

Wissensmanagement Summer School 2023

Innovative Lärmanzeige mit informativem Design

Clara Storandt - s0569306
Duc Anh Tran - s0569364
Taha Sif Eddin - s0569302

Berlin, den 05.10.2023

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	3
1. Einleitung.....	4
1.1. Problemstellung	4
1.2. Motivation und Zielsetzung	4
2. Theoretische Grundlagen.....	6
2.1. Lautstärke und Lärm.....	6
2.2. Messung von Schallpegeln	6
2.3. Visualisierung von Lautstärken	7
2.4. Lärmbelastung und -schaden.....	9
2.5. Städtische Lärmquellen	9
2.6. Richtwerte der WHO für Lärm in bestimmten Umgebungen	11
2.7. Projekte zum Thema Lärmaufklärung	11
3. Konzept	13
3.1. User Storys.....	13
3.2. Design	14
4. Prototyp	19
4.1. Hardware	19
4.2. Software.....	20
4.3. Durchführung	21
4.4. Probleme.....	22
4.5. Ergebnis.....	23
5. Herausforderungen Summer School.....	25
6. Ausblick.....	26
7. Fazit	27
Literaturverzeichnis	28
Abbildungsverzeichnis	30

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Richtwerte der WHO für Lärm (WHO, 2018, S. xvi-xviii)	11
---	----

1. Einleitung

In unserer modernen Gesellschaft spielen viele technologische Instrumente, wie Temperaturanzeigen und Lichtsignale, eine unverzichtbare Rolle. Im alltäglichen Leben werden Instrumente wie diese verwendet, um Menschen vor extremen Wetterbedingungen zu schützen und die Verkehrssicherheit zu gewährleisten. Doch in einer Gesellschaft lebend, welche von ständigem Lärm umgeben ist, fehlt es immer noch an effektiven Instrumenten, die zu dieser Thematik aufklären.

1.1. Problemstellung

Temperaturanzeigen werden verwendet, um extreme Hitze oder Kälte zu erkennen und entsprechenden Schutzmaßnahmen zu treffen. Analog erleichtern Lichtsignale allen Verkehrsteilnehmenden die Navigation im städtischen Verkehr und tragen zur Sicherheit der Allgemeinheit bei.

Allerdings stellt das Thema der Lärmbelastung eine Herausforderung in der heutigen Gesellschaft. Zum einen führt übermäßige Lärmbelastung zu Hörschäden, die Betroffene in anhaltenden, gesundheitsschädlichen Stress versetzen können. Zum anderen fehlt es im alltäglichen Leben an zugänglichen und verständlichen Lärmanzeigen, die laute Lärmquellen identifizieren und über die Risiken der Lärmbelastung aufklären.

1.2. Motivation und Zielsetzung

Das Ziel dieser Dokumentation ist es, im Rahmen der Summer School 2023, eine innovative und zugängliche Lärmanzeige mit informativem Design zu konzipieren und einen funktionsfähigen Prototyp zu präsentieren.

Die Anzeige soll mit Hilfe von Dezibel-Messungen die Lautstärke anhand selbsterklärender Grafiken visualisieren. Der Fokus liegt daran, zwei Varianten dieser Anzeige zu erstellen. Eine kompakte Version, die lediglich die Grafiken darstellt und eine erweiterte Version, die zusätzlich die Messwerte anzeigt, die Lärmquelle identifiziert und darüber informiert, ob dieser Lärm schädlich sein könnte.

Es ist wichtig anzumerken, dass die spezifische Messeinheit und die Klassifizierung der Lärmquellen nicht Bestandteil dieser Dokumentation sind. Stattdessen steht das Design der innovativen Darstellung von Lärm im Mittelpunkt. Daher werden für den Prototypen Beispielgrafiken verwendet, um die Wirksamkeit des Konzepts zu demonstrieren.

Dieses Konzept zielt darauf ab, einen Betrag zur Verbesserung der Lärmbewusstheit im öffentlichen Raum zu leiten und ein nützliches Instrument zu erschaffen, welches Menschen über Lärmbelastung und -risiken aufklärt und womit schützt.

2. Theoretische Grundlagen

Bevor das Konzept dargestellt wird, ist es von entscheidender Bedeutung, die theoretischen Grundlagen im Zusammenhang mit Lautstärke und Lärm zu erläutern. Die theoretischen Grundlagen umfassen die Definition von Lautstärke und Lärm, die Methoden zur Messung von Schallpegeln sowie die Visualisierung von Lautstärke.

2.1. Lautstärke und Lärm

Laute und Geräusche sind Luftdruckschwingungen, die das Trommelfell treffen und dadurch an das Gehirn weitergeleitet werden, von welchem sie in Informationen umgewandelt werden können (vgl. Schneider, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

Diese Laute und deren Intensität werden durch das Maß Lautstärke präsentiert und durch die Messeinheit Dezibel (dB) gemessen (vgl. Ronner, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

Wenn diese Laute einen unerwünschten Grad an Lautstärke erreichen, werden sie zu Lärm. Die Wahrnehmung dieses Lärms ist besonders subjektiv und unterscheidet sich von einem Individuum zu anderem. (Vgl. bmu, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

Dennoch kann Lärm als „alle Schallereignisse bezeichnet [werden], die das Wohlbefinden des Menschen beeinträchtigen.“ (vgl. bmu, zuletzt geprüft am 24/09/2023). Außerdem verursachen starke oder dauerhafte Lärmbelastung gesundheitlich physische und psychische Schäden (vgl. bmu, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

2.2. Messung von Schallpegeln

Lautstärke repräsentiert also eine subjektive Wahrnehmung von Lauten, weswegen das objektive Maß „Schall“ benutzt wird, um die Laute in der Messeinheit Dezibel zu messen. Denn Schall breitet sich in der Luft als Druckwelle aus. (vgl. Auersignal, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

Um die Stärke des Schallpegels zu messen, werden Geräte wie der Schallpegelmessgerät benutzt. Dieses Messgerät besteht aus einem Mikrophon mit Vorverstärker zur Messung, einer Auswerteinheit und einer analogen bzw. digitalen Anzeige. (Vgl. Auersignal, zuletzt geprüft am 24/09/2023)

Die Messung von Schallpegeln mit Schallpegelmessern ist eine anspruchsvolle Aufgabe, die komplexe Berechnungen erfordert. So scheinen die Werte des Schallpegels auf den ersten Blick linear, jedoch

stimmt das nicht, denn die Dezibel-Skala folgt einem logarithmischen Verlauf. (Vgl. Schneider, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

Ein gutes Beispiel hierfür ist, dass eine Kreissäge mit 120 dB nicht nur doppelt so laut wie ein normales Gespräch mit 60 dB ist, sondern um den Faktor 1000 lauter (vgl. Schneider, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

Die Schallpegelmesser sind oftmals mit integrierten Filtern ausgestattet, die als Frequenzbewertung bezeichnet werden. Bei der A-Bewertung liegt der Fokus auf den Frequenzen, die vom Menschen wahrgenommen werden, insbesondere im Bereich des menschlichen Sprechens. Diese Frequenzen liegen im Bereich 1 kHz bis 5 kHz. Bei den Messwerten wird der A-Filter durch ein eingeklammertes „A“ wie zum Beispiel „65 dB (A)“ ergänzt. (Vgl. Ronner, zuletzt geprüft am 24/09/2023; Dipl.-Phys. Haaß, 2020; vgl. Akustikform, 2021).

2.3. Visualisierung von Lautstärken

Es gibt verschiedene Möglichkeit, Lautstärken zu visualisieren. Im Folgenden werden die zwei bekanntesten Methoden vorgestellt.

Visualisierung durch Skalen

Die meistverwendete Methode, um Lautstärke zu visualisieren ist eine Beispiel Dezibel-Tabelle. So werden für jedes Dezibel-Intervall verständliche Beispiele erwähnt, um die Lautstärke darzustellen. (Vgl. Ronner, zuletzt geprüft am 24/09/2023). Die nächste Abbildung entspricht ein Beispiel dieser Dezibel-Tabellen.

