

Trippy Fancy Laser

Paul, Niklas, Leon, Fränz, Konstantin

- Wir schicken einen Laser auf eine trippige Reise. -

Bei der Installation *dreht* sich alles um *Laserlicht*, *periodische Schwingungen* und *geometrische Formen*.

Ein Laserstrahl wird auf einen sich rotierenden Spiegel gelenkt. Dieser hat einen kleinen Versatz zur senkrechten Einstrahlrichtung des Lasers. Das entstandene Bild entspricht einem Kreis. Nimmt man nun weitere Spiegel zur Hand, die Ebenfalls rotieren, lassen sich Geometrische Formen darstellen. Dieses Phänomen wir als Epizyklus bezeichnet.

Schönes Foto von unserem Aufbau.

Vielleicht kann man ja doch irgendwie noch ein Fotoshooting in der Uni veranstalten.

Die Drehgeschwindigkeit der Spiegel ist interaktiv steuerbar. So wird einerseits verdeutlicht, wie komplexe Geometrien auf einfachen Grundsätzen bestehen und modulierbar sind, andererseits ist die Ausbreitung von Laserlicht so spielerisch erfahrbar. Die Interaktion geschieht durch einen Drehregler (Drehpotentiometern) oder akustisch mithilfe eines Mikrofons, welches Stimmen oder Musik mithilfe eines Mikrocontrollers verarbeitet und so die Drehfrequenz mit den Frequenzen der Musik anpasst. Dies geschieht per Frequenzanalyse mit Hilfe der Fouriertransformation. Das Bild, welches durch die Reflektionen entsteht, ist eine Überlagerung von Kreisen. Allerdings ist der Ursprung, der Kreis, nicht direkt erkennbar, da schon bei drei Spiegeln sehr komplexe Formen erzeugt werden können.

Beschreibung des Aufbaus

Schönes Foto von unserem Aufbau.

Vielleicht kann man ja doch irgendwie noch ein Fotoshooting in der Uni veranstalten.

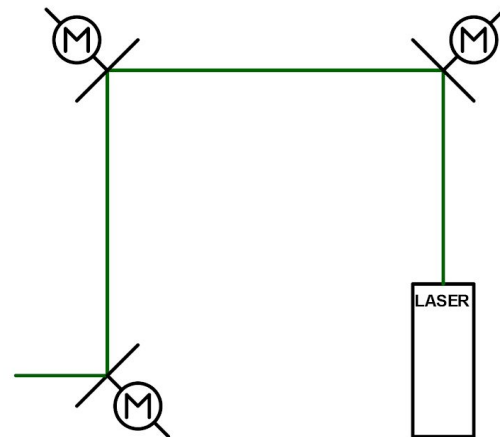


Abb. 1: Foto (links) und Schema (rechts) des Aufbaus des Trippy Fancy Lasers. Der Laser wird an drei Spiegeln reflektiert, die von einem Motor gedreht werden.

Ein kontinuierlicher Laserstrahl wird über mehrere Spiegel auf einen Schirm geleitet. Die Spiegel rotieren und sind bezüglich der Rotationsachse um wenige Grad gekippt. Durch dieses Anstellen der Spiegel wird der Laserstrahl bei jedem Spiegel, je nach seiner momentanen Ausrichten anders reflektiert. Über die Zeit betrachtet, ist die dabei entstehende Form ein Kreis. Mit mehreren Spiegeln wird so ein komplexes Muster aus Überlagerungen von Kreisen erzeugt. Das Bild auf dem Schirm ist abhängig vom Anstellwinkel, der Geometrie des Aufbaus und der Rotationsgeschwindigkeit der einzelnen Spiegel. Die Rotationsgeschwindigkeit lässt sich leicht verändern und wird deswegen bei dem Aufbau manipuliert. So sind verschiedene komplexe Bilder möglich. Es werden zwei Arten der Manipulation des Bildes verwirklicht. Einerseits durch ein Drehpotentiometer, welches den Ohmschen Widerstand direkt in eine Drehfrequenz umwandelt, sowie mit einem Mikrocontroller. Mit diesem können diverse Akustische Schwingungen als Eingangssignal verwendet werden, die dann in eine Spiegeldrehzahl übersetzt werden. So ist eine Interaktion durch den Betrachter mit der Installation möglich. Dazu dient ein, an dem Mikrocontroller angeschlossenes, Mikrofon. Dieses nimmt die Geräusche der Umgebung, Stimmen oder Musik auf und im Mikrocontroller werden die verschiedene Tonhöhen mit Hilfe einer Frequenzanalyse in Drehgeschwindigkeiten für die einzelnen Spiegel übersetzt.

Theorie

Fourieranalyse

Die Fourieranalyse ist ein mathematisches Werkzeug um ein Signal zu analysieren. So wird das Signal in seine Frequenz Bestandteile aufgeteilt.

$$\mathcal{F}_{t\omega}\{x(t)\} = \hat{x}(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-i\omega t} dt$$

In unserem Fall möchten wir so live die Frequenzen von Stimme und Musik bestimmen und abhängig davon die Drehfrequenzen der Spiegel einstellen. Dafür gibt es bereits fertige Algorithmen wie die FFT.

