

flimmerklänge

Eine auditive Erfahrung unsichtbarer Lichtphänomene

flimmerklänge

Eine auditive Erfahrung unsichtbarer Lichtphänomene

Bachelor-Projekt von

Juri Rendler

Februar 2023

Eingereicht bei

Prof. Dr. Ing. Cornelia Moosmann

Mag. B.A. Jasper L. Kühn

Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst, Hildesheim

Fakultät Gestaltung, Lighting Design

Halogen PAR64

M_D: 1.97 %

f: 100 Hz

E_v: 759 lx

INHALTSVERZEICHNIS

03 Einleitung

05 Inspiration

09 Flimmern

13 Entwurfsprozess

17 | Arduino

19 | | Code

21 | | Schaltplan

23 | Design device

29 | Audioprocessing

33 | Sound

35 | Signalverlauf

37 | Präsentationsrahmen

39 Reflexion

41 Ausblick

42 Literaturverzeichnis

43 Abbildungsverzeichnis



Leuchtstoffröhre mit elektronischem Vorschaltgerät

M_D : 5.61 %
 f : 27920 Hz
 E_V : 133 lx

EINLEITUNG

In dieser Bachelorarbeit erkundete ich Flimmern als Licht- und Wahrnehmungsphänomen. Das Interesse an speziell diesem Lichtreiz ist aus der Auseinandersetzung mit Theaterstücken, Konzerten und Festivals entstanden, die dieses Phänomen als gestalterisches Mittel verwenden. Der Bruch in der Wahrnehmung, wenn das Gesehene nicht mehr mit dem Physischen übereinstimmt und das Flimmern in den verschiedensten Ausprägungen bis hin zum stroboskopischen Effekt dafür genutzt wird neue Seherfahrungen zu ermöglichen, ist spannend und sehr vielfältig einsetzbar. Zudem wollte ich den Anlass nutzen, um tiefer in die Programmierung von Microcontrollern einzusteigen und Daten plattformübergreifend zwischen verschiedenen Programmen und Geräten zu verarbeiten.

Durch den mittlerweile immer weiter verbreiteten Gebrauch von LEDs in Architektur-, Bühnen- und Studio-beleuchtung gewinnt das Thema Flimmern an Relevanz. Im architektonischen und filmischen Bereich gilt es, Flimmern zu vermeiden. Lichtflimmern kann auch als gestalterisches Mittel eingesetzt werden, zum Beispiel auf Bühnen und bei Lichtinstallationen.

Nahezu alle künstlichen Lichtquellen weisen bis zu einem gewissen Grad ein messbares Lichtflimmern auf. In den meisten Fällen kann das Flimmern vom menschlichen Auge nicht wahrgenommen werden. Interessant erschien mir, sichtbares und unsichtbares Flimmern innerhalb dieser Arbeit auditiv erfahrbar zu machen.

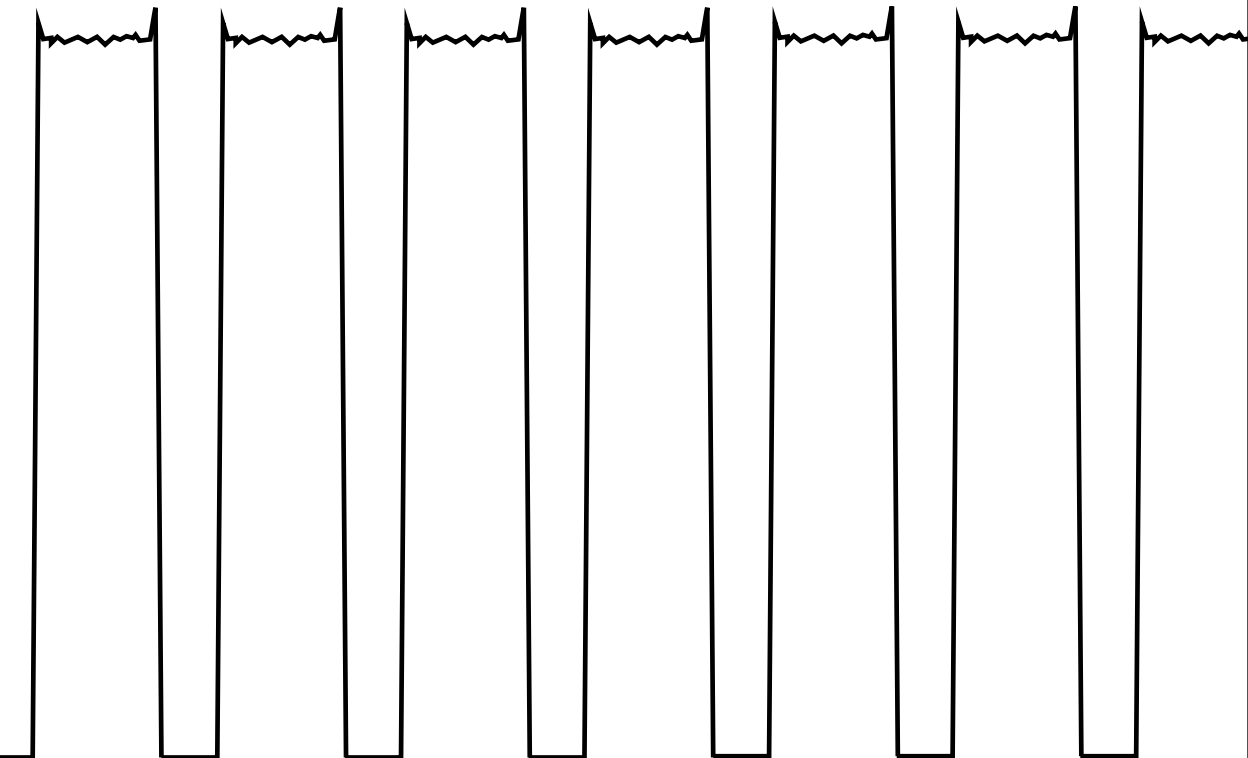
Im weiteren Prozess habe ich das Flimmern von Lichtquellen mithilfe eines Flickermeters vermessen und auf andere Medien übertragen. Daraus ergibt sich eine Vielzahl an gestalterischen und künstlerischen Möglichkeiten.

PWM-gedimmte LED

M_D : 99.50 %

f : 247 Hz

E_V : 780 lx



INSPIRATION

Die Inspiration, das Flimmern zu einer immersiven Klangerfahrung zu machen, kam durch die Arbeiten zweier Künstler*innen, die mir während der Recherche zum Thema begegneten. Christina Kubisch und Peter Vogel haben beide eine Ausbildung mit technischem Schwerpunkt abgeschlossen. Peter Vogel absolvierte sein Diplom als Physiker an der Universität Freiburg und begann daraufhin seine Tätigkeit in der Entwicklung medizinischer Geräte. Nebenbei beschäftigte sich Vogel mit der Entwicklung von Klangobjekten (vgl. Muranyi 2008: 33). Hierbei handelt es sich um Skulpturen aus einem Netzwerk aus elektronischen Komponenten, wie Generatoren, Transistoren, Schaltern, Verstärkern, Lautsprechern und Fotozellen. Durch den Schattenwurf, von den sich um die Objekte bewegendenden Betrachter*innen, triggern die Photozellen Klänge. Christina Kubisch erwarb ihr Diplom zunächst in Musik mit dem Schwerpunkt Querflöte am Konservatorium Zürich. Im Anschluss studierte sie Komposition am Konservatorium Mailand und Elektrotechnik am Polytechnikum Mailand (vgl. Tittel 2008: 33). Mit diesem Hintergrund entwickelte sie u. a. die Electrical Walks, bei denen durch das Hören über Kopfhörer mit integrierten Spulen und Verstärkern, elektromagnetische Felder auditiv erfahrbar gemacht wurden. Heutzutage ist dank Microcontrollern und intuitiver Programmieroberflächen wie Max/MSP eine sehr niedrigschwellige Annäherung an die technischen Grundlagen möglich. Diese Möglichkeit habe ich genutzt. Der technisch-wissenschaftliche Hintergrund, wie ihn Vogel und Kubisch zu ihrer Zeit benötigten, ist nicht mehr ausschlaggebend. Durch den allgemeinen und öffentlichen Zugang zu Videos und Lernplattformen im Internet kann spezifisches Wissen autodidaktisch angeeignet werden. Beide erschaffen in ihren Arbeiten Räume und Klänge, die von den anwesenden Personen abhängig sind, überhaupt erst durch das Mitwirken von ihnen entstehen.