	>180	
Schwere Kriegswaffen	170	
	160	Gewehr
Pistole, Feuerwerk	150	
	140	Hammerschlag
Flugzeugstart	130	
	120	Schmerzschwelle
Kettensäge	110	
	100	Presslufthammer, Disko
Bohrmaschine	90	
	80	Gefahrenschwelle
Rasenmäher	70	
	60	Grossraumbüro, Kantine
Fernseher	50	
	40	Sprechen, Vogelgezwitscher
Flüstern	30	
	20	Ticken einer Uhr
Umblättern einer Buchseite	10	
Fallen einer Feder	0	Steckmücke

Abbildung 1 Beispiel: Dezibel-Tabelle (Ronner, zuletzt geprüft am 24/09/2023)

Visualisierung durch Karten

Eine weitere Möglichkeit, Lautstärken zu visualisieren, konzentriert sich auf die Visualisierung von Lärmbelastung durch Lärmkarten. Mithilfe von Lärmindizes kann die gegenwärtige Lärmbelastung eines spezifischen Gebiets dargestellt werden. Die Lärmkarten geben außerdem Informationen darüber, wie viele Personen, Wohnungen, Schulen, Krankenhäuser oder Flächen in einem Gebiet bestimmten Werten der Lärmindizes ausgesetzt sind. (Vgl. LAI, 2022, S. 4).



Abbildung 2 Beispiel Lärmkarte (Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt, zuletzt geprüft am 24/09/2023)

Darüber hinaus erfolgt die Ermittlung der Lärmbelastung gemäß § 5 Absatz 1 der 34. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) ausschließlich mittels rechnerischer Berechnungen. Um sicherzustellen, dass die Ergebnisse dieser Berechnungen vergleichbar sind, werden der Tag-Abend-Nacht-Lärmindex (L_{DEN}) und der Nachtlärmindex (L_{Night}), angewendet, welche EU-weit standardisierte Berechnungsmethoden und Kenngrößen sind. (Vgl. LAI, 2022, S. 4).

Die L_{DEN} bewertet die allgemeine Lärmbelastung über 24 Stunden, wobei die L_{Night} zur Bewertung von Schlafstörungen verwendet wird (vgl. Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

Lärmindex LDEN	
	50 - 54 dB(A)
	55 - 59 dB(A)
	60 - 64 dB(A)
	65 - 69 dB(A)
	70 - 74 dB(A)
	ab 75 dB(A)

Abbildung 3 Beispiel Lärmindex LDEN (Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt, zuletzt geprüft am 24/09/2023)

Lärmindex LNight	
	45 - 49 dB(A)
	50 - 54 dB(A)
	55 - 59 dB(A)
	60 - 64 dB(A)
	65 - 69 dB(A)
	ab 70 dB(A)

Abbildung 4 Beispiel Lärmindex LNight (Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt, zuletzt geprüft am 24/09/2023)

2.4. Lärmbelastung und -schaden

Da das Empfinden von Lautstärken subjektiv ist und somit dies sich auch auf die Auswirkungen von Lärm bezieht, können die dieselben Situationen und Stimmungen von verschiedenen Personen anders wahrgenommen werden. (Vgl. Bayerisches Landesamt für Umwelt, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

Allerdings können sowohl psychologische als auch physischer Auswirkungen in bestimmten Schallpegeln auftreten. Ab einem Schallpegel von 40 dB können Lern- und Konzentrationsstörungen auftreten und Lautstärke ab 60 dB kann schon Hörschaden nach längerer Einwirkung hinterlassen. Herz-Kreislauf-Erkrankungen bei längerer Einwirkung steigen ab 65 dB um 20% und ab 85 dB besteht die Gefahr von Beschädigungen des Gehörs, insbesondere an lauten Arbeitsplätzen. Äußerst besorgniserregend ist eine Lautstärke von 120 dB und darüber, weil hier schon nach kurzer Einwirkung Hörschäden auftreten können. (Vgl. Schneider, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

Darüber hinaus verursacht Lärmbelastung ökonomische und soziale Auswirkungen, die die Lebensqualität erheblich beeinträchtigen (vgl. Bayerisches Landesamt für Umwelt, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

Um dies entgegenzuwirken, müssen die Lärmquellen identifiziert werden, um sie dann zu mindern.

2.5. Städtische Lärmquellen

Insbesondere in Städten leiden viele Menschen unter erheblicher Lärmbelastung. Die Quellen dieses Lärms lassen sich in 3 Kategorien unterteilen (vgl. Stadt Leipzig, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

- Verschiedener Verkehrslärm
- Freizeit- und Nachbarschaftslärm
- Gewerbe- und Arbeitsplatzlärm

Verschiedener Verkehrslärm

In der Stadt besteht der Verkehrslärm aus Stadt- und Straßenbahnverkehrslärm, Schienenverkehrslärm und Flugverkehrslärm (vgl. Stadt Leipzig, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

Beim Stadt- und Straßenbahnverkehrslärm stellen Rad-Schiene-System, die Triebfahrzeuge und der Zustand der Gleise die Hauptquellen des Lärms dar. Wichtig zu erwähnen, dass dieser Lärm besonders störend wird, wenn veraltete Straßenbahntypen verwendet werden. (Vgl. Stadt Leipzig, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

Lärmquellen im Schienenverkehr sind auch das Rad-Schiene-System sowie die Bremsen, die Kupplungen und die Triebfahrzeuge. Im Flugverkehr bilden die Zunahme ziviler Flugbewegungen und nächtliche Flüge die Hauptquellen des Lärmes ab. (Vgl. Stadt Leipzig, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

Freizeit- und Nachbarschaftslärm

In der heutigen Gesellschaft sind Sport und Freizeitaktivitäten weit verbreitet, allerdings bringen sie auch unvermeidbaren Lärmemissionen mit, die durch z.B. das private Feiern, Fußballstadien, Kartbahnen und Erlebnisbädern verursacht werden. Was die Situation verschärft, ist die Tatsache, dass solche Ereignisse oft zu Zeiten geschehen, in denen das Bedürfnis nach Ruhe und Entspannung am größten ist, wie abends oder an Sonn- und Feiertagen. (Vgl. Stadt Leipzig, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

Gewerbe- und Arbeitsplatzlärm

Mit Gewerbe- und Arbeitsplatzlärm sind alle störende Geräusche gemeint, die durch gewerbliche und industrielle Aktivitäten verursacht werden. Die Regulierungen und Standards im gewerblichen und industriellen Bereich stammen aus dem Arbeitsschutz und der Arbeitsmedizin, da Lärmschwerhörigkeit eine häufige Berufskrankheit in den Anfängen des industriellen Zeitalters war. (Vgl. Stadt Leipzig, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

Die Bekämpfung der Lärmkrankheiten führte zur Entstehung von technischen Regulierungen und Standards. Dies hatte den Vorteil, den Lärm am Arbeitsplatz zu minimieren und den Immissionsschutz zu beeinflussen. Jedoch bleibt es für die Bauleitplanung eine große Herausforderung, Lärmschutzmaßnahmen für verschiedene Anlagen zu gestalten. (Vgl. Stadt Leipzig, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

Abschließend lässt sich anmerken, wie in der folgenden Abbildung dargestellt, dass in Deutschland der Straßenlärm die größte Lärmquelle, gefolgt von Nachbarschaftslärm, ist.