Pulsdauermodulation

Um 4 Pin Lüfter zu steuern wird die Pulsdauermodulation, PWM vom englischen "Pulse-width modulation", genutzt. Hierbei wird der Motor des Lüfters mit einer konstanten Spannung betrieben. Die Spannung, die den Motor treibt, wird mit einem digitalen ("an-aus") Signal moduliert und somit in kleine Spannungsimpulse „zerhackt“. Abhängig von der Dauer in dem dieses digitale Signal "an" ist, wird die Leistung am Motor gesteuert. Dies stellt die Rotationsfrequenz des Lüfters ein. Diese Methode ist verlustärmer als die direkte Regelung der Spannung, die am Motor anliegt.

Umsetzung

Runde Spiegel werden mit Heißkleber auf 4 Pin, 12 V Computer-Lüfter geklebt. Die Lüfter sind mit einem 3D gedruckten Halter befestigt, mit dem die Lüfter leicht auf einer ebenen Platte befestigt werden können.

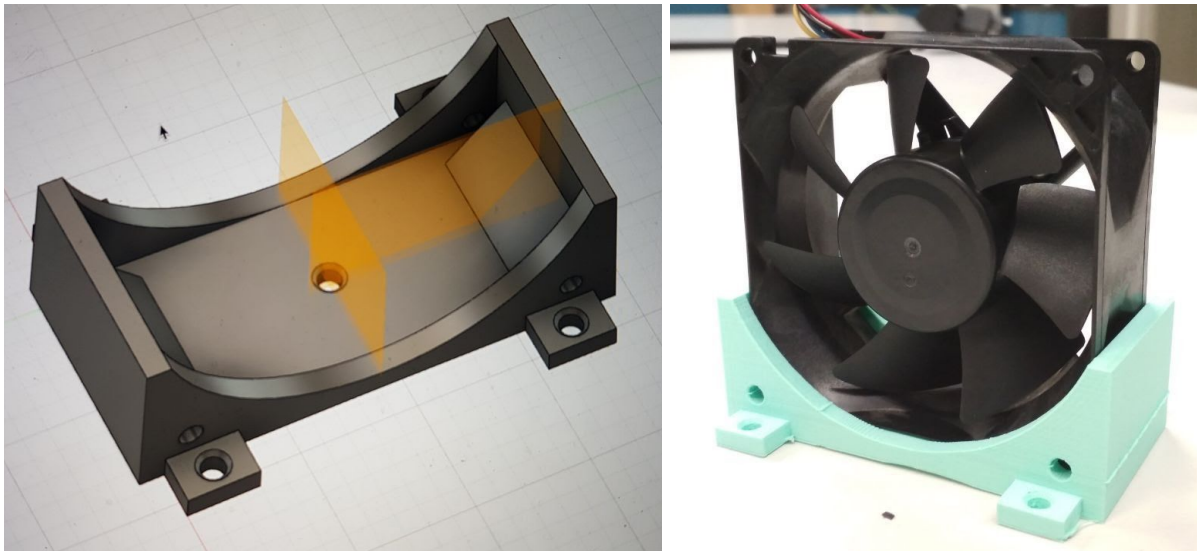


Abb. 2: Halterung für die Lüfter. CAD Model (links) und 3D gedruckt (rechts). Die Lüfter werden von oben hineingesteckt und können optional an den Ecken befestigt werden. Die Halterung wird mit vier Schrauben auf dem Aufbau befestigt.

Die Spiegel werden mit einem 3D gedruckten Keil mit Löchern, damit der Kleber sich gut verteilen kann, leicht angestellt. Die Spiegel, die der Laser zuerst erreicht, erhalten Keile mit geringeren Anstellwinkel als die späteren Spiegel. Der unterschiedliche Winkel dient dazu, dass die Spiegel jeweils einen anderen Einfluss auf die Abbildung haben. Die Reihenfolge der Keile ist so gewählt, dass die Justage erleichtert wird. Die Lüfterblätter werden abgeknipst und abgefeilt, damit die Lüfter weiter austariert sind. Das Abknipsen führt zu einer deutlich schnelleren Beschleunigung der Drehgeschwindigkeit, wenn diese elektronisch erhöht wird, allerdings auch zu einer höheren Trägheit bei Verlangsamung.

Die Drehgeschwindigkeit der Lüfter kann auf zwei Arten eingestellt werden. Entweder analog durch Spannungsregulierung am Eingang der Lüfter oder digital durch PWM.

5

Die Spannungsregelung wird um den Spannungsregler L7805CV herum verwirklicht. Dieser transformiert die Spannung abhängig vom Strom, der durch die Erde des ICs abfließt. Ein Potentiometer regelt dies und damit die Spannung die am Motor anliegt. Der Schaltplan ist in Abb. 3 dargestellt. Er ist entnommen aus [\[How2\] Lüftersteuerung selbst gebaut](#). Hiermit ist es möglich die Drehgeschwindigkeit manuell mit einem Drehpotentiometer einzustellen.

