



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

DIPLOMARBEIT

Citizen Science und Lärm:
Eine Modulentwicklung für Sekundarstufe II zu Lärmbewusstsein und
Partizipation in der Lärmkartierung

**ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
einer Diplom-Ingenieurin
unter der Leitung**

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Martin Berger

E280-05 | IVS

Forschungsbereich Verkehrssystemplanung

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Eva-Maria Missoni-Steinbacher

00422683

Wien, am 21.10.2020

Abstract

Die Masterarbeit befasst sich mit den physikalischen Grundlagen von Lärm, dessen gesundheitliche Auswirkungen auf den Menschen sowie seiner Messbarkeit. Es werden traditionelle sowie partizipative Ansätze in der Lärmkartierung behandelt. Die Möglichkeiten sowie Vor- und Nachteile von Citizen Science basierter Lärmkartenerfassung werden theoretisch diskutiert und praktisch erprobt.

In der Folge wird ein Citizen-Science-orientiertes Modul entwickelt, das SchülerInnen des Sekundarstufe II einen bewusstseinsbildenden (und vielleicht auch motivierend-aktivierenden) Zugang zur Lärmthematik und dem Wert von Citizen Science bietet. Die Vermittlungsmethode baut dabei auf digitale Geomedien und einen explorativ-partizipativen didaktischen Ansatz.

Da quasi jede/r Erfahrungen mit Lärm macht, werden Alltagserfahrungen der TeilnehmerInnen als Ausgangsbasis eines gemeinsamen Verständnisses angenommen. Inhaltlich wird nicht nur das Phänomen Lärm in seiner physikalischen Messbarkeit, sondern auch die gesundheitliche Relevanz und subjektive Prägung von Lärmwahrnehmung besprochen. Aufbauend auf das „Erfolgserlebnis“ selbst an einer Lärmkartenerstellung mitzuwirken wird, der Wert von Citizen Science Beiträgen für Forschung und Gesellschaft hervorgehoben, aber auch für Bias sensibilisiert, die bei Datenerhebung oder Erkenntnisgewinnung auftreten können.

In Zuge einer zweimaligen, praktischen Moduldurchführung hat sich gezeigt, dass das Modul einsatzfähig ist. Die beiden Abhaltungen wurden einer Selbstevaluation unterzogen und ein Ausblick auf weitere Anpassungs- und Ausbaumöglichkeiten gegeben.

The master thesis deals with the physical principles of noise, health effects of noise on humans and noise assessment. Traditional as well as participatory approaches in noise mapping are covered. Possibilities, advantages, and disadvantages of citizen science-based noise measurements are discussed theoretically and in practical testing.

Subsequently, a citizen science-oriented module is developed aiming at raising consciousness (and maybe even motivating) towards the topic noise and the value of citizen science for pupil of upper secondary education. The teaching methods are based on digital geomeia and an explorative-participatory didactical approach.

As almost every person has experienced noise, everyday experiences of the pupils are functioning as starting point for a common understanding. Regarding the content of the module, noise is introduced as physically measurable phenomenon, but also its health impact and subjective perception is of concern. Building on a feeling of success when contributing to noise mapping, the value of citizen science contribution for research and society is stressed. Nevertheless, awareness for bias, which might emerge at several points of noise measurements and knowledge production is raised.

In the course of the practical performance of the noise-workshop, which was held two times, the module proofed to be ready to be used. Both events underwent a self-evaluation and an outlook to further possibilities of adaption and expansion is provided in the work.

Widmung

meiner Tochter Victoria Missoni

Volkmar Wagner

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Berger, dessen Unterstützung bei der Themenfindung maßgeblich dazu beigetragen hat, dass ich meine Interessen im Rahmen der Arbeit sehr gut einbringen konnte. Des Weiteren für das wertvolle Feedback bei der Verfassung der Arbeit.

Ebenso meinem Co-Betreuer Dipl.Ing. Christoph Kirchberger, mit dem ich mich bei Bedarf jederzeit abstimmen konnte und dessen Input besonders zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

Weiters meinen ehemaligen Studienkollegen und Arbeitskollegen

Aggelos Soteropoulos

Philipp Straßer, Johannes Steinbacher und Marion Deneke für das Korrekturlesen der Arbeit

Peter Jeremias und Ulrich Öttl für die kollegiale Hospitation

Meinem Ehemann Matthias, meinen Schwiegereltern, Eltern und Großeltern, die mir durch ihre finanzielle Unterstützung das Studium ermöglicht haben

Inhaltsverzeichnis

Abstract	2
Inhaltsverzeichnis.....	4
1 Einleitung	1
1.1 Einführung in die Thematik	1
1.2 Zielsetzung und Erkenntnisinteresse	6
2 Gegenwärtiger Forschungsstand und Problemstellung	8
3 Methodologie und Methodik	11
3.1 Forschungsfragen	11
3.2 Methodologie und Methodik zur Beantwortung der Forschungsfragen.....	12
4 Lärm - Was ist das?	16
4.1 Herkunft und Bedeutung des Terminus Lärm.....	16
4.1.1 Etymologie des Lärmbegriffs	16
4.1.2 Von der Herausforderung Lärm zu definieren	17
4.2 Lärm als gesellschaftliches und subjektives Problem	18
4.2.1 Soziohistorische Sicht auf Lärm	18
4.2.2 Zur Abgrenzungsproblematik individueller Lärmwahrnehmung	19
4.3 Physikalisch-Akustische Dimensionen von Lärm: Schall - Geräusch - Lärm	20
4.3.1 Physikalische Grundlagen von Umgebungslärm.....	21
4.3.2 Lärm messen: Messdaten erfassen.....	22
5 Lärmschutz in Österreich	24
5.1 Rechtliche Grundlagen zum Lärmschutz	24
5.1.1 EU-Richtlinien zu Umgebungslärm und Lärmbewertungsmethoden	24
5.1.2 Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung.....	25
5.1.3 Lärmschutz in den Bundesländern am Beispiel Wien	26
5.1.4 RVS 04.02.11 Berechnungen zu Schallemissionen und Lärmschutz	27
5.1.5 ÖAL-Richtlinie Nr. 28.....	28
5.2 Lärmschutzmaßnahmen	28
6 Gesundheitliche Auswirkungen von Lärm auf den Menschen	30
6.1 Zusammenhang zwischen Lärm und Stress.....	32
6.2 Lärm und Schlafqualität	34
6.3 Umweltlärm und subjektives Belästigungsempfinden.....	35
7 Citizen Science und Lärm	39
7.1 Was ist Citizen Science? - Begriffsabgrenzung, Anwendungsfelder und Vorteile	39