Sie produzieren beide Klangkunst, die Musik und Objekt verbindet und lösen sich von dem Konzept eines zeitlich vordefinierten Rahmens. Es gibt in vielen ihrer Arbeiten keinen gekennzeichneten Anfang oder Schluss. Die Zuschauer*innen können selbst entscheiden, wann sie die Installationen betreten oder verlassen möchten und sind maßgeblich an der Entstehung und Gestaltung der Klänge beteiligt.

Claudia Tittel, die sich mit der Kunst von Christina Kubisch in ihrem Buch KLANG/ZEIT/LICHTRaum beschäftigt, hat noch weitere Merkmale von Klangkunst von Kubisch herausgearbeitet. Neben der zeitlichen und der immersiven Komponente wird ein neues Verhältnis zum Raum geschaffen. Tittel schreibt:

„Stattdessen werden in Klanginstallationen Töne und Klänge als abstraktes, immaterielles, bildnerisches Element eingesetzt, das den realen Raum als Gestaltungselement erfasst. Demzufolge sind diese akustischen Medien zwar körperlos – nicht haptisch erfahrbar – jedoch häufig an materiale Medien gekoppelt.“ (2008: 12)



Electrical Walks (Kubisch 2022)

Geräusch und Klang entstehen innerhalb eines Raumes und die Bewegung von Personen in ihm. Diese unterschiedlichen künstlerischen als auch technischen Ebenen sind für die Entstehung meiner Arbeit ausschlaggebend gewesen. Eine andere wichtige Gemeinsamkeit zu meinem Device ist die Unfähigkeit zur Wiederholung. Jede Person wird mit dem Device eine eigene, nicht reproduzierbare Klangerfahrung machen.

FLIMMERN

Im Rahmen der Bachelor-Studie setzte ich mich zunächst mit dem Phänomen Flimmern auseinander und gebe an dieser Stelle einen kurzen Überblick zu den wichtigsten Flimmerparametern. In der Studie betrachte ich verschiedenen Arten von Lichtflimmern, verschiedene Leuchtmittel mit ihren spezifischen Flimmereigenschaften und mögliche gesundheitliche Auswirkungen auf den Menschen. Christoph Schierz unterscheidet in seiner Publikation *Störungen und gesundheitliche Beeinträchtigungen durch das Flimmerverhalten künstlicher Lichtquellen* zwischen zwei Begriffen für Flimmern. Die messbaren Lichtänderungen bezeichnet er als Lichtflimmern. Die vom Menschen visuell wahrnehmbare Lichtänderung bezeichnet er vereinfacht als Flimmern (vgl. Schierz 2022: 4).

Die CIE, die Internationale Beleuchtungskommission, definiert Flimmern als eines von mehreren Lichtartefakten. Beim Lichtflimmern variieren die spektrale Verteilung und/oder die Helligkeit zeitlich. Die Schwankungen erfolgen in einer periodisch wiederkehrenden Abfolge. Einzelne Helligkeitszustände sind für die betrachtende Person nicht eindeutig erkennbar. Die Umgebung ist dabei unbewegt. Der Lichtreiz wird als instabil und schwankend wahrgenommen (vgl. Schierz 2022: 12).

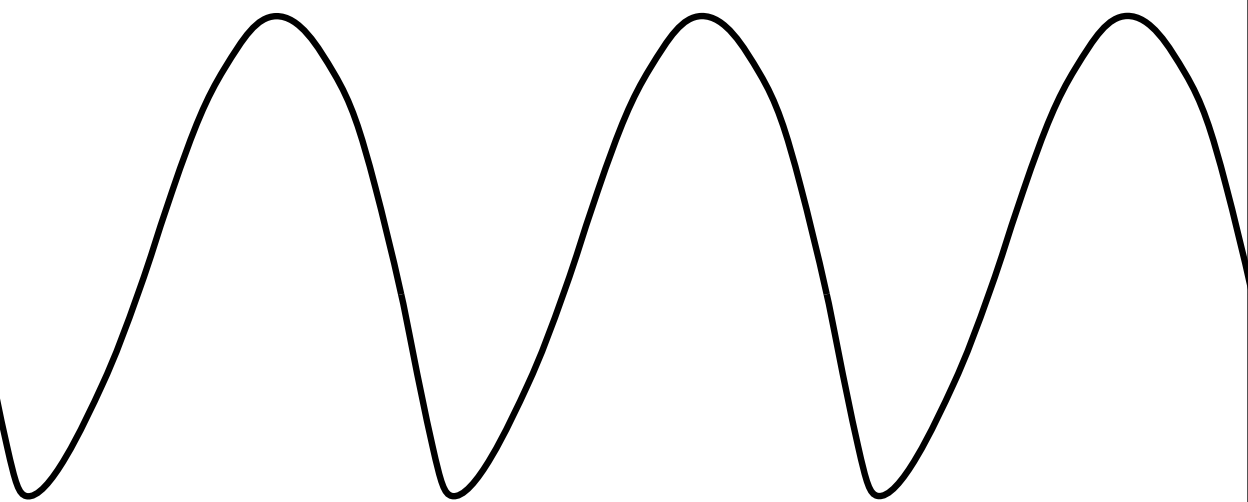
Lichtflimmern ist die messbare zeitliche Lichtmodulation. Sie lässt sich über die Grundfrequenz, die Modulationstiefe und die Helligkeit definieren. Bei gleichbleibender Lichtfarbe gilt dies für Änderungen in der Leuchtdichte, im Lichtstrom und in der Beleuchtungsstärke. Die Grundfrequenz f beschreibt, wie oft sich eine Wellenform pro Sekunde wiederholt. Sie wird in Hertz (Hz) angegeben. Die Modulationstiefe M_D (modulation depth) beschreibt die relative Schwingungsweite der Welle. Sie lässt sich in Prozent ausdrücken (vgl. Schierz 2022: 6).

Hochdruck Gasentladungslampe HQI

M_D : 50,15 %

f : 100 Hz

E_v : 5516 lx



Bei einer konstanten Lichtquelle liegt sie bei 0 %, bei einer PWM gedimmten LED bei 100 % und bei einer Glühlampe bei ca. 4 % - 10 %.