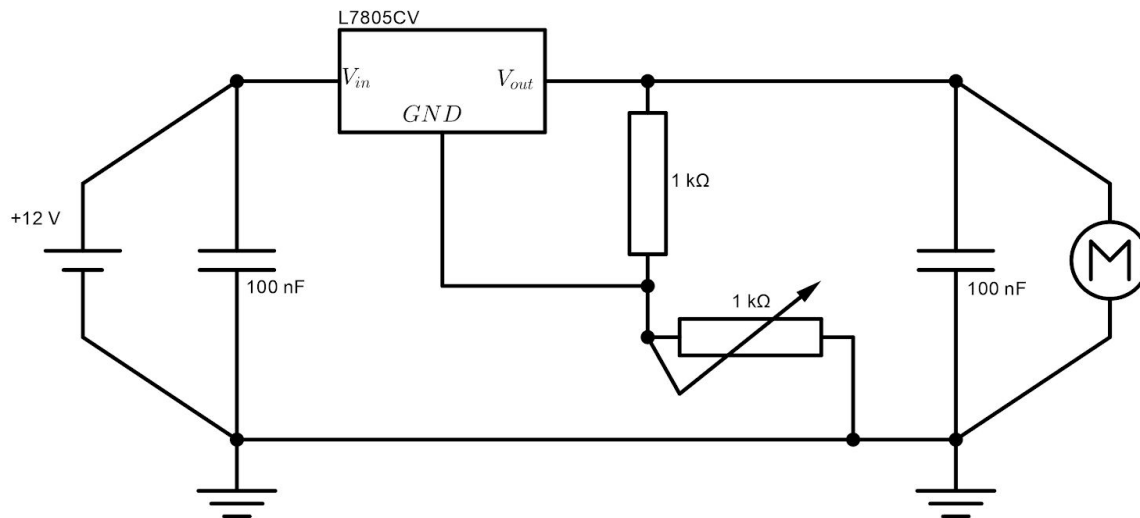


Abb. 3: Schaltbild der Spannungssteuerung. Links wird eine 12V Gleichspannung angeschlossen, die Spannung am Motorausgang M wird mit dem L7805CV, einem Potentiometer und einem Widerstand geregelt. Die zwei 100 nF Kondensatoren dienen zur Spannungsglättung. (Erstellt mit Geogebra)

Für eine flexiblere Interaktion ist allerdings eine Steuerung mit einem Mikrokontroller wünschenswert. Hiefür verwenden wir einen Arduino und PWM. Die Lüfter werden mit 12 V angeschlossen und der PWM Eingang wird mit einem PWM fähiger Port des Arduinos verbunden. Jetzt kann der Arduino die Drehgeschwindigkeit setzen und verschiedene Inputs genutzt werden um die Drehgeschwindigkeit zu beeinflussen. Hierbei muss im Code zuerst der Timer des Ausgangs auf 25 kHz umgestellt werden, die Frequenz, welche die Lüftersteuerung benötigt. Der `write` Befehl erzeugt dann das PWM Signal, mit der richtigen Dauer. Nun kann ein beliebiges Input an dem Arduino genutzt werden um die Frequenz einzustellen.

Materialien

Die verwendeten Materialien sind günstig in jedem Elektronikfachgeschäft erhältlich. Für den Aufbau wurden allerdings auch manche Dinge „geupcycled“, wie z.B. die Lüfter, welche aus einem alten Server entstammen. Folgendes wird benötigt:

- 12 V, 4 Pin Lüfter (3x)
- Spiegel
- Kabel
- 3D gedruckte Lüfterhalter
- Laser(-pointer)
- 12 V Netzteil (z.B PC Netzteil)
- Lüftersteuerung Arduino (PWM)
 - Arduino
 - Potentiometer, Mikrofon, ...
- oder
- Lüftersteuerung Spannungsregelung
 - IC L7805CV Spannungsregler
 - 100 nF Kondensator (2x)
 - 1 kOhm Widerstand
 - 1 kOhm Potentiometer

Fazit

Ein großes Problem, um die Installation zeigen zu können ist, sie für den Betrachter sicher zu machen. Da hier mit einem Laser gearbeitet wird, steht bei der Sicherheit der Laserschutz im Vordergrund. In Deutschland gibt es dazu Richtlinien und Laserklassen die an bestimmte Laserleistungen gekoppelt sind. Der in der Installation verwendete Laser ist als Klasse 3 Laser einzuordnen und somit muss eine Lösung zur Begrenzung der Leistung gefunden werden. Zudem soll die Installation ein schönes Case bekommen, in welchem ein Filter das Laserproblem lösen könnte und zudem Streustrahlung nicht nach außen gelangt.

Die nächste Version sollte dann über Soundsignale interaktiv steuerbar sein.