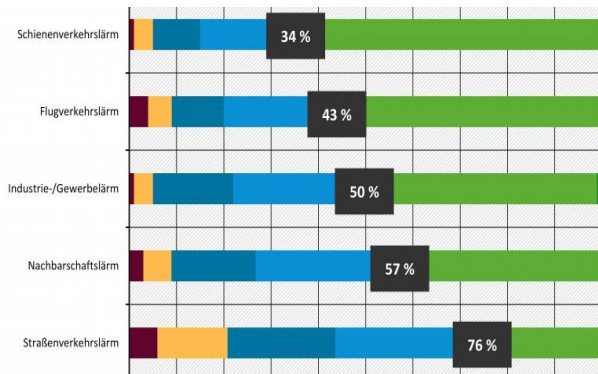


Abbildung 5 Lärmbelastung in Deutschland in Prozent (Umweltbundesamt, 2022)

2.6. Richtwerte der WHO für Lärm in bestimmten Umgebungen

Die WHO hat auf Anfrage der Mitgliedstaaten der Europäischen Union Leitlinien entwickelt, die auf dem wachsenden Verständnis der Gesundheitsauswirkungen von Lärmbelastung basieren. Diese Leitlinien sollen robuste Richtwerte für Lärm in verschiedenen Umgebungen festlegen, um Gemeinschaften vor den negativen Auswirkungen von Lärm zu schützen. (Vgl. WHO, 2018, S. xiii).

Die Richtwerte legen für fünf verschiedene Lärmquellen Pegelgrenzen fest und geben dementsprechend eine passende Empfehlung. Die Lärmquellen, die untersucht wurden, sowie die Richtwerte sind in der folgenden Tabelle abgebildet. (Vgl. WHO, 2018, S. xvi-xviii).

Lärmquelle	Lärmpegel in dB (tagsüber)	Lärmpegel in dB (nachts)	Empfehlung
Straßenverkehrslärm	53	45	dringend
Eisenbahnlärm	54	44	dringend
Fluglärm	45	40	dringend
Windkraftanlagenlärm	45	-	bedingt
Freizeitlärm	70	70	bedingt

Tabelle 1 Richtwerte der WHO für Lärm (WHO, 2018, S. xvi-xviii)

Das Einhalten dieser Richtwerte ist bedeutend, weil die Lärmbelastung sowohl das Hörvermögen beeinträchtigt, sondern auch erhebliche Auswirkungen auf die körperliche und psychische Gesundheit haben kann (vgl. WHO, 2018, S. xiii).

2.7. Projekte zum Thema Lärmaufklärung

Obwohl es zahlreiche wissenschaftlichen Veröffentlichungen zum Thema Lärmbelastung und deren Auswirkungen gibt, existieren nur wenige Projekte zur Lärmaufklärung, die sich auf den öffentlichen Raum konzentrieren.

Stattdessen bietet die Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung Bücher als Sachinformationen und Vorschläge zur Behandlung der Themen Lärm und Ruhe, die sich an Schulklassen 5 bis 10 richten (vgl. Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt, zuletzt geprüft am 24/09/2023).

3. Konzept

In einer immer lauter werdenden Welt wird der Schutz vor Lärm zu einer zunehmend wichtigen Anforderung für die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen. Verschiedene Maßnahmen des Lärmschutzes, wie die Errichtung von Schallschutzwänden, schalldämmende Baustoffe und leisere Verkehrsmittel, sind unerlässlich geworden, um die schädlichen Auswirkungen des Lärms zu mindern. Darüber hinaus ist auch der persönliche Gehörschutz, beispielsweise in Form von speziellen Kopfhörern, in Situationen, in denen Lärm unvermeidbar ist, von großer Bedeutung, um gesundheitliche Beeinträchtigungen zu verhindern. Beispiele hierfür sind die Einweisung von Flugzeugen auf Flugplätzen oder Arbeiten mit lauten Maschinen wie Pressluftschlämmern.

Dieses Kapitel widmet sich der Vorstellung eines innovativen Konzepts zur Lärmvisualisierung im öffentlichen Raum. Dieses Konzept wurde entwickelt, um Menschen dabei zu unterstützen, Lärmquellen in ihrer Umgebung besser zu verstehen und mögliche Schutzmaßnahmen selbstständig zu ergreifen. Dabei werden nicht nur die zugrunde liegenden User Stories dargestellt, die die Entwicklung des Konzepts inspiriert haben, sondern auch die detaillierten Designs sowohl für die kompakte als auch für die große Variante vorgestellt. Dieses Kapitel gewährt einen Einblick in die zukunftsweisenden Ansätze, die hinter unserer Lärmvisualisierungslösung stehen, und wie sie zur Verbesserung der Lebensqualität in lauten urbanen Umgebungen beitragen können.

3.1. User Storys

Die Entwicklung eines Konzepts zur Lärmvisualisierung im öffentlichen Raum ist ein wichtiger Schritt in Richtung einer lebenswerteren und gesünderen städtischen Umwelt. Doch um ein solches Konzept effektiv und bedarfsorientiert zu gestalten, ist es von entscheidender Bedeutung, die Nutzerperspektive von Anfang an einzubeziehen. User Stories stellen dabei ein unverzichtbares Werkzeug dar. Anhand von konkreten User Stories werden Bedürfnisse und Erwartungen einiger Nutzergruppen verdeutlicht, um so die Grundlage für eine bedarfsorientierte Konzeption zu schaffen.

User Story 1: Gehörgesundheit im Fokus

„Als Person, die sich um meine Gehörgesundheit kümmert, möchte ich schnell und einfach erkennen, wie laut es in meiner Umgebung ist, damit ich weiß, ob ich den Bereich verlassen sollte.“

Die erste User Story legt den Schwerpunkt auf die individuelle Gehörgesundheit. Personen, die besorgt um ihre Ohren sind, benötigen eine Möglichkeit, die Lautstärke in ihrer Umgebung zu überwachen. Diese User Story betont die Notwendigkeit einer einfachen und sofortigen Lärmvisualisierung, um Menschen in die Lage zu versetzen, schnelle Entscheidungen zum Schutz ihres Gehörs zu treffen.

User Story 2: Elterliche Bedürfnisse

„Als Mutter mit einem schlafenden Kind möchte ich wissen, wo der nächste ruhige Platz in der Nähe ist.“

Eltern, die auf das Wohlbefinden ihrer Kinder achten, benötigen eine Möglichkeit, Ruheplätze in der Nähe zu identifizieren, um sicherzustellen, dass ihre Kinder ungestört schlafen können. Diese User Story betont die Bedeutung der Echtzeit-Lärmvisualisierung und -ortung.

User Story 3: Hyperakusis-Betroffene

„Als Person mit Hyperakusis möchte ich erkennen, in welchem Bereich die Lautstärke ist, damit ich weiß, ob meine Reaktion verständlich ist.“

Hyperakusis ist eine Störung, bei der Betroffene überempfindlich auf Geräusche reagieren. Diese User Story hebt die Notwendigkeit einer differenzierten Lärmvisualisierung hervor. Die Möglichkeit, die Lautstärke in verschiedenen Bereichen oder Umgebungen zu identifizieren, kann Hyperakusis-Betroffenen dabei helfen, angemessene Reaktionen zu entwickeln und sich besser zu schützen.

User Story 4: Aufklärung und Prävention

„Als normaler Bürger möchte ich mehr Aufklärung zum Thema Lautstärke erhalten, damit wir uns aktiv schützen können.“

Die vierte User Story legt den Fokus auf die Bildung und Prävention. Die Gesellschaft kann von einer umfassenden Aufklärung über die Auswirkungen von Lärm und Schutzmaßnahmen profitieren. Eine umfassende Lärmvisualisierung kann dazu beitragen, das Bewusstsein für Lärmprobleme zu schärfen und die Bürger zu ermutigen, aktive Schritte zum Schutz ihrer Gehörgesundheit zu unternehmen.

User Story 5: Datengestützte Verbesserungen im öffentlichen Raum

„Als Mitarbeiter im öffentlichen Dienst, kann ich durch die gesammelten Daten der Anzeigen erkennen, wo wir etwas im öffentlichen Raum ändern müssen.“

Diese User Story betont die Bedeutung von datengestützten Entscheidungen im öffentlichen Dienst. Durch die Analyse der von der Lärmvisualisierung erfassten Daten können Mitarbeiter im öffentlichen Dienst Trends und Muster in Bezug auf Lärmbelastung und -quellen erkennen. Dies ermöglicht es, gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der Lärmsituation in der Stadt zu planen und umzusetzen. Eine effektive Kommunikation zwischen Bürgern und dem öffentlichen Dienst wird somit gefördert, was letztendlich zu einer leiseren und angenehmeren städtischen Umwelt führen kann.