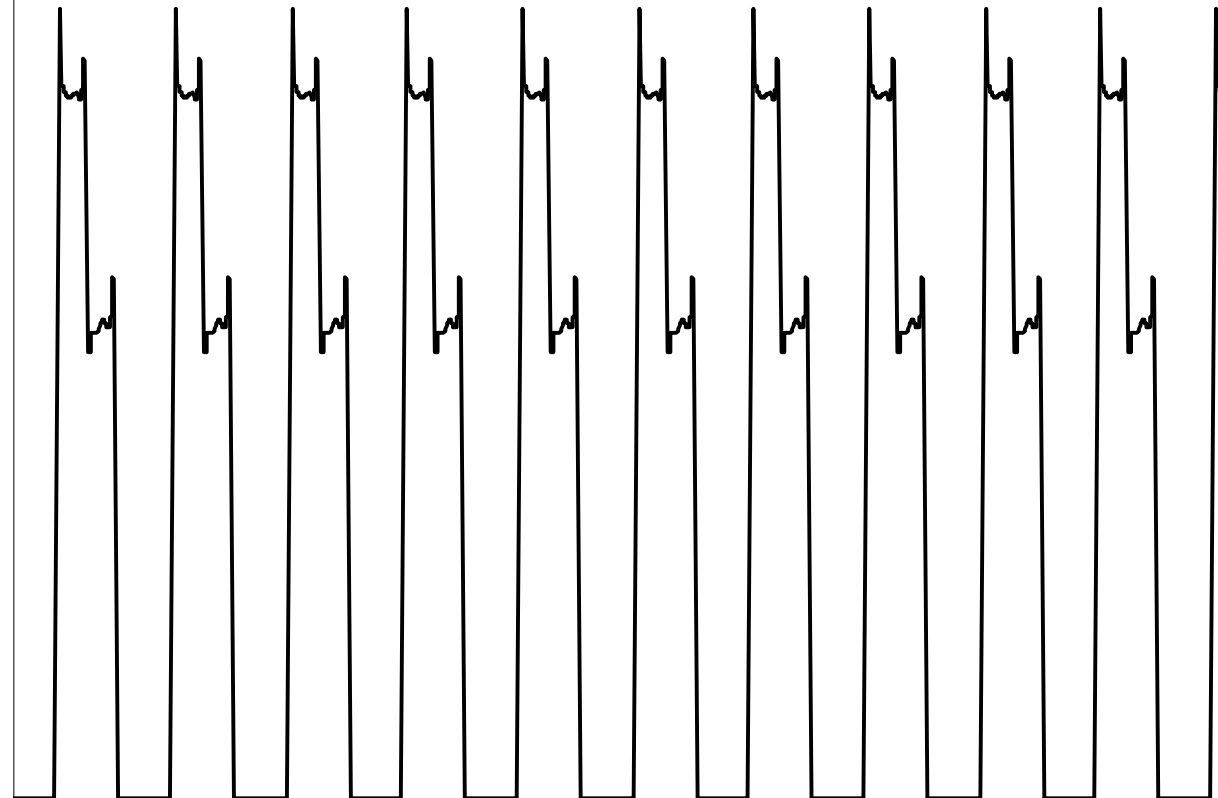
Wenn die zeitlichen Abstände der Lichtimpulse immer kürzer werden, wird die Wahrnehmung des Flimmerns schwieriger. Die Flimmerverschmelzfrequenz beschreibt die Frequenz, ab der das Flimmern als konstantes Licht wahrgenommen wird. Die Flimmerverschmelzfrequenz kann unter den bestmöglichen Testbedingungen genau bestimmt werden. Sie wird Abhängigkeit zur Adaptationsleuchtdichte, der Lichtreizform und der Modulationstiefe bestimmt. Auch die betrachtende Person ist ein Einflussfaktor. Je nach Alter, Gesundheit der Augen oder physiologischem Zustand kann sich die Wahrnehmung von Flimmern von Person zu Person unterscheiden (vgl. Schierz 2022: 18). Auch die Farbe des Lichtimpulses, die Größe der flimmernden Fläche und der Sehwinkel sind Variablen für die Flimmerverschmelzfrequenz (vgl. Schierz 2022: 17).

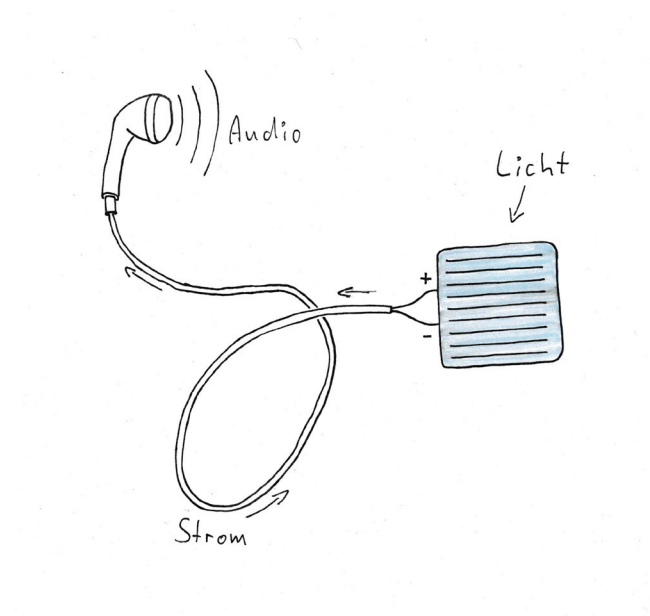
LED PAR

M_D : 99.50 %

f : 413 Hz

E_V : 1565 lx





ENTWURFSPROZESS

Im Rahmen der Bachelor-Studie wählte ich zu den unterschiedlichen Lichterzeugungsarten Temperaturstrahler, Gasentladung und Halbleiter, gängige Scheinwerfertypen aus und untersuchte sie auf ihr Flimmerverhalten. Mit einem sogenannten Flickermeter, ein Messgerät zur Messung von Lichtflimmern, nahm ich Messungen vor und verglich die verschiedenen Ergebnisse. Im weiteren Verlauf meiner Arbeit sind aus diesen unterschiedlichen Ergebnissen Messpakete entstanden, die ich als Flimmerprofile bezeichne.

Beim Betrachten der Graphen fiel mir auf, dass die meisten dieser Wellen, übersetzt in ein Audiosignal, für den Menschen im hörbaren Bereich liegen. Das gängigste Lichtflimmern reicht von sinus-, sägezahn- bis hin zu rechteckförmigen Wellen im Frequenzbereich von 100 bis 22.000 Hz. Die Hörfläche beim Menschen wird im unteren Bereich von etwa 16 Hz bis 21 Hz und durch die höchsten hörbaren Frequenzen mit etwa 16.000 Hz bis 20.000 Hz begrenzt, wobei sich die Hörfläche mit zunehmendem Alter verringert.

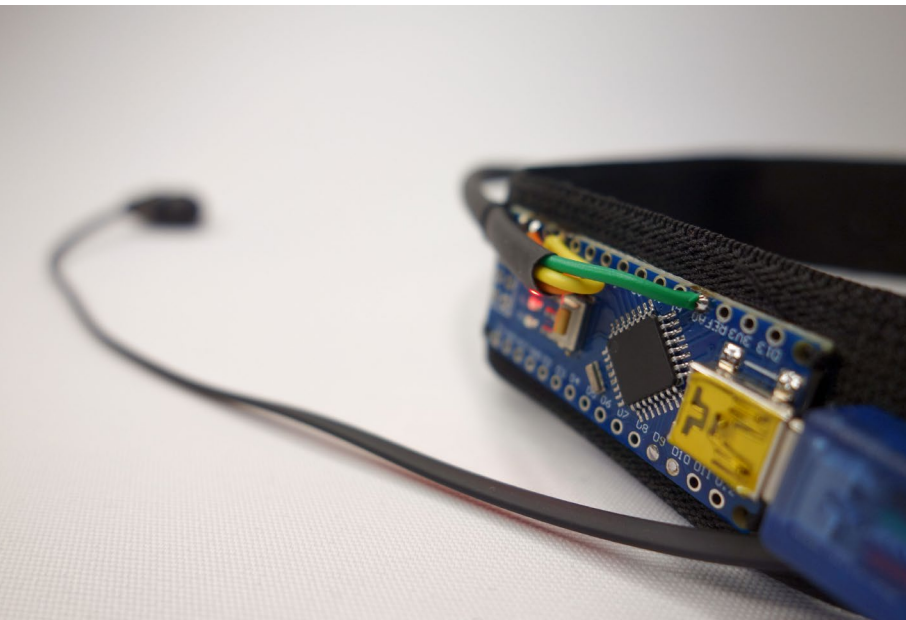
Der anfängliche Plan war, die verschiedenen Wellen mit Solarzellen direkt in Audiosignale mit einer Spannung von 1 V zu übersetzen. Bei der Addition mehrerer Lichtquellen und daraus entstehender Interferenzen bildeten sich, aus den einzelnen Tönen, Klänge mit Oberwellen. Repetitive Lichtwechsel klangen schon fast rhythmisch. Trotzdem war das Ergebnis eher unspektakulär. Im Vergleich zu den *Electrical Walks* von Christina Kubisch, bei denen sie elektromagnetische Felder im öffentlichen Raum mittels Induktion erfasst, verstärkt und hörbar macht und dabei komplexe Soundteppiche erzeugt, ist der Klang vom Lichtflimmern relativ eintönig.



