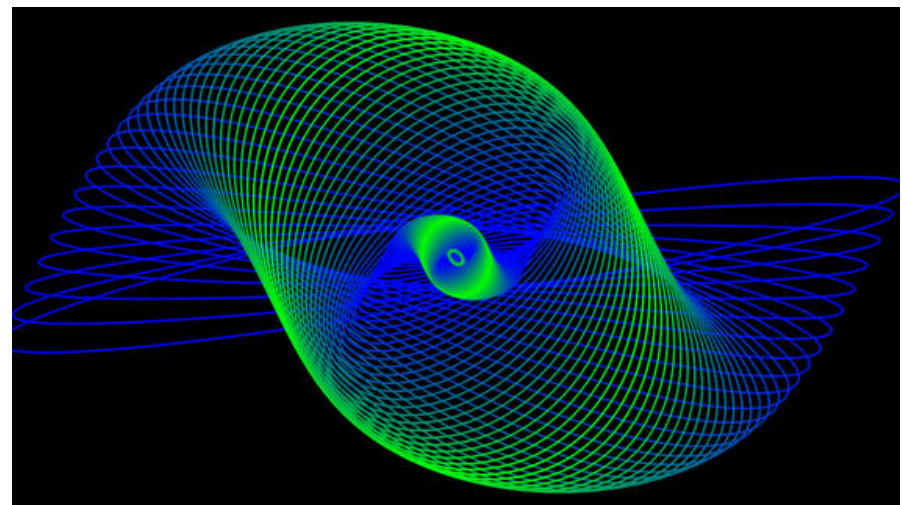
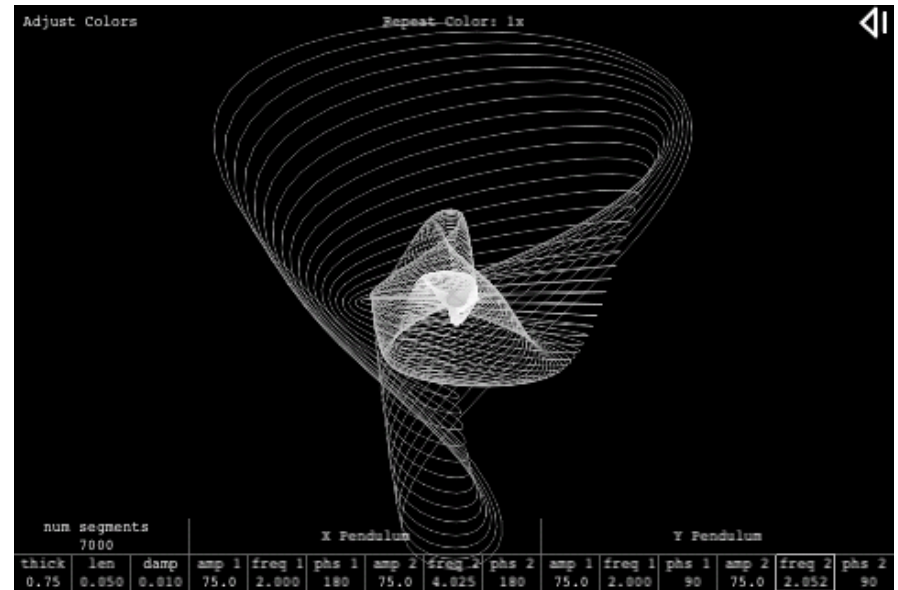