3.2. Design

Das Design der Lärmanzeige, in seinen verschiedenen Ausführungen - Design 1, 2 und 3 für die kompakte Variante sowie Design 4 für die großflächige Darstellung - verkörpert die Schnittstelle

zwischen technologischer Möglichkeit und visueller Kommunikation. Diese Designs zeichnen sich nicht nur durch ihre Form als menschliches Ohr aus, sondern insbesondere durch ihre intuitive Verwendung von Farbabschnitten zur Visualisierung der Lautstärke. Während die kompakte Variante ihre Stärke in der Vielseitigkeit und unaufdringlichen Platzierung an unterschiedlichen Orten entfaltet, bietet Design 4 eine detailliertere Form und ist für die Anzeige auf größeren Leinwänden konzipiert. Dabei steht nicht nur die ästhetische Gestaltung im Fokus, sondern auch die Vermittlung von nützlichen Informationen zur Aufklärung der Öffentlichkeit. In den folgenden Abschnitten werden diese Designs im Detail betrachtet und die erstellten Darstellungen präsentiert.

Die Festlegung der Farbabschnitte in den Designs 1 bis 3 erfolgt in strikter Übereinstimmung mit den geltenden Gehörschutzrichtlinien, die in einer Infografik zum Gehörschutz detailliert festgelegt sind. Dies gewährleistet nicht nur die visuelle Ästhetik, sondern vor allem die Sicherheit und Gesundheit der Benutzer. Gemäß diesen Richtlinien werden die Farben und Übergänge wie folgt dargestellt:

Bis zu einer Lautstärke von 75 Dezibel wird Grün angezeigt, um anzuzeigen, dass die Lautstärke im sicheren Bereich liegt und keine Gehörschäden auftreten. Bei Lautstärken zwischen 75 und 85 Dezibel erscheint Orange, was auf eine moderate Lärmbelastung hinweist. Lautstärken von 85 bis 110 Dezibel werden in Rot visualisiert, was auf eine potenziell schädliche Lautstärke hinweist. Ab einem Lautstärkewert von 110 Dezibel erfolgt ein Blink-Effekt, der die Gefahr einer akustischen Überlastung und Gehörschäden signalisiert.

Dieses konsistente Farbschema und die Übergänge in den Designs 1 bis 3 stellen sicher, dass die Lärmanzeige nicht nur ästhetisch ansprechend, sondern auch funktional und sicher ist, um die Lautstärke in der Umgebung effektiv zu visualisieren und Benutzer vor potenziellen Gehörschäden zu schützen.

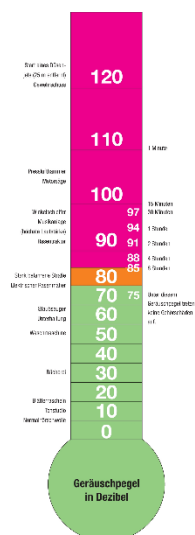


Abbildung 6 Dezibel-Skala (SETON Produkt Experte, 2014)

3.2.1. Design 1 und 2

Das Design 1 der Lärmanzeige zeichnet sich durch ein transparentes Ohr aus, das anfänglich keine Füllung aufweist. Sobald ein Messwert zur Lautstärke erfasst wird, wird dieser in eine farbliche Füllung umgewandelt, deren Farbe sich je nach der gemessenen Lautstärke schrittweise ändert. Dieser Farbverlauf beginnt mit einem beruhigenden Grün und wandelt sich mit zunehmender Lautstärke erst in ein intensiveres Orange und schließlich in ein auffälliges Rot. Dieses subtile Farbspiel ermöglicht es den Betrachtern, die Lautstärke auf einen Blick zu erfassen und zu verstehen.

Ein zusätzlicher Blink-Effekt wird aktiviert, wenn die Lautstärke ein vordefiniertes, als zu hoch eingestuftes Niveau erreicht. Dieser Blink-Effekt, der in Verbindung mit der vollen Füllung des Ohrs auftritt, sorgt dafür, dass die Aufmerksamkeit der Menschen unmittelbar auf die Lautstärkeproblematik gelenkt wird. Dieses Design konzentriert sich auf die schrittweise und harmonische Darstellung des Lautstärkeanstiegs und ermöglicht es den Nutzern, rechtzeitig auf Veränderungen in ihrer akustischen Umgebung zu reagieren.

Das Design 2 der Lärmanzeige verfolgt einen ähnlichen Ansatz wie Design 1, wobei der Farbverlauf jedoch mit markanten Kanten gestaltet ist. Dieser bewusste Gestaltungsansatz ermöglicht eine noch deutlichere Erkennung der Lautstärkestufen, insbesondere bei der Umsetzung auf den Prototypen. Die Farbübergänge von Grün zu Orange und von Orange zu Rot sind klar abgegrenzt, wodurch die visuelle Erfassung der Lautstärke noch präziser wird.

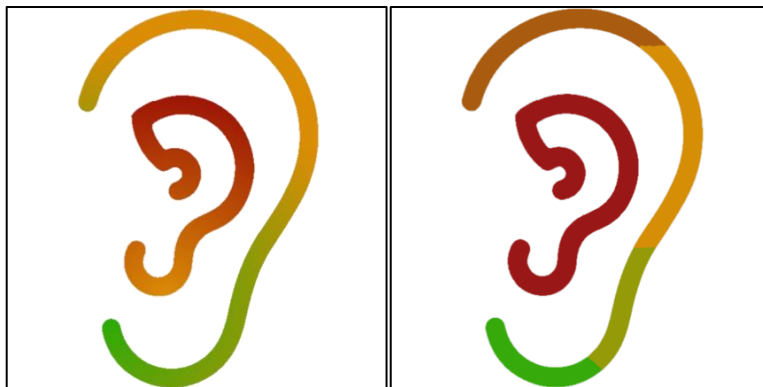


Abbildung 7 Designs der Lärmanzeige (Eigene Darstellung)

3.2.2. Design 3

Das Design 3 der Lärmanzeige unterscheidet sich grundlegend von den vorherigen Designs, da es bewusst auf einen Farbverlauf verzichtet und stattdessen an das vertraute Erscheinungsbild einer Ampel

erinnert. Dieses Gestaltungskonzept zielt darauf ab, die Lautstärke auf eine klare und intuitive Weise zu visualisieren, die für jeden verständlich ist.

Im Gegensatz zu den fließenden Farbübergängen in den vorherigen Designs verwendet Design 3 eine einfache und scharfe Aufteilung in Farben, die jeweils eine bestimmte Lautstärkestufe repräsentieren. Dabei werden die Farben Grün, Gelb und Rot verwendet, wobei jede Farbe einer bestimmten Lautstärkeklasse entspricht. Diese visuelle Analogie zur Ampel ermöglicht es den Benutzern, die Lautstärke in ihrer Umgebung auf einen Blick zu erfassen und sofort zu erkennen, ob sie sich in einem sicheren oder möglicherweise riskanten akustischen Umfeld befinden.

Ein zusätzlicher Blink-Effekt tritt auf, wenn die Lautstärke ein vordefiniertes, als zu hoch eingestuftes Niveau erreicht. Dieser Blink-Effekt, der dem Warnlicht einer Ampel ähnelt, hebt die Dringlichkeit einer Lärmreduzierung hervor und signalisiert, dass Vorsicht geboten ist.

Design 3 ist somit eine klare und unmissverständliche Darstellung der Lautstärke, die sich an einem allgemein vertrauten visuellen Konzept orientiert und gleichzeitig eine deutliche Warnung bei extremer Lautstärke bietet.