Um die Hörerfahrung spannender zu gestalten, entschied ich mich, die drei wichtigsten Parameter zur Vermessung von Lichtflimmern, die Frequenz, die Modulationstiefe und die Beleuchtungsstärke zu verwenden, um damit digitale Synthesizer zu bedienen.

Jede Leuchte bringt die unterschiedlichsten Flimmerprofile mit sich und die Werte weisen eine hohe Dynamik auf. Frequenzen zwischen 50 Hz und 44.000 Hz, Modulationstiefen von 0 % - 100 % und Beleuchtungsstärken von 2 Lux für Radwegbeleuchtung (vgl. Deutsches Institut für Normung e. V. 2016: 12) bis hin zu weit über tausend Lux in Fernsehstudios (vgl. Greule 2015: 229) sind nicht unüblich. Aus diesen Parametern können in Echtzeit Klangräume generiert werden.





ARDUINO

Um das Lichtflimmern zu vermessen, entwickelte ich ein Flickermeter aus einem Arduino Microcontroller und einem TEMA6000 Umgebungslichtsensor. Der Sensor arbeitet mit einem Silizium-Phototransistor. Mit steigendem Lichtstrom nimmt die Spannung am Sensor Pin zu. Dieser wird über den Analog Pin 0 am Arduino ausgelesen. Jeder Messwert wird in ein Array geschrieben. Aus dem Array kann der Min-, Max- und Mittelwert ausgelesen werden.

Um genaue Extremwerte zu finden, braucht es möglichst viele Messungen. Aufgrund der geringen Größe des mobilen Speichers des Arduinos war die Anzahl der Messungen begrenzt. Eine schrittweise Annäherung zur optimalen Größe der Arrays war hier notwendig.

In einer weiteren Funktion wird die Flimmerfrequenz gemessen. Hierbei wird ein Timer gestartet, sobald eine Messung über dem zuvor ermittelten Mittelwert liegt. Ein Counter setzt eine Markierung, wenn der Wert wieder unter dem Mittelwert liegt. Sobald eine Messung wieder über dem Mittelwert liegt und der Wert des Counters korrekt ist, wird die Zeitmessung gestoppt.

Die Frequenz wird über $f = 1000/x$ ermittelt und im Array abgespeichert. Da dieses Messverfahren besonders bei Oberwellen hohe Ungenauigkeiten aufweist und immer wieder Fehlmessungen mit Extremwerten aufkommen, wird aus dem Array der Medianwert gezogen. Die Messwerte werden über eine serielle Schnittstelle ausgegeben.



Code download

```

1 //////////////////////////////////////////////////
2 //Flickermeter for Max/MSP by Juri Rendler//
3 //////////////////////////////////////////////////
4
5 //import necessary library
6 #include <Statistical.h>
7
8 //init constants
9 const int interval = 100; // interval at which to print results i.e. every second
10 const int numberReadings = 400; // number of readings (300 is maximum of available memory)
11 //init variables
12 uint16_t freq = 0; // current frequency measurement
13 uint16_t value = 0; // current voltage measurement
14 int probeNumber = 0; // probe counter
15 float mean = 0; // mean
16 // init arrays
17 uint16_t readings[numberReadings]; // array to store measurements
18 int readingsIndex = 0; // index for indexing into readings array
19 uint16_t freqMessung[numberReadings]; // array to store frequency measurements (300 is maximum of available memory)
20 int frequencyIndex = 0; // index for indexing into frequency array
21 // "unsigned long" for variables that hold time
22 // The value will quickly become too large for an int to store
23 unsigned long previousMillis = 0;
24 unsigned long freqTime = 0;
25 unsigned long measurementTime = 0;
26
27 // function setup for
28 void setup()
29 {
30   Serial.begin(9600); // setup baudrate, default = 9600
31 }
32
33 // function infinite loop over measurements: reading, storing and calculations
34 void loop()
35 {
36   unsigned long currentMillis = millis(); // get current time
37
38   // three condition to check if the current measurement is above or below the current mean.
39   // the current mean is calculated over 300 measurements. This can be adjusted in line 10
40   // with "numberReadings"
41   value = analogRead(A0); // read sensor 0 i.e. A0 (perform first measurement)
42   if (value >= mean && probeNumber == 0) // at any time when our measurement is greater than the current mean a frequency measurement starts (frequency = 1/T
43   {
44     freqTime = millis(); // start measuring duration of a cycle
45     probeNumber = 1; // set probe counter to 1 i.e. the circle begins
46   }
47
48   value = analogRead(A0); // read sensor 0 i.e. A0 (perform second measurement)
49   if (value <= mean && probeNumber == 1)
50   {
51     probeNumber = 2; // set probe counter to 2 i.e. we are somewhere but surely in the middle of the circle
52   }
53
54   value = analogRead(A0); // read sensor 0 i.e. A0 (perform third measurement)
55   if (value >= mean && probeNumber == 2)
56   {
57     freqTime = millis() - freqTime; // stop measuring, the circle is complete i.e. we have the duration of one circle
58     probeNumber = 0; // reset probe number
59     freq = 1000 / freqTime; // calculate frequency (nominator determined by millis() i.e. measures in milliseconds)
60     freqMessung[frequencyIndex] = freq; // write reading into array
61     frequencyIndex++; //increase index by one
62
63     if (frequencyIndex > sizeof(freqMessung)/2) // if index is larger than arraysize, reset index
64     {
65       frequencyIndex = 0; //reset array index
66     }
67   }
68
69   readings[readingsIndex] = value; // write reading into array
70   readingsIndex++; // increase readingsIndex by one
71   //if readingsIndex is larger than arraysize, reset index
72   if (readingsIndex > sizeof(readings)/2)
73   {
74     readingsIndex = 0; // reset array index
75     if (currentMillis - previousMillis >= interval) // check if measurement interval is reached
76     {
77       previousMillis = currentMillis; // save output time
78       // using statistics library for readings and freqMessung array
79       Array Stats<uint16_t> StatisticsReadings(readings, sizeof(readings) / sizeof(readings[0])); //calculate statistics of readings
80       mean = StatisticsReadings.Average(StatisticsReadings.Arithmetic_Avg); // calculate mean of readings
81       Array Stats<uint16_t> StatisticsFrequency(freqMessung, sizeof(freqMessung) / sizeof(freqMessung[0])); // calculate statistic of frequency
82
83       // OUTPUT TO SERIAL
84       Serial.print(mean);
85       Serial.print(" ");
86       Serial.print(StatisticsReadings.Min());
87       Serial.print(" ");
88       Serial.print(StatisticsReadings.Max());
89       Serial.print(" ");
90       Serial.print(value);
91       Serial.print(" ");
92       Serial.println(StatisticsFrequency.Quartile(2));
93     }
94   }
95 }