7.2	Zur Motivation und soziodemografische Repräsentation von an Citizen Science Partizipierenden	43
7.2.1	Faktoren, die zur (längerfristigen) Mitwirkung an Citizen Science Projekten motivieren	43
7.2.2	Soziodemografische Charakteristika von Citizen Scientists - zur Herausforderung von Repräsentation und Repräsentativität	45
7.3	Ansprüche von Citizen Science an die Lärm-Thematik.....	49
7.4	Lärmkarten: Ein Vergleich traditioneller vs. partizipativer Generierung.....	49
7.4.1	Strategische Umgebungslärmkarten: Bilden Lärmkarten wirklich die Realität ab?	50
7.4.2	Partizipative Generierung von Lärmkarten.....	53
7.4.3	Potenzial zur Verwendung partizipativer Lärmmessungen und Lärmkarten	54
7.4.4	Exkurs: SONYC - das Best-Practise Beispiel aus New York	56
7.4.5	Gegenüberstellung der Resultate unterschiedlicher Lärmerhebungsmethoden.....	61
7.5	Bestehende Apps mit Citizen Science-Bezug zu Lärm.....	64
7.5.1	Das Open-Source Projekt <i>Noise Planet</i> und die <i>Noise Capture</i> App als Basis für Citizen Science	65
7.6	Informationsqualität partizipatorischer Lärmerhebung und -kartierung	66
7.7	Kritische Reflexion von Citizen Science bei der Lärmdatenerhebung	71
7.7.1	Wer nimmt an Citizen Science teil und wird repräsentiert - und wer nicht?	71
7.7.2	Selektion von Zeit und Ort beim Messgeschehen.....	71
7.7.3	Qualität von Lärmdatenerhebungen im Zuge des Lärmmoduls	72
7.7.4	Aspekte der Qualitätssicherung für Citizen Science Projektmanagement und dabei generierte Daten	75
7.7.5	Aspekte des Datenschutzes von Beteiligten	75
8	Modulentwicklung	77
8.1	Pädagogisches Konzept und didaktische Methodik.....	77
8.1.1	Didaktische Rekonstruktion als Leitbild zur Wissensvermittlung	77
8.1.2	Citizen Science als Form der politischen Bildung	80
8.2	Zielsetzung für die Zielgruppe Sekundarstufe II	81
8.3	Institutionelle Einbettung: Aspern Mobil Lab und iDEAS:lab Salzburg	82
8.4	Räumliche Dateninfrastruktur: Sensoren, Systeme, Software, Schnittstelle	83
8.4.1	Sensorbox	83
8.4.2	Lärmsensor am Smartphone: Testen und Vergleichen unterschiedlicher Modelle	84
8.5	Modulgestaltung	88
8.5.1	Lärmmessungen: Routen für Lärmrundgänge vs. Fixer Standort	88
8.5.2	Partizipative Lärmkartierung und das Auftreten von Bias.....	89
8.5.3	Ergebnisvisualisierung.....	92
8.6	Technisches Moduldesign und Adaptierbarkeit von Modul-Komponenten.....	93

9	Praktische Moduldurchführung und Evaluierung	99
9.1	Beschreibung des Materialpools.....	99
9.2	Praktischer Modulablauf.....	100
9.3	Feldtest und Selbstevaluation.....	110
9.3.1	Methodische Grundlagen der Selbstevaluation	110
9.3.2	Von der Probe zum Feldtest: Erkenntnisse aus Selbst- und Fremdevaluation...	112
10	Resultate.....	118
11	Disseminationsstrategie.....	123
11.1	Voraussetzungen für eine erfolgreiche Dissemination	123
11.2	Faktoren, die eine erfolgreiche Dissemination unterstützen können	124
12	Diskussion und Ausblick.....	127
13	Conclusio.....	139
	Literaturverzeichnis	142
	Abbildungsverzeichnis.....	153
	Tabellenverzeichnis.....	155
	Anhang	156
	Interview mit Dipl.-Ing. Michael Schindler, Leiter des Bereichs Lärm und SchallschutzMagistrat Wien	156
	Kollegiale Hospitation.....	159

1 Einleitung

„Hunderte Töne waren zu einem drahtigen Geräusch ineinander verwunden, aus dem einzelne Spitzen vorstanden, längs dessen schneidige Kanten liefen und sich wieder einebneten, von dem klare Töne absplitterten und verflogen. An diesem Geräusch, ohne dass sich seine Besonderheit beschreiben ließe, würde ein Mensch nach jahrelanger Abwesenheit mit geschlossenen Augen erkannt haben, dass er sich in der Reichshaupt- und Residenzstadt Wien befinde.“

(Robert Musil: *Der Mann ohne Eigenschaften*)

1.1 Einführung in die Thematik

Lärm ist ein Phänomen, das wohl jedem von uns vertraut ist und sich in verschiedenster Art und Weise zu artikulieren vermag: Als Nachbars surrender Rasenmäher stört er beim Mittagschlaf, als rumpelnder Baulärm unterbricht er Konzentrationsphasen in der Arbeit, als rauschende Autobahn raubt er die Nachtruhe. Der moderne Mensch hat – gerade in Städten, aber zunehmend auch auf dem Land – limitierte Möglichkeiten, sich den vielfältigen Quellen von Umgebungslärm zu entziehen. Lärm gehört gewissermaßen zu unserem Alltag – und kann dabei sowohl Physis als auch Psyche beeinflussen.

Dass Lärm von uns als lästig und störend wahrgenommen wird und auch gesundheitsschädigend wirken kann ist kein neues Phänomen, sondern hat seinen vormals überlebensnotwendigen Ursprung in der Identifikation ungewöhnlicher Geräusche als Alarmsignale: Lärm ist von Menschheitsbeginn an ein relevantes Thema, denn das frühzeitige Wahrnehmen diente als Alarmsignal, sich auf Kampf oder Flucht einzustellen. Die damit verbundene körperliche Stressreaktion (Ausschüttung von Stresshormonen) läuft heute wie damals ab (vgl. Diewald, 2016). In der Gegenwart wird es jedoch für viele Betroffene zum Problem für Körper und Psyche, weil die vormaligen Reaktionsmöglichkeiten nicht mehr benötigt werden. Weder Kampf noch Flucht sind erforderlich, lediglich das Ertragen.