Abbildung 8 Design der Lärmanzeige (Eigene Darstellung)

3.2.3. Design 4

Design 4 repräsentiert die umfassendste Form der Lärmanzeige, die speziell für große LED-Tafeln konzipiert ist. Diese beeindruckende Anzeige geht weit über die einfache Visualisierung der Lautstärke hinaus und bietet eine Fülle von Informationen, um die Öffentlichkeit umfassend zu informieren und zu schützen.

Die erste Form dieses Designs besitzt alle Funktionen der kompakten Variante und zeigt zusätzlich an, aus welcher spezifischen Quelle die Lärmbelastung stammt. Diese Information ermöglicht es den Betrachtern, die Ursache der Lärmbelästigung zu identifizieren und gezielte Maßnahmen zur

Lärmreduktion zu ergreifen. Dieses Design erfordert zwar mehr technischen Aufwand, ermöglicht jedoch auch die Erfassung umfangreicherer Daten für die öffentlichen Behörden, um zukünftige Lärmschutzmaßnahmen besser planen zu können.

Darüber hinaus geht die große Variante von Design 4 noch einen Schritt weiter. Sie bietet nicht nur die Kategorisierung der Lärmquelle und deren Lautstärke, sondern auch einen Vergleich zur aktuellen Lautstärke im Verhältnis zu anderen alltäglichen Geräuschen, wie etwa bellenden Hunden. Die Addition von Lautstärke ist ein äußerst interessantes, jedoch auch sehr komplexes Thema, da Dezibel nicht linear ansteigen. Dieses Konzept basiert auf wissenschaftlichen Erkenntnissen und einer speziell entwickelten Formel, die die Lautstärke addiert und auf der LED-Wand darstellt.

$$L = 10 \lg \sum_i 10^{0,1L_i}$$

Abbildung 9 Gleichung zur Berechnung der Lautstärke von mehreren Schallpegeln (Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg, zuletzt geprüft am 24/09/2023)

Zusätzlich zum informativen Aspekt dient das Ohrdesign auf der LED-Wand auch dazu, eine visuelle Verbindung herzustellen und Verständnis für Menschen zu schaffen, die möglicherweise Schwierigkeiten haben, das Lärmsymbol allein zu interpretieren. Durch das Ohrdesign wird eine Brücke zwischen der visuellen Darstellung und dem Verständnis für die Bedeutung des Symbols geschlagen. Dies trägt dazu bei, die Akzeptanz und den Nutzen der Lärmanzeige in der Öffentlichkeit zu steigern und das Bewusstsein für den Lärmschutz zu fördern.

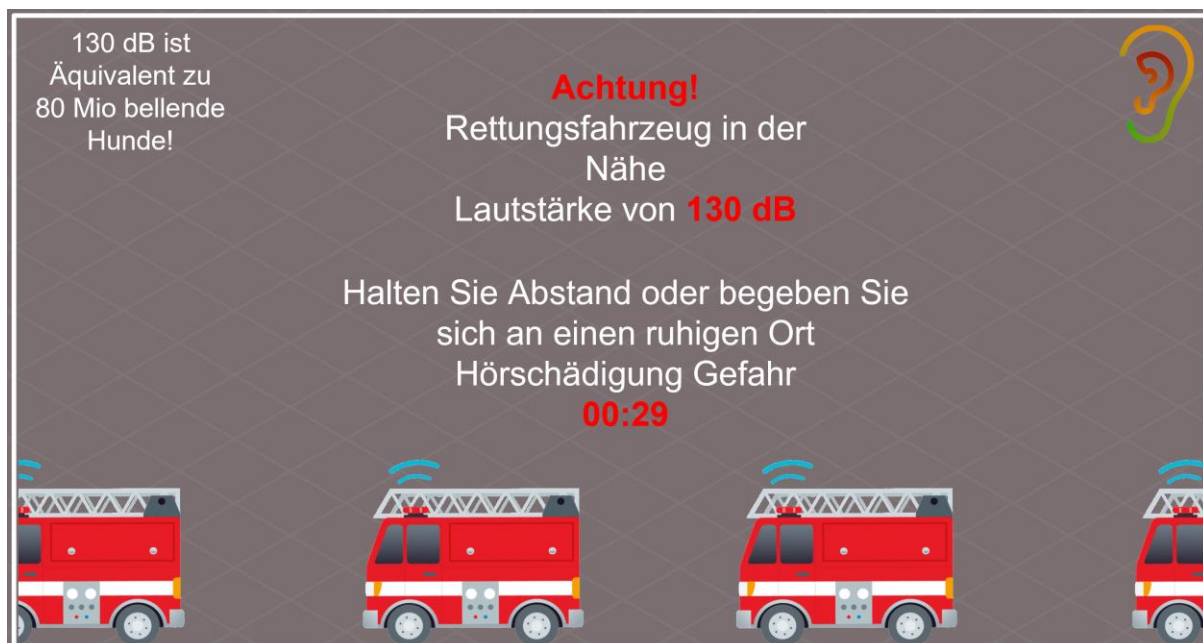


Abbildung 10 Designidee zur Lautstärkeanzeige mit mehr Informationen (Eigene Darstellung)

4. Prototyp

Im Rahmen der Entwicklung der Lärmanzeige im öffentlichen Raum wurde ein Prototyp entwickelt, der die praktische Umsetzung des Konzepts veranschaulicht. Dieser Prototyp vereint die Aspekte der Hardware und Software, um eine visuelle Darstellung der Lautstärke im öffentlichen Raum zu ermöglichen. In diesem Abschnitt werden die Hard- und Softwarekomponenten des Prototyps vorgestellt und den Ablauf der Herstellung beschrieben. Darüber hinaus werden auf die Herausforderungen eingegangen, die während des Entwicklungsprozesses aufgetreten sind, sowie das erzielte Ergebnis präsentiert.

4.1. Hardware

Die bereitgestellte Hardware bestand aus folgenden Komponenten:

- 64x32 RGB LED-Matrix – 5MM Pitch
- 32x32 RGB LED-Matrix – 5MM Pitch
- ESP32 Microcontroller
- ESP8266 Microcontroller
- Jumper-Kabel
- DC-Buchse
- Netzteil (Output: 5V, 3A)
- Adapter
- Micro-USB-Kabel
- Stromkabel für die LED-Matrix (HUB75-Power Cable)

Zusätzlich wurde die Laser-Schneidemaschine (CO2-Laser Epilog Mini 18 (40W)) vom GoodLab genutzt.

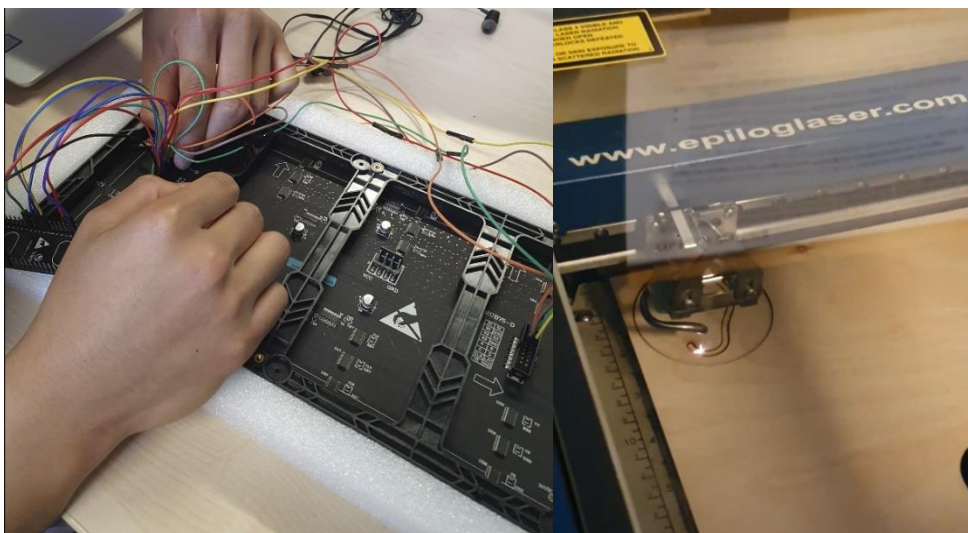


Abbildung 11 Bereitgestellte Hardware (Eigene Darstellung)

4.2. Software

Das folgende Kapitel konzentriert sich auf die Software, eine wesentliche Komponente des Projekts. Es wird auf die Herangehensweise und der Implementation eingegangen.