```

CODE

input: voltage readings of lightsensor on A0

output: minimum and maximum of measurements (Lmin, Lmax),
mean of light intensity measurements (Lmean),
last measurement (Llast),
median of calculated flicker frequencies (fMd)

function for arduino setup

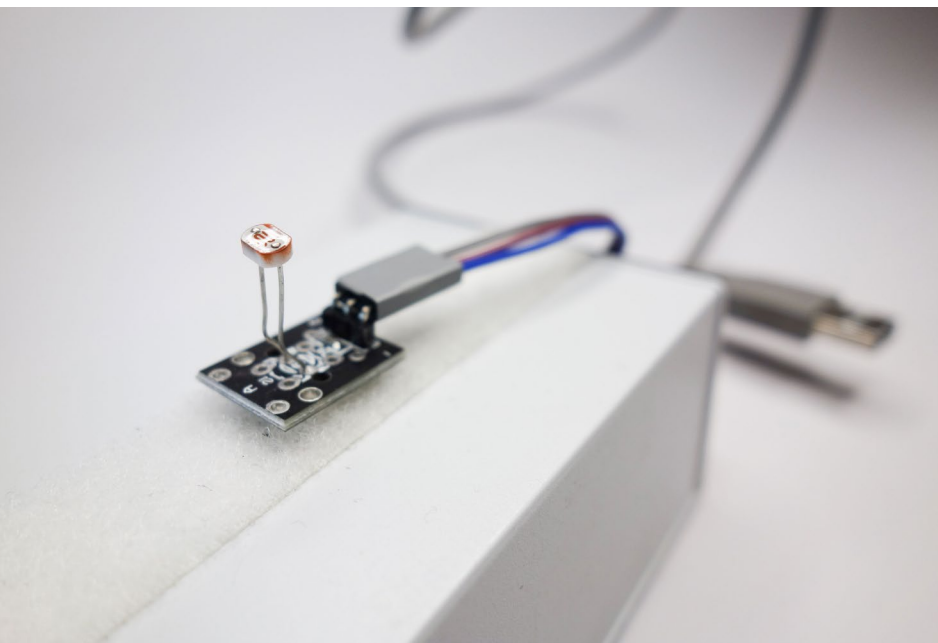
function loop

save 400 measurements
calculate mean, minimum and maximum of 400 measurements

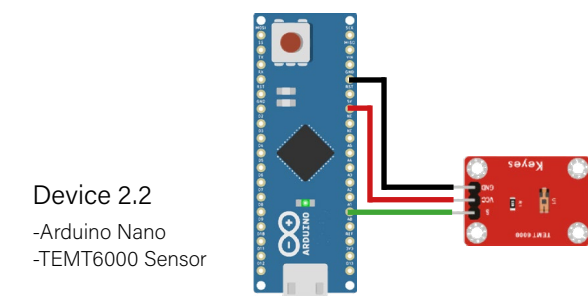
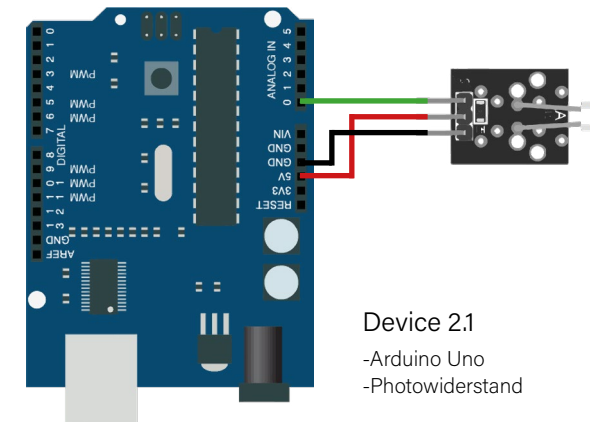
determine location on cycle of measurement series
determine cycle length
calculate frequency with $f=1/T$ where T is the cycle length
save 400 frequency samples
calculate median of 400 frequency samples (fMd)

end loop

Die Ansprüche an den Prototypen des Messgeräts bezogen sich vorwiegend auf Flexibilität, Portabilität und Robustheit. Deshalb verband ich einen Arduino Uno mit einem Photowiderstand und verbaute den Microcontroller in ein Gehäuse. Die Verbindungen des Arduinos zum Lichtsensor wurden über Steckverbindungen gelöst, um flexibler arbeiten zu können.



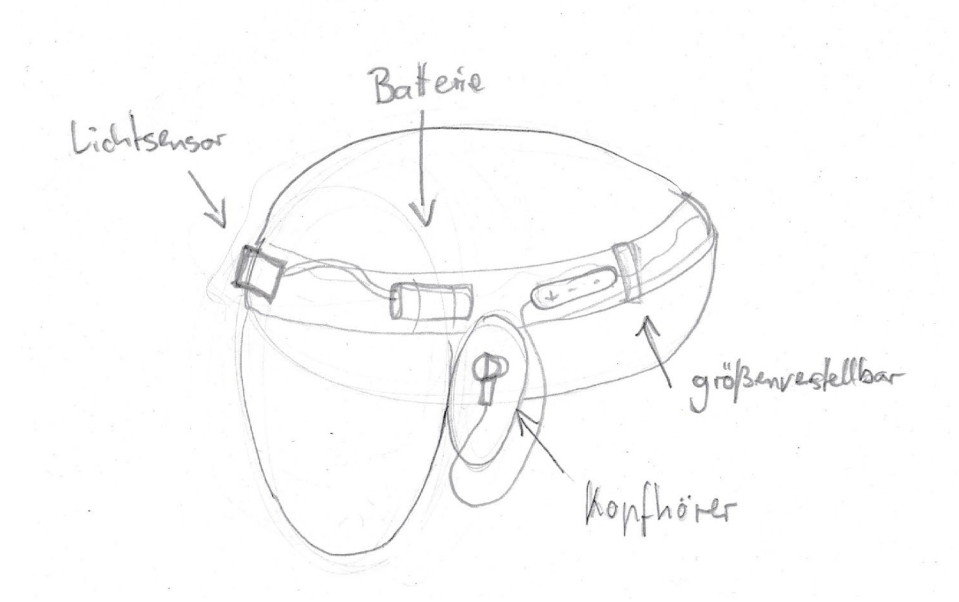
SCHALTPLAN



DESIGN DEVICE

Das endgültige Device ist angelehnt an eine Stirnleuchte. Dabei ist der Sensor mittig an der Stirn montiert. Ohne Diffusor hat der Sensor im Vergleich zum Menschen ein relativ kleines Gesichtsfeld. Ab einem Winkel von 60° nimmt die Intensität um 50 % ab.

Die einzelnen Module werden ohne Verkleidung am elastischen Band fixiert. Dank des offenen Designs bleiben sie für Troubleshooting gut zugänglich. Offene Kontakte sind bei den verwendeten Spannungen von maximal 5 V unbedenklich. Das Device ist modular auf dem Band aufgebaut. Bei Bedarf ist auf dem Band genug Platz, um das Device nach Belieben zu erweitern. Für eine kabellose Verbindung kann beispielsweise für die Stromversorgung ein Akku über ein D1 Mini Batteryshield angeschlossen werden. Auch für Funkübertragung der Messdaten oder weiterer Microcontroller für das Audioprocessing ist genügend Platz.