Maßnahmen gegen Lärmbelästigung sind historisch früh belegt: Die erste bekannte Lärmschutz-Verordnung stammt aus 720 vor Christus, als in der antiken griechischen Stadt Sybaris Töpfer, Schmiede und Gockelhähne in den städtischen Wohngebieten untersagt wurden (vgl. Spyridis, 2019: S. 264). Das von Julius Cäsar erlassene Munizipiengesetz *Lex Iulia municipalis* von 45 v.Chr. behandelte Tagfahrverbote zum Schutz der FußgängerInnen¹. Das Verdikt war aber umstritten, da die Verkehrsverlagerung in die Nacht Lärm und damit eine Beeinträchtigung der Nachtruhe mit sich zog, wie unter anderem die Dichter Horaz, Martial und Juvenal monierten (vgl. Flessner, 2019: S. 7). Mit Änderungen in der ökonomischen Struktur und durch technologische Fortschritte hat sich der Charakter von Lärm in den Städten zunehmend verändert,

¹ „Auf den Straßen, die in der Stadt Rom innerhalb der geschlossenen Bebauung angelegt sind oder werden, soll niemand nach den Kalenden (Monatsanfang) des Januar bei Tage nach Sonnenaufgang noch vor der zehnten Tagesstunde einen Lastwagen führen noch fahren lassen“

wengleich er immer ein Problem darstellte. Zwar änderte sich die Geräuschkulisse über die Jahrhunderte - vom Klappern und Rumpeln von Karren, Kutschen und Wagen, Hufgetrappel und Nutztiergeräuschen, das Geschrei von Händlern hin zu Zischen und Stampfen von Maschinen, Rattern der Eisenbahnen, den Motorgeräuschen der ersten Automobile, Fahrradklingeln, Hupen,... (vgl. Payer, 2016) - dennoch: Mit der steigenden Urbanisierung, Pendelverflechtungen und Transitverkehr sind auch zunehmend mehr Menschen täglich einer Vielzahl an Lärmerregern wie Straßen-, Schienen- und Flugverkehr, Bautätigkeiten, Bars und Nachtlokale oder Sirenen ausgesetzt (vgl. Murphy & King, 2014a: S. 2-3).

Dieser ausgeprägten Alltagsbezug und Betroffenheitsgrad macht nachvollziehbar, warum das Thema Lärm häufig von Citizen Science² Initiativen aufgegriffen wird. In den vergangenen Jahren lässt sich ein zunehmender Trend zu Open Data³ und dem Miteinbezug von BürgerInnen in Datengewinnung für wissenschaftliche Forschung erkennen. Das Potenzial von Citizen Science liegt in unterschiedlichen Möglichkeiten, Betroffene und Interessierte direkt in Forschungsdesigns und Fragestellungen miteinzubeziehen, vor allem aber auch in der Möglichkeit, mehr Daten sowie eine größere Datenvielfalt zu erfassen, als dies einem Forscher(team) allein möglich wäre. Citizen-Science Initiativen stützen sich dabei häufig auf kurzfristige Lärmmessungen mit Hilfe von Smartphone-Apps, die sich die eingebauten Schall-Sensor (Mikrofon) der Geräte zunutze machen und einer breiten Nutzergruppe zur Verfügung stehen. Aber auch selbst gebaute Schall-Sensoren kommen bei Citizen Science Projekten zur Anwendung. Das Potenzial solcher unterschiedlichen Herangehensweisen wird im Rahmen dieser Arbeit diskutiert, zumal beim Thema Lärmkartierung der Zusammenhang mit zugrundeliegenden technischen Voraussetzungen von Lärmmessungen, Lärmindikatoren, Modellierungs- und Messverfahren von großer Relevanz ist.

Von ebenso großer Wichtigkeit ist es aber auch, die menschliche Komponente mitzubedenken - nämlich wie Lärm Menschen in ihrem täglichen Leben beeinflusst. Dies ist nötig, um Umgebungslärm als Problem für die öffentliche Gesundheit (*public health*) zu verstehen und zu adressieren. Ein reiner Fokus auf die technischen Aspekte von Lärm als abstrakter Begriff wird der persönlichen Wahrnehmungsebene nicht gerecht: Nahezu jede Person hat ein intuitives Verständnis davon, was Lärm bedeutet, basierend auf unseren täglichen Erfahrungen (vgl. Murphy & King, 2014a: S. 1). Tatsächlich ist die Sensibilität auf Lärmexposition stark subjektiv geprägt

² Citizen Science bezeichnet wissenschaftliche Projekte, die mit Hilfe (oder auch komplett) von interessierten Laien durchgeführt werden. Je nach Ausprägung kann sich die Tätigkeit der Citizen Scientists auf die Sammlung von Daten beziehen oder auch Mitwirkung an der Formulierung der Forschungsfragen und des Forschungsdesigns. Neben Erkenntnissen und der Beantwortung von Forschungsfragen, die ohne die Mitwirkung von Citizen Scientists nicht möglich wären behandelt zu werden, fördert diese Herangehensweise auch den Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft (Universität für Bodenkultur).

³ Open Data (zu Deutsch „offene Daten“) bezeichnet Daten, die von jeder/m zu jedem Zweck genutzt werden können; Eine Erlaubnis zur Weiterverbreitung und -verwendung wird üblicherweise gestattet, kann aber mit gewissen Vorgaben wie der Nennung des Urhebers oder die Verwendung einer Share-alike-Formulierung verbunden sein (Creative Commons, o.D.).

und variabel: Zwei Menschen, die demselben Schalldruckpegel ausgesetzt sind, können sehr unterschiedliche individuelle Reaktionen in Bezug auf ihr Belästigungsempfinden und die damit in Verbindung stehenden psychologischen Effekte aufweisen. Daher ist es angebracht, neben dem technischen Verständnis auch dem Einfluss auf Menschen als Rezipienten von Lärm Beachtung zu schenken (vgl. Murphy & King, 2014a: S. 1-2).

Nicht zu vergessen, wenngleich im Rahmen dieser Arbeit nicht näher behandelt, sind auch die ökonomische Auswirkungen: Schätzungen zufolge belaufen sich die externen lärmverursachten Kosten in der Schweiz auf über eine Milliarden Franken (vgl. Maibach, Schreyer et al., 2008). Europäische und US-amerikanische Studien haben darüber hinaus einen Zusammenhang zwischen Umweltlärm und dem Immobilienmarkt nachgewiesen, wo Lärmsteigerungen zu einem Sinken der Immobilienpreise um bis zu 10% führen können (vgl. Theebe, 2004: S. 31).