Unter Verwendung der Einleitung (<https://rasafitri.github.io/summer-school/>) von Reni Amalia Safitri, einer Masterstudentin an der TU Berlin, die sich mit dem Thema "LED-Matrixanzeigetafel mit einem Micro-Controller" befasst, haben wir unsere Hardware und Software entwickelt und darauf aufgebaut. Aufgrund der zur Verfügung stehenden Micro-Controller musste das Arduino DIE verwendet werden. Bei der ergänzenden Implementierung wurden die Intervalle der einzelnen Dezibelstufen in der Funktion `getInterval()` festgesetzt. Als Parameter ist der Dezibel-Input erforderlich. Darauf basierend gibt die Funktion die kategorisierte Stufe zurück. Im Prototype wurde der Dezibel-Input mit einem festen Wert simuliert. Im Realfall würde der Dezibel-Input dynamisch verarbeitet werden.

```
static int dezibel_input = 30;

// Funktion, um das Intervall basierend auf der Zufallszahl zu bestimmen
int getInterval(int input) {
    if (input >= 110) {
        return 5;
    } else if (input >= 98) {
        return 4;
    } else if (input >= 86) {
        return 3;
    } else if (input >= 70) {
        return 2;
    } else if (input >= 35) {
        return 1;
    } else {
        return 0;
    }
}
```

Abbildung 12 Berechnung des Intervalls basierend auf den Dezibel-Input (Eigene Darstellung)

Die Methode zur Intervallbestimmung (`getInterval`) wird in der Hauptlogikfunktion aufgerufen. Sobald die Intervallstufe errechnet wurde, wird darauf basierend die jeweilige Darstellung des Designs in der Matrix angezeigt.

```
// Funktion, um das entsprechende Bild anzuzeigen
void displayRandomImage() {
    int interval = getInterval(dezibel_input);

    // Je nach Intervall das entsprechende Bild anzeigen
    if (interval == 5) {
        // Wenn das Intervall 5 ist (ab 110), wird das Bild blinkend dargestellt
```

```

for (int i= 0; i < 5; i++) {
  drawImage(current_design[interval - 1], imageWidth, imageHeight);
  delay(250);
// Verzögerung zwischen den klickenden Bildern (kann angepasst werden)
  display.clearDisplay();
  delay(100);
// Verzögerung zwischen den klickenden Bildern (kann angepasst werden)
}
} else {
  // Zeige das entsprechende Bild
  drawImage(current_design[interval], imageWidth, imageHeight);
}
}
}

```

Abbildung 13 Darstellung des Designs in der LED-Matrix basierend auf Intervallstufe (Eigene Darstellung)

Mehr zur Software kann im folgendem Repository gefunden werden:
<https://gitlab.rz.htw-berlin.de/s0569364/bewusstsein-der-laermbelastung-im-oeffentlichen-raum-summer-school-2023>

4.3. Durchführung

Der Ablaufplan bietet einen strukturierten Überblick über die chronologischen Schritte und Herausforderungen, die während der Umsetzung des Projekts zur Entwicklung der Lärmanzeige im öffentlichen Raum bewältigt wurden.

Beginnend mit dem 11.09. wurde der Kick-Off durchgeführt, bei dem die Auswahl des Projekts vorgenommen und Ideen zur Herangehensweise gesammelt wurden. Bereits in dieser frühen Phase wurde die Herausforderung des mangelnden Fachwissens identifiziert.

In den Tagen vom 12. bis zum 13.09. wurde der ersten Herausforderung entgegengewirkt, indem intensiv recherchiert wurde, um das benötigte Fachwissen zu erlangen. Dabei wurde sowohl auf Selbstrecherche, als auch auf das zur Verfügung gestellte Material von Seiten der Betreuerin zurückgegriffen. Parallel dazu begann die Entwicklung der ersten Konzepte und Designideen, begleitet von der fortlaufenden Dokumentation des Projekts.

Die Einführung in Arduino-Anwendungen an der TU am 14.09. ermöglichte erste Erfahrungen im Umgang mit Hardware. Allerdings traten zusätzliche Herausforderungen aufgrund minderwertiger Hardware auf, die zur Verfügung gestellt wurde.

Vom 15. bis 20.09. wurde an der Realisierung des Prototyps gearbeitet, einschließlich der Implementierung der erforderlichen Software. Hierbei stellte die mangelnde Qualität der Hardware die größte Herausforderung dar. Eine besondere Erwähnung verdient die temporäre Unterstützung einer anderen Gruppe, die funktionsfähige Hardware für Testzwecke bereitstellte, was trotz der Schwierigkeiten eine kontinuierliche Weiterentwicklung des Prototyps ermöglichte. Dennoch blieben

Probleme mit minderwertiger und defekter Hardware bestehen, die in einigen Fällen sogar zu Funkenbildung führten.

Am 19.09. wurde die Goodlab-Werkstatt genutzt, in der der Lasercutter für die Bearbeitung von Holz genutzt werden konnte. Ursprünglich war geplant, mithilfe des Lasercutters ein Gehäuse für die Hardware zu fertigen. Aufgrund der anhaltenden Hardwareprobleme konnte dieses Vorhaben jedoch nicht umgesetzt werden. Nichtsdestotrotz bot sich die Gelegenheit, Erfahrungen im Umgang mit dem Lasercutter zu sammeln, wobei anstelle eines Gehäuses ein Logo erstellt wurde.

Trotz der vielfältigen Herausforderungen wurden kontinuierlich Lösungsansätze erarbeitet und das Projekt fortgesetzt. Die dokumentierte Erfassung des Fortschritts sowie die Anpassung an auftretende Probleme erwiesen sich als entscheidende Schritte auf dem Weg zur erfolgreichen Umsetzung des Vorhabens.



Abbildung 14 Logo aus Holz, erstellt mit dem Lasercutter vom Goodlab (eigene Darstellung)

4.4. Probleme

Die Herausforderungen, die während der Prototypenentwicklung auftraten, waren vielfältig und erforderten umfassende Anpassungen.

Eine der bedeutendsten Herausforderungen bestand darin, dass das Netzteil nicht wie erwartet funktionierte und nicht die erforderliche Leistung bereitstellte. Dies führte zu Spannungsproblemen und Beeinträchtigungen im gesamten System. Das Fehlen eines passenden Netzanteils stellte eine erhebliche Hürde dar, die es zu überwinden galt. Ein weiteres herausforderndes Ereignis war das Auftreten von Problemen mit dem Micro-Controller, der Funken und Rauch erzeugte. Dies führte zu erheblichen Schäden am Bauteil und zwang zu dringenden Reparaturen und der Suche nach Ersatz. Ebenfalls stießen wir auf Schwierigkeiten bei den LED-Matrixen, da beide ebenfalls in Rauch aufgingen. Dieser Vorfall führte nicht nur zu Materialverlusten, sondern erforderte auch eine gründliche Untersuchung der Ursachen und eine Überarbeitung der Schaltung, um solche Vorfälle in Zukunft zu verhindern. Diese Untersuchungen werden im Nachgang von den Projektbetreuern durchgeführt, da tieferes Wissen von der Hardware im Projektteam fehlte. Zusätzlich mussten wir den Hintergrund unserer Designs anpassen, da der ursprüngliche Hintergrund weiß war und somit kein ausreichender

Kontrast gegeben war. Dies erforderten eine Neugestaltung und Anpassung aller Designelemente, um eine bessere Sichtbarkeit und Lesbarkeit sicherzustellen.