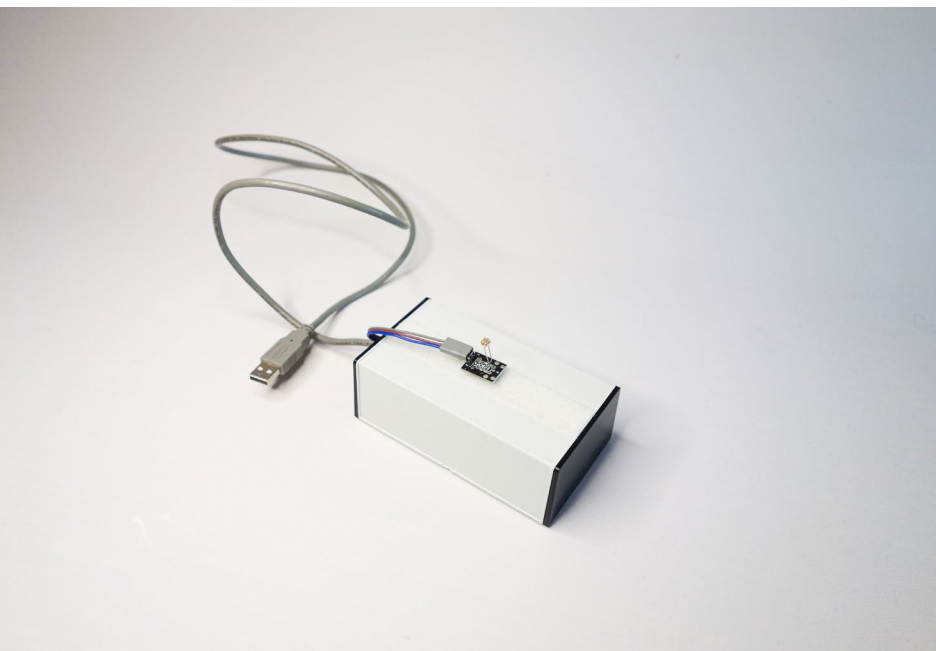




Device 1.1
-Solarzelle
-Kopfhörer



Device 1.2
-vier Solarzellen für ein größeres Sichtfeld
-Kopfhörer



Device 2.1

-Arduino Uno
-Photowiderstand



Device 2.2

-Arduino Nano
-TENT6000 Sensor
-WI-C310 Kopfhörer


```

-----
input:  USB serial from arduino (Lmin, Lmax, Lmean, Llast, fMd)
-----
output: stereo audio signal
-----
function for Max/MSP setup:

    calculate modulation depth with MD=(Lmax-Lmin)/(Lmax+Lmin)*100%
    calculate lux values with lx=measurements*0.9765625

function loop

    melody: MD mapped to key, tonality and the number of available notes

    rhythm: fMd mapped to time between the tones

    character: Lmin, Lmax and Lmean mapped to the wave form

    room: MD mapped to the lowpass filter and the echo

end loop

```

AUDIO-PROCESSING

Für das Audio-Processing entschied ich mich für die Entwicklungsumgebung Max/MSP. Diese bietet dank der objektbasierten Programmiersprache eine intuitiv zu bedienende Schnittstelle, die es ermöglicht, verschiedene Daten zu importieren und in Echtzeit Medien zu bearbeiten. Das Herzstück vom sogenannten Patch bildet ein digitaler 8-Step Sequencer.

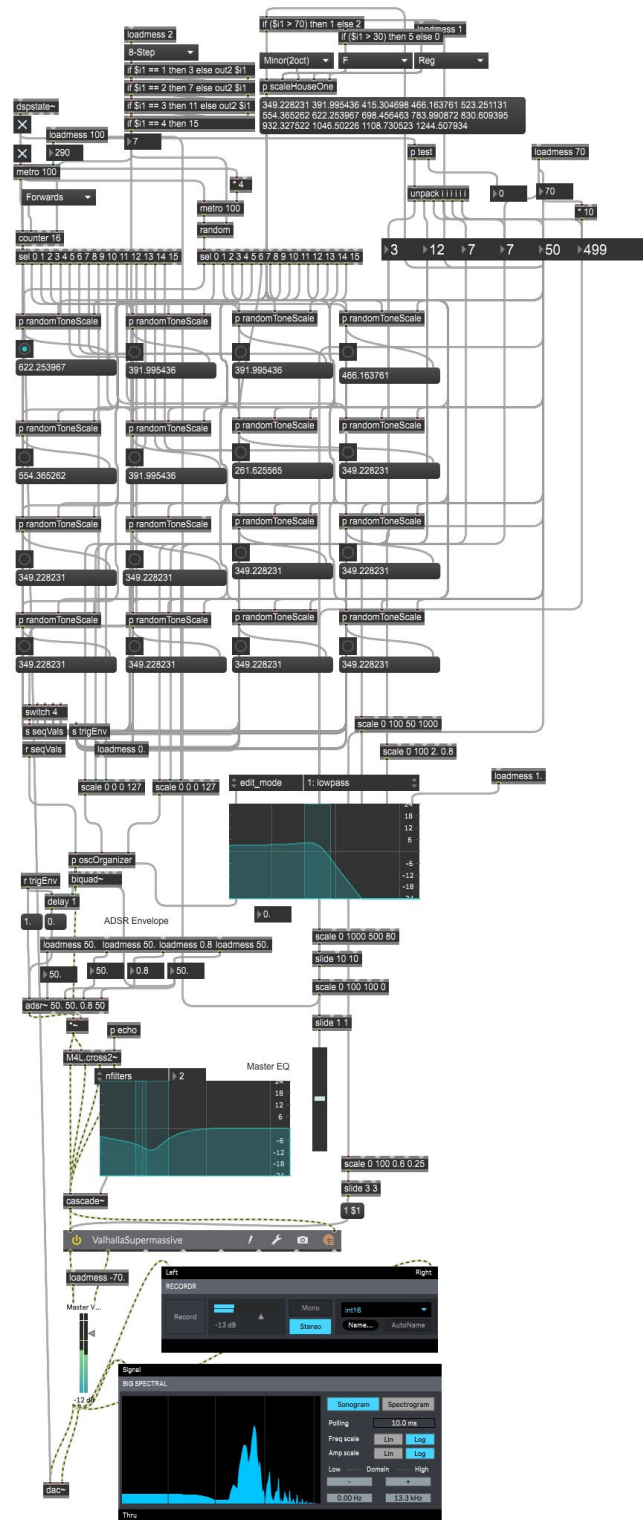
Die Messwerte vom Flickermeter werden über eine serielle Schnittstelle über USB in Max/MSP übertragen. Vorbereitend werden die Messwerte des Sensors mit dem Faktor 0,9765625 multipliziert um die Beleuchtungsstärke in Lux zu ermitteln. Die Modulationstiefe ergibt sich aus der Formel: $M_D = (L_{\max} - L_{\min}) / (L_{\max} + L_{\min}) * 100\%$

Alle 0,1 Sekunden kommen neue Werte über die serielle Schnittstelle. Diese werden zu verwertbaren Größen skaliert und bedienen den Sequencer. Dabei versuchte ich so nah wie möglich am Flimmern zu bleiben. Die Modulationstiefe steuert die Tonart und die Anzahl der möglichen Töne, die durch einen Zufallsgenerator den acht Steps zugeordnet werden. Die Flimmerfrequenz steuert die Dauer zwischen den einzelnen Tönen. Ein Verhältnis aus L_{\min} , L_{\max} und L_{mean} hat Einfluss auf die Wellenform. Die generierte Melodie wird durch ein Delay und einen Lowpass Filter geschickt, der den Klängen einen Raum gibt. Je höher die Modulationstiefe, desto näher ist das Klangerlebnis im auditiven Raum.