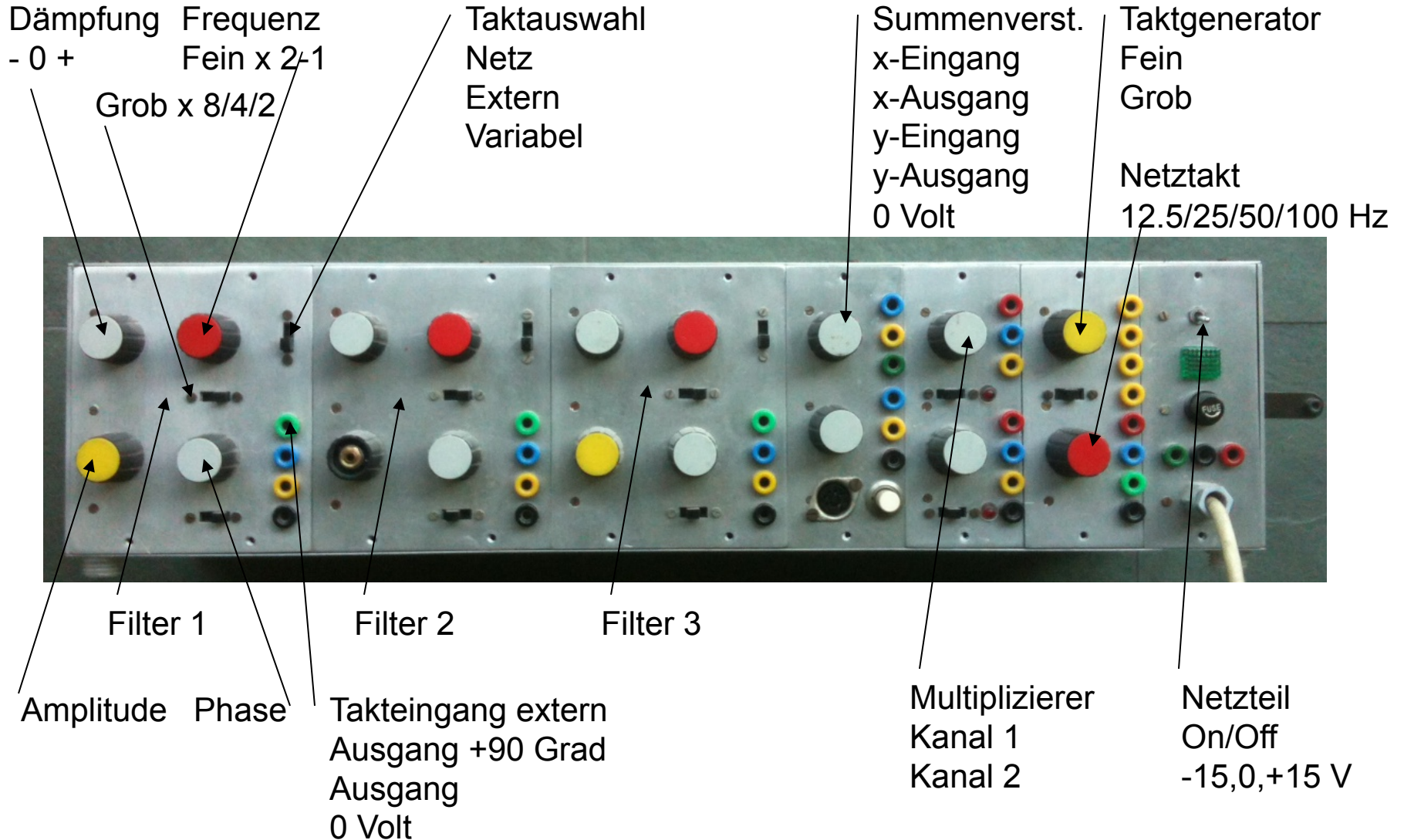
Fig. 2

Harmonograph Toy App

- **Für 4 Pendel**
 - Amplitude
 - Frequenz
 - Phase
- **Für alle Pendel**
 - Dämpfung
 - Linendicke
 - Länge



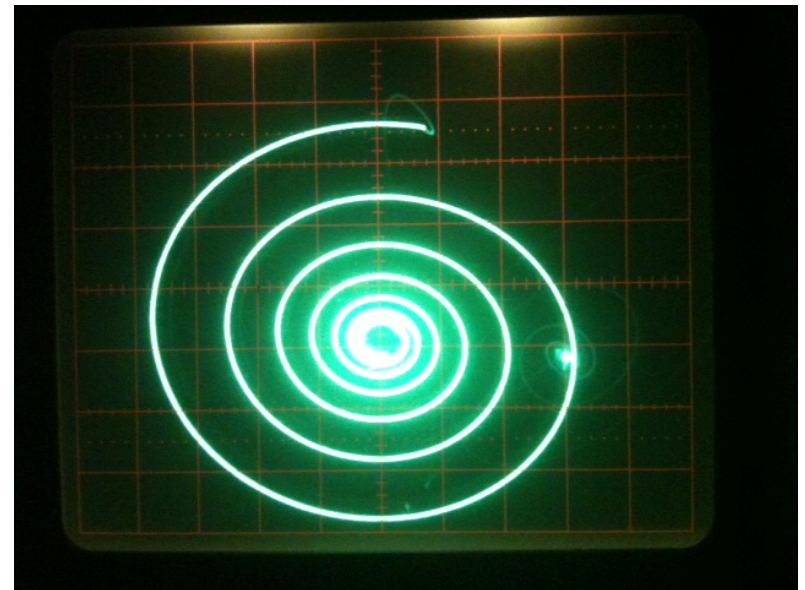
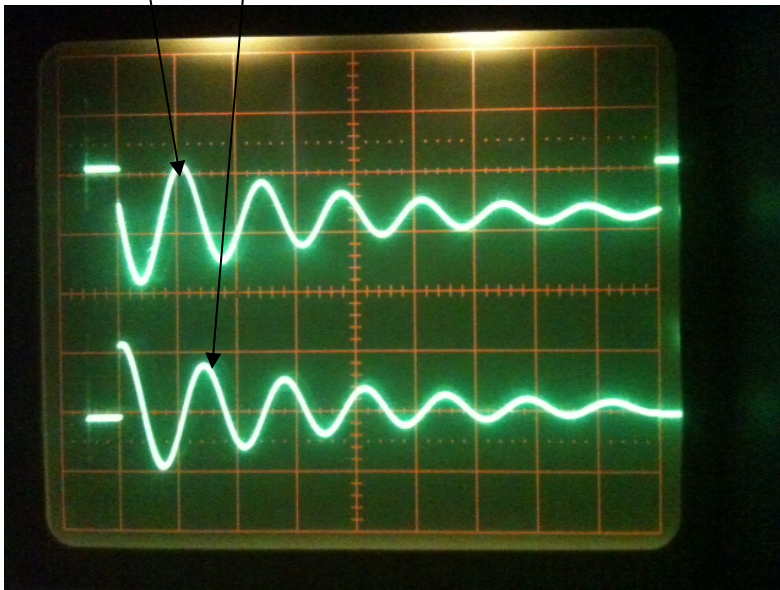
Elektronischer Analogrechner (1979)