Zusammenfassend sind die Herausforderungen bei der Prototypenentwicklung nicht nur auf spezifische technische Probleme, sondern auch auf einen allgemeinen Mangel an ausreichenden Tests der Bauteile und Systeme vor der Implementierung zurückzuführen. Diese unzureichenden Vorabtests führten dazu, dass kaputte Teile unerwartete Schwierigkeiten im Entwicklungsprozess verursacht haben. Dennoch konnten diese Herausforderungen gemeistert werden, indem kreative Lösungen gefunden wurden und der Prototyp erfolgreich verbessert wurde. Diese Erfahrungen haben nicht nur dazu beigetragen, die technische Expertise zu vertiefen, sondern auch die Fähigkeit gestärkt, unvorhergesehene Probleme in der Produktentwicklung effektiv anzugehen.

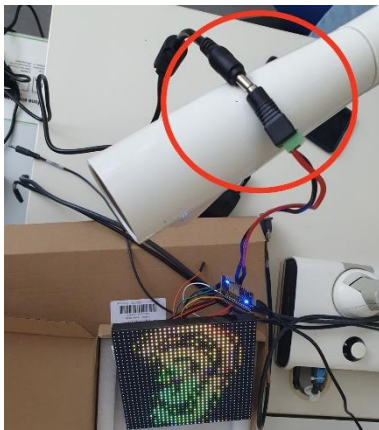


Abbildung 15 Funktionierende LED-Matrix bei speziellem Winkel von Netzteil und Adapter (Eigene Darstellung)

4.5. Ergebnis

Das Ergebnis der Projektarbeit umfasst verschiedene Aspekte, die in diesem Abschnitt genauer erläutert werden.

Zunächst wurden die Konzeptideen von Design 1 bis 3 technisch umgesetzt. Dies bedeutet, dass die kreativen Ideen und Konzepte, die in diesen ersten drei Designvorschlägen enthalten waren, erfolgreich in die Praxis umgesetzt wurden. Es war ein entscheidender Schritt, um sicherzustellen, dass das Projekt die gewünschten Ziele erreicht haben. Darüber wurde ein Mock-Up einer weiteren Designidee erstellt, die als Design 4 bezeichnet wurde. Dieses Mock-Up gibt einen realistischen Eindruck von Design 4 und ermöglicht es, sich ein genaues Bild von diesem alternativen Ansatz zu machen. Die Präsentation dieses Mock-Ups war eine wichtige Ergänzung zu den bereits vorhandenen Designkonzepten.

Eine besondere Herausforderung bestand darin, eine Designidee als Holzplatte umzusetzen. Dies erforderte sowohl künstlerisches Geschick als auch ein Verständnis für die Materialbeschaffenheit. Die Holzplatte repräsentiert das Designkonzept, das in die Gesamtkonzeption des Projekts integriert wurde. Während der Durchführung konnten wertvolle Einsichten zum Thema Lautstärke und Lärm gewonnen werden. Diese Erkenntnisse flossen in die Entwicklung der Designkonzepte ein und halfen dabei,

Lösungen zu finden, die eine Reduzierung von Lärmpegeln und eine verbesserte akustische Umgebung ermöglichen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Projektarbeit war die Auseinandersetzung mit Microcontrollern und Hardwarekomponenten. Die Integration dieser Technologien in das Design spielte eine entscheidende Rolle, um die Funktionalität und Benutzerfreundlichkeit der entwickelten Produkte zu gewährleisten. Die Erfahrungen in diesem Bereich trugen dazu bei, die technische Umsetzbarkeit der Designideen zu optimieren.

Insgesamt zeigt das Ergebnis der Projektarbeit, dass die gestellten Herausforderungen erfolgreich gemeistert wurden. Die technische Umsetzung der Designideen, die Berücksichtigung von Lautstärke und Lärm sowie unser Verständnis für Microcontroller und Hardware haben zu einem erfolgreichen Projektabschluss geführt. Die Ergebnisse bilden eine solide Grundlage für die Weiterentwicklung und Realisierung innovativer und funktionaler Designlösungen.



Abbildung 16 LED-Matrix mit Designidee 1 (Eigene Darstellung)



Abbildung 17 LED-Matrix mit Designidee 3 (Eigene Darstellung)

5. Herausforderungen Summer School

Die Umsetzung des Kurses brachte einige Herausforderungen mit sich, die bewältigt werden mussten. Zunächst stellte die Dokumentation des Kurses aufgrund der fehlenden Nutzung einer Plattform wie Moodle eine besondere Schwierigkeit dar. Da die Kursdaten kurzfristig festgelegt wurden, gestaltete sich die Kommunikation, Terminierung und die Vorbereitung als komplexer Prozess, der eine flexible Anpassung an die sich ändernden Umstände erforderte.

Eine weitere Hürde bestand darin, dass die Hardware vor Kursbeginn nicht ausreichend getestet wurde. Dies führte zu einem Zeitverlust, da während des Kurses viel Zeit für das Ausprobieren und die Bewältigung von technischen Unklarheiten aufgewendet werden musste. Die Unsicherheit im Umgang mit der Hardware und die dadurch bedingte Unwissenheit trugen zur Komplexität der Kursdurchführung bei.

Darüber hinaus stand zwar Online-Unterstützung seitens des Lehrpersonals zur Verfügung, jedoch war die physische Präsenz nicht in ausreichendem Maße gegeben. Dies führte zu zeitlichen Herausforderungen, insbesondere bei technischen Problemen, die eine intensive Betreuung erforderten.

Die im Verlauf des Kurses auftretenden Herausforderungen eröffneten aber gleichzeitig auch positive Entwicklungsmöglichkeiten. Insbesondere die intensive Auseinandersetzung mit dem Themenkomplex Lautstärke führte zu einer vertieften Expertise und einer erweiterten Perspektive auf das Feld der Lärmforschung. Die Anwendung der eingesetzten Softwarelösungen erwies sich als weiterer positiver Faktor sowie die umfassende Wissensvermittlung durch die Lehrkräfte des Projekts, sowohl im Bereich der Lautstärkemessung als auch hinsichtlich der Hardware. Dies trug maßgeblich zur Vertiefung unserer Expertise und zur Erweiterung unserer Erfahrungsbasis für zukünftige Projekte bei. Ebenso funktionierten die effektive Aufgabenverteilung und Zusammenarbeit innerhalb des Teams. Trotz aller auftretenden Hindernisse gelang es, die gesetzten Ziele erfolgreich zu erreichen.

6. Ausblick

Für diejenigen, die das Projekt weiterführen möchten, eröffnen sich zukünftige Schritte zur Verbesserung der Lärmanzeige. Eine wesentliche Maßnahme wäre die Integration eines Mikrofons, um eine genauere Erfassung der Dezibelwerte zu ermöglichen. Dies würde die Genauigkeit der Lautstärkevisualisierung erhöhen und eine detaillierte Überwachung der Lärmbelastung ermöglichen. Des Weiteren könnte die Implementierung einer Lautklassifizierung in Betracht gezogen werden. Dies würde der Lärmanzeige die Fähigkeit verleihen, nicht nur die Lautstärke, sondern auch die Art der erfassten Geräusche zu identifizieren und zu kategorisieren. Diese zusätzliche Information könnte dazu beitragen, den Benutzern eine gezieltere Einsicht in die Ursachen der Lärmbelastung zu verschaffen. Die Anpassung des bestehenden Codes, um die oben genannten Erweiterungen zu integrieren, wäre ein notwendiger Schritt. Dies erfordert eine enge Zusammenarbeit mit Experten auf dem Gebiet der Lärmüberwachung und -klassifizierung. Durch diese Maßnahmen kann die Lärmanzeige zu einem noch leistungsfähigeren Instrument im Kontext des Lärmschutzes und zur Förderung eines gesunden städtischen Lebensraums weiterentwickelt werden.

Eine weitere wichtige Perspektive für die Weiterentwicklung dieses Projekts liegt in der Durchführung von User Tests. Diese Tests sind von entscheidender Bedeutung, um sicherzustellen, dass die Lärmanzeige in der Praxis effektiv und benutzerfreundlich ist. Durch gezielte Benutzerstudien kann ermittelt werden, wie gut die Anzeige von verschiedenen Personengruppen verstanden und genutzt wird.