Dieser Patch kann nach Belieben modifiziert und erweitert werden und gibt einen Einblick wie mit Flimmerparametern gespielt werden kann.



Patch download



flimmerklänge, Max/MSP Patch, 2023



PERPETON, interaktive Klangskulptur, 1978 (Vogel 2019)

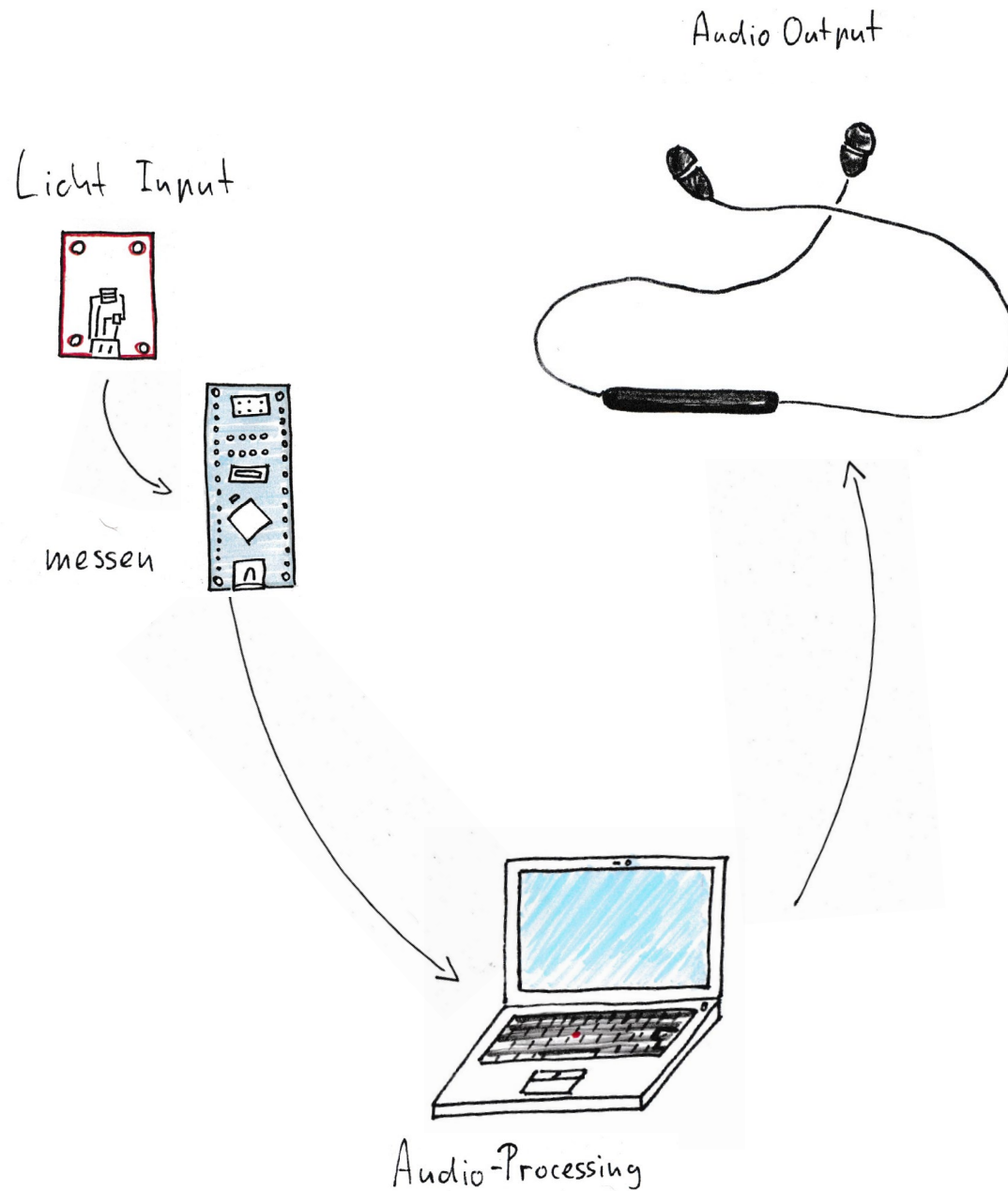


User Interface in Max/MSP

SOUND

Die Entscheidung, den Sound über Kopfhörer laufen zu lassen, kam mit der Überlegung, die Klangerfahrung so exklusiv und individuell steuerbar wie möglich zu machen. Mit Kopfhörer wird der eigentliche Raumklang und die Anwesenheit anderer Personen negiert. Zudem ist die Ortung von Lautsprechern nicht gegeben. Möglich wären In-Ear- oder Over-Ear-Kopfhörer, um Außengeräusche zu dämpfen und eine Räumlichkeit durch das Erkunden der verschiedenen Flimmerprofile zu schaffen. So kann die Person in eine für sie gestaltbare Klangwelt eintauchen und wird nicht von außen beeinflusst. Eine kabellose Verbindung ist wichtig, um den Bewegungsradius nicht einzuschränken. Die Bluetooth-Kopfhörer WI-C310 von Sony sind für die Art der Anwendung gut geeignet, da sie eine ausreichend gute Soundqualität erzeugen und die Reichweite des Signals mit ca. 10 m ausreichend ist.

„Das ästhetische Ereignis ist kein Objekt oder Raum, sondern die Arbeit konstituiert sich vielmehr in der Durchführung, dem Akt, bei dem die Wahrnehmung mit dem Prozess des Sehens und Hörens in einem Raum ringt, der kurz davor ist, zu entgleiten.“ (Salter 2017: 41)



SIGNALVERLAUF

Die Daten vom Arduino über die serielle Schnittstelle via USB in Max/MSP zu übertragen war relativ unkompliziert. Im nächsten Schritt sollten die Daten kabellos übertragen werden. Dafür standen mir HC-05 Bluetooth-Module zur Verfügung. Eine stabile kabellose Verbindung mit dem Computer und Max/MSP war über Bluetooth jedoch nicht möglich. Eine Möglichkeit wäre, zwei Arduinos via Funk oder Bluetooth zu verbinden. Der Microcontroller im Device wäre als Transmitter konfiguriert, während ein weiterer Microcontroller als Receiver konfiguriert, der Daten empfängt und über eine serielle Schnittstelle in Max/MSP sendet.

PRÄSENTATIONSRAHMEN

Damit unterschiedliche Flimmerklänge im Rahmen dieser Bachelorarbeit erfahrbar gemacht und gezeigt werden können, habe ich mich dafür entschieden, exemplarisch drei Orte zu vermessen, die unterschiedliche Flimmersignaturen aufweisen. Der erste Messort war mein Studentenzimmer. Dieser Raum hat sieben Leuchten, die mit unterschiedlichen Leuchtmitteltypen wie Temperaturstrahlern, Gasentladungslampen und LEDs bestückt sind. Dieses breite Spektrum ermöglicht die Messung unterschiedlichster Flimmersignaturen.

Die Zweite Messung erfolgte in einem Arbeitsraum an der Hochschule, der mit einer Deckenleuchte mit Leuchtstofflampe und elektronischem Vorschaltgerät ausgestattet ist. Zusätzlich wird der Raum mit einer LED Schreibtischleuchte ausgeleuchtet. Das Flimmerprofil der Schreibtischleuchte unterscheidet sich dabei mit einer eher niedrigen Frequenz und stark ausgeprägtem Flimmern sehr von der Deckenleuchte, die kaum flimmert und eine deutlich höhere Frequenz aufweist.