Die so zusammengetragenen und gewonnenen Einblicke in die Thematik Lärm und Citizen Science stellen dabei keine rein akademische Übung dar, sondern dient als Grundlage für die Entwicklung eines „Lärm Moduls für junge Citizen Scientists“. In diesem erfahren SchülerInnen der Sekundarstufe II nicht nur eine thematische Auseinandersetzung mit dem Thema Lärm, sondern reflektieren auch ihre individuelle Lärmwahrnehmung. Im Zuge des Moduls ist auch eine praktische Durchführung von Lärmmessungen bei Rundgängen, deren Ergebnisse gleich im Anschluss visualisiert und diskutiert werden, vorgesehen. In pädagogischer Hinsicht folgt die Modulgestaltung dabei dem Unterrichtskonzept der didaktischen Rekonstruktion. Diese zeichnet sich dadurch aus, dass großer Wert auf den Einbezug der Erfahrungswerte der SchülerInnen gelegt wird, indem viele Gelegenheiten zum Einbringen eigener Erlebnisse, Meinungen und Vorstellungen geboten werden. Unterstützt wird dieser Ansatz durch den Einsatz unterschiedlicher Geomedien in der technischen Modulumsatzung: ArcGIS Storymap dient dazu, neben rein bildlich-textlichen Präsentationsinhalten die Möglichkeit zur Einbettung von Webmaps, Hörbeispielen und Umfragen zu ermöglichen. Erstrebenswert wäre, wenn das Angebot bei den SchülerInnen a) zu einer Sensibilisierung für die Lärmthematik führt; b) die Motivation zur (späteren) Beteiligung an Citizen Science Projekten stärkt und/oder c) generell Interesse für MINT-Fächer gestärkt/geweckt wird. Die Entwicklung des Lärm-Moduls erfolgt in Zusammenarbeit mit dem aspern.mobil LAB in Wien, das ein erfahrener Partner im Bereich Citizen Science und BürgerInnenbeteiligung ist.

Wenngleich Lärm ein Phänomen darstellt, das quasi jede/n in der einen oder anderen Form betrifft, ist ein großer Teil der Lärmempfindlichkeit subjektiv geprägt. Trotz dieser starken subjektiven Beeinträchtigung ist sich die medizinische Forschung einig, dass gewisse Formen von Lärm (chronisch, Lärmspitzen,...) Physis, als auch Psyche des Menschen beeinflussen können. Lärmbelastung wird von der European Environmental Agency als zweitstärkster Faktor für durch Umweltbelastungen hervorgerufene Erkrankungen und Todesfälle in Europa angegeben (vgl.

European Environment Agency, 2020: S. 73). Auch in Umfragen wie zB. des Deutsches Bundesamts wird Lärmbelastung als eine der Top-Belastungen genannt (vgl. Umweltbundesamt Deutschland, 2019), dennoch wird dem Thema im Vergleich zu Luftverschmutzung wenig (wenngleich zunehmend) Aufmerksamkeit gewidmet.

Die Europäische Union (EU) verfügt mit der 2002 erlassenen Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm (Environmental Noise Directive 2002/49/EC) über eine großräumige Policy zu verpflichtender Erstellung strategischer Lärmkarten für Städten mit mehr als 100.000 EinwohnerInnen. Diese beruhen in der Regel auf Modellierungen, die auf Grundlage der verfügbaren Datenbasis (Topographie, Bebauung, Verkehrsaufkommenszahlen) erstellt werden.

Europaweit existieren bereits einige Citizen Science Initiativen, die sich mit Lärm befassen, und bedenkt man den ausgeprägten Alltagsbezug und Betroffenheitsgrad vieler, scheint das Thema geradezu prädestiniert für Citizen Science Ansätze. Smartphones bieten mit ihren eingebauten Schall- und Positionierungssensoren die Möglichkeit zur schnellen, unkomplizierten Datenerfassung. Bei den so gesammelten Messwerten stellt sich allerdings die Frage nach der Verlässlichkeit und Validität der erfassten Messwerte. Bei eigenständigen Lärmsensoren hingegen ist eine Abwägung zwischen Kosten und Einsatznutzen nötig. Und nicht zuletzt ist beim Einsatz einer Citizen Science Applikation die der Anwendung zugrundeliegende räumliche Dateninfrastruktur (SDI) zu berücksichtigen, zumal hier neben Datenorganisation und -speicherung auch Datenschutzthemen und praktikable Visualisierungstechniken von Relevanz sind.

Damit ein Citizen Science Projekt (langfristig) funktioniert, braucht es engagierte BürgerInnen. Auch hinsichtlich der Qualität der Beiträge (je nach Partizipationsformen z.B. gesammelte Daten, Mitwirkung an Konzepterstellung oder Auswertungen, ...) werden in der wissenschaftlichen Literatur die Vorteile von Vorerfahrungen hervorgehoben.

Bewusstseinsbildung zu Umweltthematiken setzt daher günstigerweise früh an, um ein „erwünschtes Verhalten“ - in diesem Fall die Sensibilität für Lärmthematik sowie Motivation zur Beteiligung an Citizen Science Initiativen - zu stärken. Im Hinblick auf die Thematik Lärmbelastungen und den Wert von Citizen Science für Forschung und Gesellschaft, wird die Ansprache von SchülerInnen - in der vorliegenden Arbeit mit dem Fokus auf der Sekundarstufe II - als geeignet angenommen: Einerseits, um das Lärmbewusstsein zu schärfen, andererseits um eventuell zu späterer Mitwirkung an Citizen Science zu motivieren (exploratives Erleben, um spätere Kontaktbarrieren abzubauen) und vielleicht auch, um SchülerInnen über den Zusammenhang ihrer Alltagserfahrungen mit Lärm für Technik oder sogar ein MINT-Studium zu begeistern.