Parallel dazu ist eine rechtliche Recherche und Klärung erforderlich, um die Umsetzbarkeit der Lärmanzeige im öffentlichen Raum sicherzustellen. Dies beinhaltet die Prüfung von Gesetzen und Vorschriften in Bezug auf Datenschutz, Privatsphäre und Umweltauflagen. Zusätzlich müssen die zuständigen Behörden und Genehmigungsverfahren ermittelt werden.

Die Planung und Durchführung von User Tests sowie die rechtliche Recherche sind unverzichtbare Schritte, um das Projekt erfolgreich und rechtlich konform umzusetzen. Dies gewährleistet nicht nur eine verbesserte Benutzererfahrung, sondern auch die Einhaltung aller relevanten Vorschriften und Gesetze.

7. Fazit

Zusammenfassend verdeutlicht dieses Projekt die Notwendigkeit, das Bewusstsein für Lärm und seine gesundheitlichen Auswirkungen zu schärfen. Die Dezibelskala, die logarithmisch ansteigt, verdeutlicht, dass selbst geringe Änderungen in der Dezibelstufe erhebliche Auswirkungen auf die wahrgenommene Lautstärke haben können. Dieses Verständnis ist entscheidend, um Lärmpegelangaben angemessen zu interpretieren. Ein weiteres wichtiges Learning aus diesem Projekt ist die Erkenntnis, dass Hardware, im Gegensatz zur Software, nicht immer zuverlässig ist. Dies führte zu unvorhersehbaren Herausforderungen und Verzögerungen bei der Projektentwicklung, insbesondere bei der Entwicklung und Implementierung der Designs für die Lärmanzeige. Die verschiedenen Designansätze, darunter die intuitive Farbgebung, das Ampelkonzept und die Verbindung zur menschlichen Anatomie, haben gezeigt, dass die Gestaltung der Lärmanzeige im öffentlichen Raum eine komplexe Aufgabe ist. Die Wahl des richtigen Designs kann erheblichen Einfluss auf die Effektivität der Lärmbewusstseinsbildung haben und erfordert sorgfältige Überlegungen. Insgesamt unterstreicht dieses Projekt die Wichtigkeit einer ganzheitlichen Herangehensweise an das Thema Lärm im öffentlichen Raum. Es zeigt technische Herausforderungen, aber auch Chancen auf, um das Bewusstsein für Lärm zu stärken und die Lärmschutzmaßnahmen zu verbessern. Die gewonnenen Erkenntnisse dienen als Grundlage für zukünftige Forschungsarbeiten und Entwicklungen in diesem Bereich.

Literaturverzeichnis

Schneider, A., Lautstärke & Dezibel, <https://www.geers.de/rund-ums-hoeren/lautstaerke-dezibel/>, zuletzt geprüft am: 24/09/2023.

Ronner, M., Lautstärke: Die Stärke des Schalls in Dezibel, <https://www.audisana.ch/blog/lautstaerke>, zuletzt geprüft am: 24/09/2023.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (bmu), <https://www.bmu.de/themen/laerm/laerm-schutz-im-ueberblick/was-ist-laerm>, zuletzt geprüft am: 24/09/2023.

Auersignal, Alles über Lautstärke, <https://www.auersignal.com/de/technische-informationen/akustische-signalgeraete/alles-uber-lautstarke/>, zuletzt geprüft am: 24/09/2023.

Dipl.-Phys. Haaf, M. (2020), Schallpegelmesser – Die Qual der Wahl?, <https://www.sifa-sibe.de/arbeits-sicherheit/betriebs-sicherheit/schallpegelmessung/>, zuletzt geprüft am 24/09/2023.

Akustikform. 2021, Dezibel-Skala: Gefühlte Lautstärke messbar machen, <https://www.akustikform.ch/raumakustik/dezibel-skala>, zuletzt geprüft am 24/09/2023.

LAI. (2022), LAI-Hinweise zur Lärmkartierung, https://www.lai-immissionsschutz.de/documents/lai-hinweise-laermkartierung-2022_1654006649.pdf, Dritte Aktualisierung.

Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg, Städtebauliche Lärmfibel Online Hinweise für die Bauleitplanung, <https://www.staedtebauliche-laermfibel.de/?p=103&p2=6.2>, zuletzt geprüft am 24/09/2023.

Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg, Städtebauliche Lärmfibel Online Hinweise für die Bauleitplanung, <http://www.staedtebauliche-laermfibel.de/?p=88&p2=2.4.2>, zuletzt geprüft am 24/09/2023.

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Die Wirkung von Lärm auf den Menschen, https://www.lfu.bayern.de/laerm/laerm_allgemein/wirkung_auf_menschen/index.htm, zuletzt geprüft am 24/09/2023.

Stadt Leipzig, Übersicht zu Lärmarten, <https://www.leipzig.de/umwelt-und-verkehr/luft-und-laerm/laerm-schutz/uebersicht-zu-laermarten>, zuletzt geprüft am 24/09/2023.

Umweltbundesamt. (2022), Lärmbelästigung, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/laerm/laermwirkungen/laermbelaestigung>, zuletzt geprüft am 24/09/2023.

World Health Organization (WHO). (2018), ENVIRONMENTAL NOISE GUIDELINES for the European Region, World Health Organization

Bundzentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA), Lärm und Gesundheit (5.-10.), <https://shop.bzga.de/laerm-und-gesundheit-5-10-20350000/>, zuletzt geprüft am 24/09/2023.

Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt, Strategische Lärmkarten, <https://www.berlin.de/sen/uvk/umwelt/laerm/laermminderungsplanung-berlin/laermkarten/>, zuletzt geprüft am 24/09/2023.

SETON Produkt Experte (2014), Lärm ist schädlich – Infografik zur Geräuschbelastung,
<https://blog.seton.de/geraeuschbelastung-infografik.html>, zuletzt geprüft am 24/09/2023.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Beispiel: Dezibel-Tabelle (Ronner, zuletzt geprüft am 24/09/2023).....	7
Abbildung 2 Beispiel Lärmkarte (Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt, zuletzt geprüft am 24/09/2023).....	8
Abbildung 3 Beispiel Lärmindex LDEN (Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt, zuletzt geprüft am 24/09/2023).....	8
Abbildung 4 Beispiel Lärmindex LNight (Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt, zuletzt geprüft am 24/09/2023).....	9
Abbildung 5 Lärmbelästigung in Deutschland in Prozent (Umweltbundesamt, 2022)	11
Abbildung 6 Dezibel-Skala (SETON Produkt Experte, 2014).....	15
Abbildung 7 Designs der Lärmanzeige (Eigene Darstellung).....	16
Abbildung 8 Design der Lärmanzeige (Eigene Darstellung).....	17
Abbildung 9 Gleichung zur Berechnung der Lautstärke von mehreren Schallpegeln (Ministerium für Landesentwicklung und Wohnen Baden-Württemberg, zuletzt geprüft am 24/09/2023)	18
Abbildung 10 Designidee zur Lautstärkeanzeige mit mehr Informationen (Eigene Darstellung).....	18
Abbildung 11 Bereitgestellte Hardware (Eigene Darstellung).....	19
Abbildung 12 Berechnung des Intervalls basierend auf den Dezibel-Input (Eigene Darstellung).....	20
Abbildung 13 Darstellung des Designs in der LED-Matrix basierend auf Intervallstufe (Eigene Darstellung).....	21
Abbildung 14 Logo aus Holz, erstellt mit dem Lasercutter vom Goodlab (eigene Darstellung).....	22
Abbildung 15 Funktionierende LED-Matrix bei speziellem Winkel von Netzteil und Adapter (Eigene Darstellung).....	23
Abbildung 16 LED-Matrix mit Designidee 1 (Eigene Darstellung).....	24
Abbildung 17 LED-Matrix mit Designidee 3 (Eigene Darstellung)	24