Am dritten Messort in der Fußgängerzone wechseln sich Straßenbeleuchtung, Shop-Beleuchtung und Werbetafeln ab. Das Device ist nicht für eine spezielle Art von Raum konzipiert und braucht keinen präparierten Rahmen. Die Flimmer- und Klangerfahrung ist deshalb auf jeden beliebigen Ort und Bewegungsablauf übertragbar.



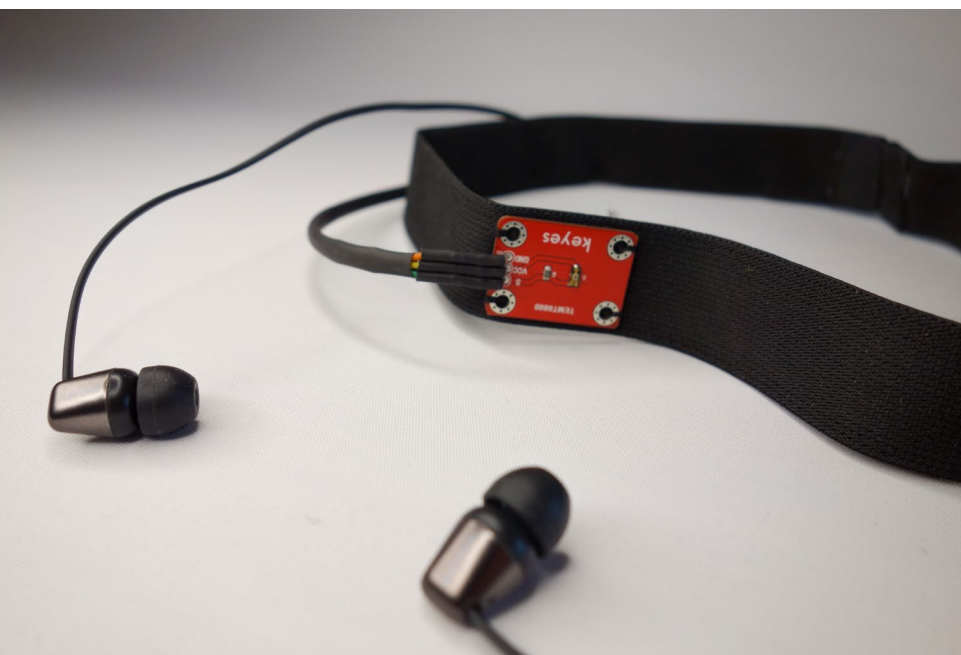


REFLEXION

Es ergaben sich während der Konzeption und der Entwicklung des Messgerätes einige Schwierigkeiten. Diese lassen sich in zwei Bereiche einteilen: Zum einen war es die kreative, konzeptionelle Arbeit und zum anderen die technische Seite bei der Umsetzung des Konzeptes. Der zeitliche Rahmen für diese Arbeiten war durch die Zeitvorgaben der Bachelorarbeit begrenzt. Besonders auf der technischen Seite hätte ich mich viel tiefer in neue Wissensgebiete einarbeiten können. Dies war jedoch in diesem Zeitrahmen nicht möglich. Für komplexere Probleme und die Suche nach effizienten Lösungswegen bedarf es aber einer tieferen Auseinandersetzung.

Es war ein Lernprozess, einige dieser Probleme zu akzeptieren und abzuwägen, welche Probleme eine Fertigstellung negativ beeinflussen. Die Konnektivität über Funk zwischen Arduino und Max/MSP ist eines davon. Es blieb bisher eine kabelgebundene Variante.

Neben den technischen Problemen und konzeptionellen Unsicherheiten, gab es auch große Erfolgserlebnisse. Der Prozess von der Idee bis zum Bau eines funktionierenden Prototypens war dann positiv und bestärkend, wenn ich einzelne Etappen des Projektes erfolgreich umgesetzt hatte.



Hörprobe

AUSBLICK

Die Weiterentwicklungen des Konzeptes und der Technik ist möglich. Die wichtigste technische Optimierung liegt in der Verlagerung des Audio-Processings vom Computer auf das Device. Dadurch ließe sich ein geschlossenes System herstellen. Dieses wäre weniger anfällig und es gäbe keine Limitierung durch eine zu geringe Reichweite der Funkverbindung oder des Kabels. Die Skalierbarkeit des Systems wäre besser. Bei einem geschlossenen System ließen sich mehrere Devices simultan betreiben. Seit dem neusten Max/MSP Update lassen sich RNBO-Patches direkt in C++, VST3, HTML, Javascript oder direkt auf einen Raspberry Pi Microcontroller exportieren.

Neben der technischen Optimierung des Devices ist eine konzeptionelle Erweiterung möglich. Leuchtenhersteller könnten es als Messgerät für ihre Produkte einsetzen. Durch die Klänge des Devices können Kunden ohne technisches Know-How niederschwellig Lichtflimmern bei Leuchten wahrnehmen. Eine Idee ist, das Device auf Lichtmessen als kleines Gadget für Besucher*innen zur Verfügung zu stellen. Als witziges Tool zum Qualitätsvergleich, wird es den Besucher*innen in Erinnerung bleiben und den Leuchtenherstellern zu Werbezwecken dienen.

Vor allem künstlerisch birgt das Device hohes Potenzial. Im Hinblick auf die Arbeiten von Christina Kubisch und Peter Vogel, lassen sich Installationen für immersive Klangerfahrungen und Performances konzipieren. Peter Vogel hat für seine Sound Wall ganze Choreografien entwickelt, in denen Klang und Bewegung nicht mehr voneinander zu trennen sind und erst miteinander entstehen. Die Flimmerklänge sind dieser Art der Performancekunst sehr ähnlich, weil sie ebenso unwiederholbar und individuell gestaltbar sind. Jede Person kann in der Bewegung ein eigenes Flimmerstück komponieren.

LITERATURVERZEICHNIS

MURANYI, CHRISTINE (2019): Biographie, petervogel-heritage, [online] <https://www.petervogel-heritage.de/biographie/> [abgerufen am 02.02.2023].

TITTEL, CLAUDIA (2008): Klang/Zeit/Lichtraum: Klang als plastisches Material im Spannungsfeld von Musik und bildender Kunst, Berlin, Weidler Buchverlag.

SCHIERZ, CHRISTOPH (2022): Störungen und gesundheitliche Beeinträchtigungen durch das Flimmerverhalten künstlicher Lichtquellen, Berlin, LiTG.

DEUTSCHE INSTITUT FÜR NORMUNG E. V. (2016): DIN-EN 13201-2 Straßenbeleuchtung, Teil 2: Güte Merkmale. Berlin, Beuth Verlag GmbH.

GREULE, ROLAND (2015): Licht und Beleuchtung im Medienbereich, München, Carl Hanser Verlag.

SALTER, CHRIS (2017): Immersion, Berlin, Verlag Theater der Zeit.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

S. 6: KUBISCH, CHRISTINA (2022): Electrical Walks, URL https://christinakubisch.de/wp-content/uploads/2022/01/MG_2068-2-1024x682.jpeg [abgerufen am 02.02.2023]

S. 31: VOGEL, PETER (2019): PERPETON, interaktive Klangskulptur, 1978, URL https://www.petervogel-heritage.de/_pvgl/wp-content/uploads/2019/04/Perpeton-7867h_bea2.jpg [abgerufen am 02.02.2023]

EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende Projektarbeit ausschließlich das Ergebnis der eigenen Leistung ist und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet wurden. Weiterhin sind Stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder sinngemäß entnommen sind, durch Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Juri Rendler
Hildesheim, 03.02.2023

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Juri Rendler', with a stylized, flowing script.