Zusammenhang von Lärm, Lärmschutz und Citizen Science

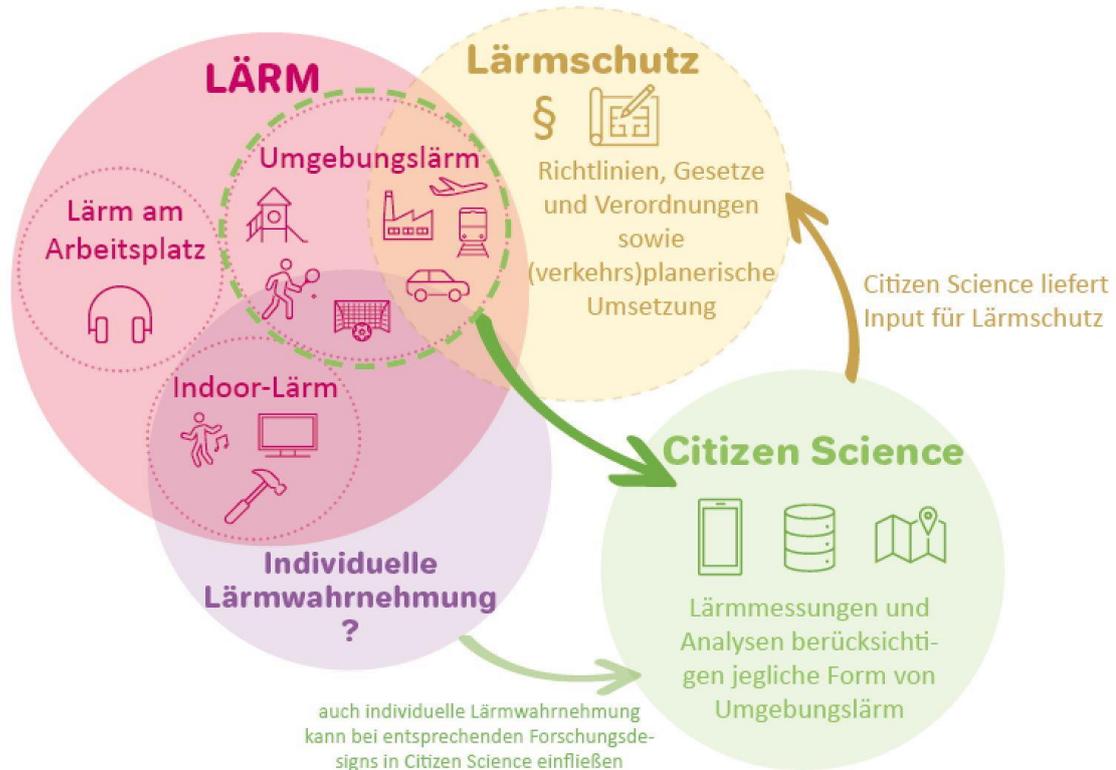


Abbildung 1: Überblick über Zusammenhänge von Lärmverursachung, Lärmschutz, individueller Wahrnehmung und Citizen Science. Quelle: eigene Darstellung

Lärm kann eine Vielzahl an Verursachern haben und so existieren einige Unterscheidungsformen, die Lärm typisieren (wenngleich Lärmereger nicht immer eindeutig zuordenbar sind). Umgebungslärm umfasst Lärm, der vom Menschen verursacht im Freien stattfindet. Industrielärm oder Fluglärm können aber zugleich auch Lärm am Arbeitsplatz zugeordnet werden. Lärmschutz vor Umgebungslärm, wie in der EU-Richtlinie zu Umgebungslärm festgehalten ist, bezieht sich wiederum nur auf einen Teil des Umgebungslärms – nämlich Straßenverkehrslärm, Schienenverkehrslärm, Flugverkehrslärm sowie Lärm von Industrieanlagen. Und auf diese beziehen sich folglich dann auch verkehrs- und raumplanerische Maßnahmenstrategien, die die strategische Lärmkarte als Entscheidungsbasis heranziehen. Das individuelle Belästigungs- bzw. Beeinträchtigungsempfinden hingegen kann sich davon noch einmal unterscheiden, denn hier stören oft Lärmarten, die Indoor-Lärm (bzw. sozialem Lärm) zuzuordnen sind, beispielsweise laute Partys, Heimwerken,... hinzu. Wohl sind diese in kommunalen Verordnungen zu Ruhezeiten berücksichtigt, ebenso wie Lärm am Arbeitsplatz durch das Arbeitnehmerschutzgesetz geregelt ist. In der strategischen Lärmkartierung werden sie hingegen nicht reflektiert, ebenso wenig wie Freizeitlärm (z.B. von Spielplätzen, Sport- und Veranstaltungsstätten). Citizen Science wiederum bietet hier die Möglichkeit, dass in partizipativen Lärmkartierungen sämtliche Formen von Umgebungslärm erfasst werden, inklusive Freizeitlärm und auch inklusive natürlicher

Lärmphänomene (wie das Rauschen eines Baches,...). Es ist sogar möglich, individuelles Lärmempfinden durch Annotation der Lärmmessungen miteinzubeziehen. Partizipative Lärmkartierung bietet damit Potenzial, Lärmschutzstrategien der öffentlichen Hand mit zusätzlichen Erkenntnissen zu komplementieren und durch eine andere Perspektive auf die Thematik sowie die Betroffenen neue Einsichten zu gewinnen.

1.2 Zielsetzung und Erkenntnisinteresse

Für das Gelingen von Citizen Science Projekten ist die Bereitschaft von BürgerInnen zur Mitwirkung ausschlaggebend. Eine Schweizer Untersuchung zur Motivation potenzieller TeilnehmerInnen hat aufgezeigt, dass Jugendliche eine der fünf Hauptsegmente darstellen, die sich potenziell für Citizen Science Projekte begeistern lassen (vgl. Füchslin, Schäfer et al., 2019: S. 660). Gleichzeitig wirkt es sich (auch längerfristig) positiv auf die Beteiligung aus, wenn bereits eine gewisse Vorerfahrung mit Citizen Science Projekten vorhanden ist. Die Erarbeitung des Lärmmoduls setzt hier an und bereitet die Thematik Lärm für SchülerInnen der Sekundarstufe II in einer Weise auf, dass neben einer erfahrungszentrierten Erarbeitung theoretischer Grundzüge auch ein erster Kontakt mit Citizen Science durch aktive Lärmdatenmessungen ermöglicht wird. Hinsichtlich der Modulerarbeitung ergeben sich daher folgende Zielsetzungen:

- **Entwurf einer Vermittlungsstrategie für die Thematik Lärm und Gesundheit**
- **Bereitstellung eines durchführungsreifen Moduls für SchülerInnen der Sekundarstufe II** von der Aufbereitung didaktischer Grundlagen über die Datenaufnahme hin zur Visualisierung und Diskussion
- **Bewusstseinsbildung zu (individueller) Lärmwahrnehmung und Gesundheit, dem Wert von Citizen Science in der Lärmforschung sowie möglichen Bias**
- **Erarbeitung einer Disseminationsstrategie und Empfehlungen zur Adaption und Weiterentwicklung des Moduls**

Ziel der Masterarbeit ist daher, einen Citizen-Science-orientiertes Modul bereitzustellen, das SchülerInnen der Sekundarstufe II einen bewusstseinsbildenden, motivierend-aktivierenden Zugang zur Lärmthematik und dem Wert von Citizen Science ermöglicht. Die Vermittlungsmethode baut dabei auf digitale Geomedien und einen explorativ-partizipativen didaktischen Ansatz (didaktische Rekonstruktion).

Da nahezu jede/r Erfahrungen mit Lärm macht, werden Alltagserfahrungen der TeilnehmerInnen als Ausgangsbasis eines gemeinsamen Verständnisses angenommen. Inhaltlich wird nicht nur das Phänomen Lärm in seiner physikalischen Messbarkeit, sondern auch die gesundheitliche Relevanz und subjektive Ausprägung von Lärmwahrnehmung erarbeitet.