Analogrechnerausgang auf Oszilloskop

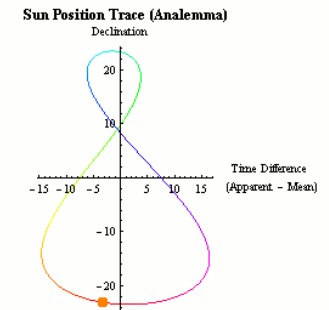
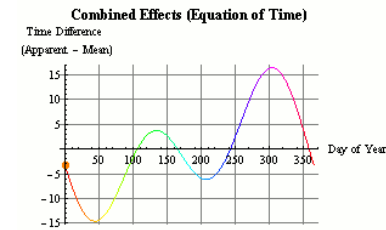
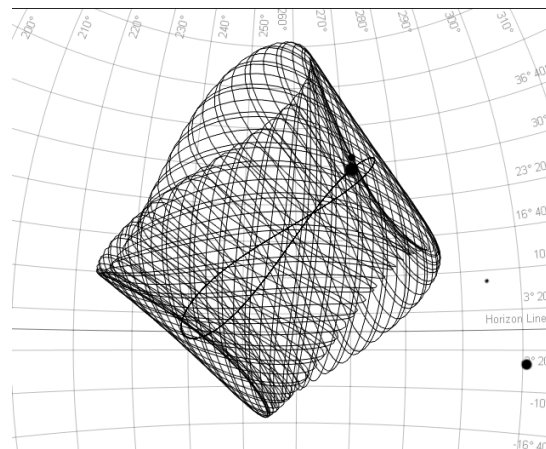
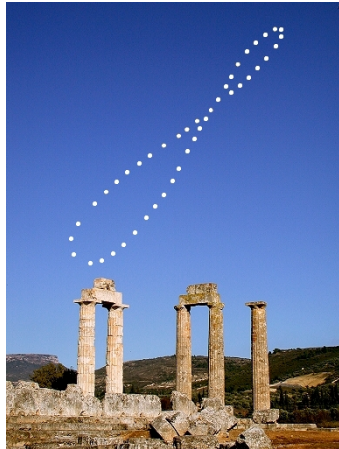
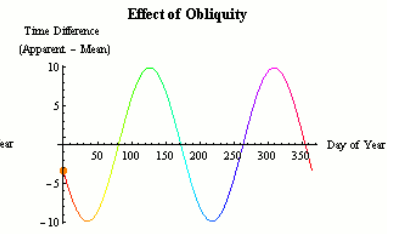
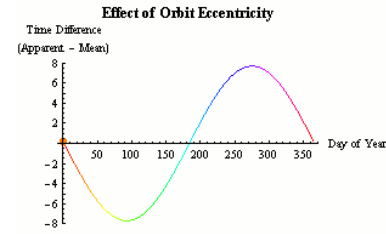
- 2 abklingende Schwingungen
- Gleiche Frequenz
- 90 Grad Phasenverschiebung

- Resultierende Spirale
- x/y-Eingang



Lissajous - Analemma

- **Keppler (h): ± 7.66 min, f**
- **Ekliptik (h): ± 9.87 min, 2f**
- **Ekliptik (v): ± 23.5 Grad, f**
- **Ergebnis Oszilloskop**



Workshop

- **Praxis 1: Zykloide mit iFunGen und Oszilloskop**
- **Praxis 2: Analogrechner Lissajous-Figuren**

Kontakt

- **Institut Heidersberger**
- **Benjamin Heidersberger**
- **Schlossstrasse 8, 38448 Wolfsburg**
- **benjamin@heidersberger.de**

- **Die Präsentation kann zugemailt werden.**