Aufbauend auf das „Erfolgserebnis“, selbst an einer Lärmkartenerstellung mitzuwirken, wird der Wert von Citizen Science Beiträgen für Forschung und Gesellschaft hervorgehoben, aber auch für Bias sensibilisiert, die bei Datenerhebung oder Erkenntnisgewinnung auftreten können.

Die Modulaufbereitung umfasst schließlich die didaktisch durchführungsreife Aufbereitung von:

1. Theoretischem Input zum Thema Lärm (Was ist Lärm und wie wirkt er sich aus? Datenaufnahme und Kartierung) und Citizen Science
2. Praktischer Durchführung und Lärmdatenaufnahme im Zuge eines Rundgangs
3. Diskussion der visualisierten Werte: Karte und Statistiken, Möglichkeit von Bias

Um eine weitere praktische Anwendung zu unterstützen, wird schließlich auch eine Disseminationsstrategie erarbeitet.

2 Gegenwärtiger Forschungsstand und Problemstellung

In der wissenschaftlichen Forschung erfuhr das Thema Lärm zunächst vor allem hinsichtlich der Lärmbelastung am Arbeitsplatz Aufmerksamkeit. Später wurde der Forschungsfokus breiter und auf sozialen Lärm (beispielsweise durch Events oder Nachtleben hervorgerufen) und Umweltlärm (z.B. durch Verkehr, Industrie verursacht) ausgedehnt. Diese Lärmexpositionen wurden mit einer Reihe akustischer und nicht-akustischer Gesundheitseffekte in Verbindung gebracht (vgl. Basner, Babisch et al., 2014: S. 2).

Da sich die vorliegende Arbeit auf Lärmmessungen im Kontext von Citizen-Science bezieht, sind sowohl der Literaturstand zur akustischen und medizinischen Lärmforschung als auch zu Citizen-Science – mit Fokus auf Lärm – von Relevanz. Die akustisch-physikalischen Grundlagen von Lärm als Form von Schall bilden die naturwissenschaftliche Basis für Lärmmessungen. Grundlegende Erkenntnisse aus der Schallforschung sind daher für das Verständnis, Lärmdatenerhebung und -auswertung unabdingbar.

Da jedoch das Lärmempfinden stark subjektiv geprägt ist, kann und soll eine integrierte Betrachtungsweise des Phänomens „Lärm“ angestrebt werden. Die Berücksichtigung der individuellen Komponente ist im Hinblick auf wechselseitiges Interessensverständnis von ForscherInnen und involvierten Citizen Scientists sowie zur weiterführender Forschungsakzeptanz unabdingbar.

Insbesondere den gesundheitlichen Auswirkungen von Lärm kam in der wissenschaftlichen Literatur bisher große Aufmerksamkeit zu: Zahlreiche Studien und (langzeit-)Untersuchungen bestätigen durch Lärm verursachte negative Gesundheitseffekte auf den Menschen. Auch durchgeführte Metastudien kommen zum Ergebnis, dass Lärm – trotz immanenter subjektiver Sensibilität – deutliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit hat. Im Zuge der Arbeit wird insbesondere auf jene Gesundheitsaspekte eingegangen, die den WHO-Guidelines zufolge ausreichend Evidenz aufweisen, als tatsächlich auf Umgebungslärm verursacht angenommen zu werden (vgl. World Health Organization, 2018: S. 10-14).

MURPHY und KING merken an, dass trotz umfassender Behandlung des Themas Lärm in der Literatur, dem Teilgebiet Umgebungslärm im Vergleich mit anderen Umweltschadstoffen (wie z.B. Luftschadstoffen) noch relativ wenige Beachtung geschenkt wurde. Gleichzeitig betonen sie die wachsende Bereitschaft von BürgerInnen, sich in ihrem Umfeld mit Lärm zu befassen und zu engagieren:

„... there have been surprisingly few titles that explore issues around environmental noise. This is somewhat unexpected given that there seems to be more awareness and attention not only among policymakers about noise pollution issues but also among the general public who are much more educated and indeed exercised to action about noise pollution issues in their local communities than in the recent past“ (Murphy & King, 2014a: S. 4).

Bei zunehmender Aktivierung von BürgerInnen ist davon auszugehen, dass (der Wunsch nach) Partizipation sich nicht lediglich auf die Teilnahme an Informationsveranstaltungen und Petitionen beschränkt. Aktive Citizen Science Ansätze streben eine weiter gefasste Beteiligung an, wie die Mitwirkung an der Datenerhebung, an der Gestaltung von Forschungsfragen oder dem Forschungsdesign, oder durch die Einbringung lokalen ExpertInnenwissens.

In den vergangenen sieben Jahren wurde Lärm als Gegenstand von Citizen Science in einigen wissenschaftlich begleiteten Projekten aufgegriffen, auf deren Erfahrungswerte die Arbeit aufbauen kann: So werden partizipative Lärmkartierung bereits seit circa einem Jahrzehnt von diversen Initiativen (oft in Zusammenarbeit mit Universitäten) immer wieder aufgegriffen. Wiederholt thematisiert wird auch, inwiefern mit dem Smartphone erhobene Lärmdaten (eigentlich: Schalldruckpegel) eine ausreichende Qualität aufweisen, um als seriöse Quellen zu dienen. Jüngere Untersuchungen kommen dabei zum Ergebnis, dass das Smartphone durchaus geeignet sein kann, um einen groben Überblick zur Lärmsituation zu erhalten. Es wird aber auch eingeräumt, dass externe Sensoren zumeist genauere Ergebnisse liefern (vgl. Gwenaël, Arnaud et al., 2016: S. 145-146; luftdaten.info; Murphy & King, 2016: S. 22; Raphaël Ventura, Vivien Mallet, Valérie Issarny et al., 2017: S. 3092). Nennenswert ist in diesem Zusammenhang die (Android-basierte) Open Source Applikation *Noise Capture*, die es sich zum Ziel gesetzt hat, durch BürgerInnenpartizipation verlässliche Lärmdaten mit hoher räumlicher und zeitlicher Abdeckung zu sammeln. Neben der aktiven Mitwirkung stellt die Plattform auch die erhobenen Daten zur Ansicht und zum Download zur Verfügung. Allerdings richtet sie sich in erster Linie an ExpertInnen und Personen mit einem gewissen Vorwissen - um eine möglichst hohe Datenqualität der Messungen sicherzustellen (vgl. Picaut, Fortin et al., 2019: S. 25). Die Zielgruppendefinition für das „Lärmmodul“ ist hingegen dediziert auf SchülerInnen der Sekundarstufe II ausgerichtet, die mutmaßlich keine oder nur geringe Kenntnisse in Citizen Science und/oder Lärmdatenerhebung aufweisen. Daher ist ein geeigneter Rahmen für die Datensammlung und -visualisierung im Zuge des Moduls zu empfehlen, während die Nutzung der *Noise Capture Map* als vorübergehende Lösung installiert werden kann. Hilfreich ist, dass die *Noise Capture App* als Open Science Produkt für eigene Anpassungen über das Web unter <https://github.com/lfsttar/NoiseCapture> zur Verfügung steht. Somit kann sie als Ausgangspunkt für eine eigene individualisierte Version dienen.

Besonders auffällig hinsichtlich des gegenwärtigen Forschungsstandes ist, dass sich eine ganze Reihe von Publikationen mit der Genauigkeit von Smartphones für partizipative Lärmmessungen befassen (vgl. Empa Materials Science and Technology, 2018; Faber, 2017; Picaut, Fortin et al., 2019; Raphaël Ventura, Vivien Mallet, Valérie Issarny et al., 2017), wobei auf die Auswirkungen von Betriebssystem, Hard- und Software eingegangen wird, sowie Möglichkeiten zur Verbesserung der Genauigkeit aufgezeigt werden. Des Weiteren existieren auch zahlreiche Publikationen

mit Bezug zu Projekten und Initiativen, die partizipative Lärmkartierungen durchführen (vgl. Bocher, Petit et al., 2016; D'Hondt, Stevens et al., 2013; Leung, Yen et al., 2004; Murphy & King, 2014d; Picaut, Fortin et al., 2019). Hinsichtlich der tatsächlichen Verwendung der erfassten Daten und erstellten Karten findet sich hingegen – mit Ausnahme der Eignung als Argumentationsbasis für Bürgerinitiativen – kaum Literatur. Aus diesem Grund wurde im Zuge der Diplomarbeit zu zwei mit Lärmimmissionen befassten öffentlichen Stellen (Magistrat Wien und Land Salzburg) Kontakt aufgenommen und ein Interview sowie Email-Austausch zum Potenzial partizipativer Lärmkartierung geführt, um dem Aspekt der Verwendbarkeit partizipativer Lärmkartierung in der (verkehrs)planerischen Praxis näher zu beleuchten.

3 Methodologie und Methodik

3.1 Forschungsfragen

Die Erstellung des Lärmmoduls bildet das Kernelement der Arbeit, in dessen Umfeld weitere relevante Aspekte zu berücksichtigen sind: Werden Lärmdaten partizipativ erfasst, stellt sich auch die Frage nach der Genauigkeit dieser Daten ebenso wie nach dem Potenzial, das diese Erkenntnisse aufweisen, um in weiterer Folge Verwendung in der (Verkehrs)Planung zu finden. Die wissenschaftliche Elaboration der Arbeit und insbesondere deren Forschungsmethodologie wird dabei von folgenden Forschungsfragen geleitet:

Mit welchen didaktischen und technischen Methoden können Lärmbewusstsein und der Wert von Citizen Science als Modul/Workshop für SchülerInnen der Sekundarstufe II aufbereitet werden?

Forschungsfragen hinsichtlich der didaktischen Modulaufbereitung:

- Wie können Lärmbewusstsein und partizipative Lärmkartierung als Citizen-Science-Ansatz in einem Modul/Workshop aufgesetzt und vermittelt werden?
- Welcher didaktische Rahmen ist geeignet, um SchülerInnen der Sekundarstufe II die Thematik Lärmbewusstsein und partizipative Lärmkartierung zu vermitteln?

Forschungsfragen hinsichtlich technischer Modulimplementierung:

- Welche technische Implementierung eignet sich für das Aufsetzen des Lärm-Moduls gegenwärtig und welches Optimierungspotenzial besteht für eine zukünftige Version?
- Wie können Software und Services zu einer integrierten, interaktiven Gesamtpräsentation kombiniert werden?

Hinsichtlich der Selbstevaluation nach praktischer Durchführung:

- Konnte bei den SchülerInnen Interesse an der Thematik geweckt werden?
- Zeigten sich die SchülerInnen motiviert, an den Diskussionen teilzunehmen und die Eigenschaften von Lärm und Lärmwahrnehmung näher kennenzulernen?
- Welche Anpassungen oder Weiterentwicklungen können nach der praktischen Moduldurchführung empfohlen werden?

Hinsichtlich der Verwendbarkeit partizipativer Lärmkartierung:

- Welche Voraussetzungen müssen bei Citizen Science Projekten gegeben sein, um zu einer aussagekräftigen partizipativen Lärmkartierung zu gelangen?
- Welche Verwendungsmöglichkeiten werden gegenwärtig seitens der Verwaltung gesehen?
- Wie könnten künftige Verwendungsmöglichkeiten mit Planungsbezug aussehen?

3.2 Methodologie und Methodik zur Beantwortung der Forschungsfragen

Im Folgenden wird beschrieben, welche Methoden für die oben angeführten Forschungsfragen angewandt werden und wieso diese gewählt wurden.

- Das „Wie“, also die Vermittlungsstrategie zu Lärmbewusstsein und partizipativer Lärmkartierung, ergibt sich durch eine kompositionelle Abwägung von theoretischer Hinführung auf die Thematik und praktischer Anwendung durch Lärmmessungs-Rundgänge. Die theoretische Hinführung auf die Thematik erfolgt durch eine Auswahl an Aspekten (physikalische Grundlagen, Gesundheitsauswirkungen individuelles Lärmempfinden, Techniken der Lärmkartierung und Citizen Science) aus der Literatur, die im Hinblick auf den Modulzweck umformuliert und mit aktiven Elementen (Hörbeispiele, Umfragen) untermauert werden um das Schülerverständnis zu fördern.
Hinsichtlich der didaktischen Modulaufbereitung kann bereits auf bestehende Erfahrungswerte als Workshopleiterin zurückgegriffen werden, bei der das Modell der didaktischen Rekonstruktion ebenfalls zur Anwendung gelangt und sich als gut funktionierend erwiesen hat. Die Erkenntnisse werden durch Literaturrecherchen untermauert und dargelegt (vgl. Gomez & Zhuraleva, 2017; Kircher, 2015; Reinfried, Mathis et al., 2009).
- Entscheidungen zur technischen Implementierung des Moduls erfolgen auf Grundlage von Testung, Gegenüberstellung und Bewertung verschiedener verfügbarer Softwaremöglichkeiten von Schallpegelmess-Apps. Auch ein Vergleich möglicher Präsentationsformate inklusive programmiertechnischer Einbettungsmöglichkeiten externer Webinhalte dient der Identifizierung einer günstigen Umsetzung. Dabei erfolgt eine Abstimmung mit Kollegen des *Instituts für Visual Computing & Human-Centered Technology* hinsichtlich der Integrierung eigener Lärmmesswerte in deren Datenbank und Visualisierung über eine dynamische Webmap.
- Die Methode der praktischen Selbstevaluation, die zur Bewertung der Moduldurchführung angewandt wird, stellt ein im Bildungsbereich verbreitetes Verfahren der Kompetenzbilanzierung dar und gelangt im Zuge einer ex-post Selbstbewertung zum Einsatz. Zusätzlich werden kollegiale Hospitationen der praktischen Moduldurchführungen als Verfahren der Fremdbeobachtung eingeholt (vgl. Preißer, 2007: S. 5 ; Schobert, 2019). Diese dienen dazu, weiterführende Empfehlungen für eine künftige Entwicklung und Optimierung des Moduls zu gewinnen.
- Welche Voraussetzungen für die erfolgreiche Durchführung von Citizen Science Projekten günstig sind, wird durch eine vergleichende Literaturanalyse behandelt, da hier bereits Forschungserkenntnisse zu einigen Initiativen vorliegen. Die Verwendbarkeit der Ergebnisse partizipativer Lärmkartierung in der (verkehrs)planerischen Praxis hingegen wird auf Basis der Erkenntnisse eines leitfadengestützten qualitativen Interviews mit

einem für Lärmschutzagenden zuständigen Beamten des Wiener Magistrates diskutiert. Unter Miteinbezug der gegenwärtigen Verwendungseinschätzung von öffentlicher Seite können im Ausblick auch Vorschläge für künftige Anwendungsmöglichkeiten erbracht werden.

Die größte Herausforderung der Diplomarbeit bestand darin, die drei Aspekte 1) Lärm; 2) Citizen Science; 3) die didaktische Herangehensweise theoretisch aufzuarbeiten und in einer praktischen Zusammenführung aufzubereiten. Die nachfolgende Übersichtszusammenstellung verdeutlicht, wie diese drei Komponenten ineinandergreifend behandelt werden.

Methodologie

zur Kombination der drei Aspekte
Lärm - Citizen Science - didaktische Aufbereitung

	Lärm	Citizen Science	Didaktik
>> Literaturanalyse	physikalische Grundlagen Gesundheitsauswirkungen individuelles Lärmempfinden Lärmkartierungen	Recherche zu Initiativen zu Lärmmessung in CS-Projekten Eignung und Validität von Lärmmessungen mit mobilen Endgeräten	didaktische Rekonstruktion
>> Kooperationen	Aspern Mobil Lab: Anforderungsanalyse an "Lärm-Modul", Beratung und Feedback, technische Ausrüstung, Abhaltungsort Institut of Visual Computing & Human Centered Technology (TU Wien): Verwendung von "Sensorboxes" & Integration mobil gemessener Werte in Datenplattform iDEAS:lab Salzburg: technische Ausrüstung, Abhaltungsort		
>> Auswahl Hard- und Software für Lärmmessungen	Hardware: Android Mobiltelefone/Tablets Software: Noise Capture App für mobile Endgeräte		
>> Testen und Vergleichen	Erhebungsmethoden: Mobile Devices, Lärmberechnung lt. RVS und Lärmkarte		
>> Dateninfrastruktur/ SDI	Datenaufnahme mit Noise Capture App ↓ Speicherung und Teilen als JSON-Datei ★ ↓ Scriptauslesung und Datenbankablage ★ ↓ Interaktive Visualisierung ★		
>> Modulkonzeption	Auswahl an Elementen, die in die Theoretische Vermittlung zum Thema Lärm einfließen sollen		Materialaufbereitung und Präsentationserstellung (ArcGIS storymaps) sowie UserGuide
>> Moduldurchführung	1. Einleitung unter Bezugnahme auf Erfahrungen/SchülerInnenperspektiven zum Thema Lärm 2. Theoretischer Teil mit fachlicher Klärung des Phänomens Lärm 3. Rundgang zur Lärmdatenerhebung mit mobilen Endgeräten (Smartphone, Tablet) 4. Diskussion der visualisierten Lärmkarten/Lärmkartierung, Thematisierung von Bias		
>> Selbstevaluation des Moduls	Haben die SchülerInnen einen Erkenntnisgewinn zum Thema Lärm davongetragen?	Hat die technische Umsetzung (Rundgang mit Lärmdatenerhebung) funktioniert?	War die didaktische Aufbereitung adäquat? Was kann verbessert werden?
>> Empfehlungen zur Revision	Vorschläge zur Verbesserung des bestehenden Konzeptes sowie zu künftigen Ausbauvarianten und alternativen Konzepten		
>> Disseminationsstrategie	Über welche Kanäle und mit welchen Mitteln empfiehlt es sich, das Angebot zu kommunizieren?		

★ Mit Sternchen gekennzeichnete Punkte werden künftig vorrangig vom Institute of Visual Computing and Human-Centered Technology bearbeitet

Abbildung 2: Herangehensweise bei der Modulkonzeption

In eine chronologische Reihenfolge gebracht ergeben sich die folgenden Arbeitsschritte (wie in Abbildung 2 ersichtlich):

Literaturanalyse und theoretische Themenaufbereitung:

Eine umfassende Literaturrecherche zu existierenden Initiativen und Projekten rund um Citizen Science für Lärmbelastung dient als Orientierung für die Modulausrichtung. Die Literaturrecherche zu den Themen Lärm, Lärmdatenerfassung sowie Citizen Science stellt die Grundlage für den theoretischen Moduleinstieg dar. Über diesen wird in der Folge der Konnex zwischen eigenem Erfahrungshorizont der SchülerInnen und Beteiligungsmöglichkeiten hergestellt.

Abstimmung inhaltlicher und technischer Konzeption:

Einen wesentlichen Teil der Arbeit bildet die Abstimmung der anvisierten Zielsetzung (thematische Vermittlungsinhalte, praktisches Ausprobieren von Schalldatenmessungen bis hin zu Visualisierung) mit der Machbarkeit und Möglichkeiten technischer Implementierung: Für die Aufbereitung des praktischen Teils sind Methoden zur Lärmdatenerhebung, -speicherung, -auswertung und -visualisierung ebenso abzuwägen der didaktische Zugang für die Zielgruppe.

Testung von Sensortypen und Implementierung der Spatial Data Infrastructure (SDI):

Die Testung der Sensortypen beinhaltete einen Vergleich der Messwerte eines Schallpegelmessgerätes (Klasse 2) mit Aufnahmewerten mobiler Endgeräte (iOS- und Android-basiert) und den modellierten Werten der strategischen Lärmkarte. Die geplante Testung der Sensorboxes konnte nicht stattfinden, zumal diese noch nicht zur Verfügung standen. Deren Testung wird nun nicht im Rahmen der Diplomarbeit, sondern seitens *des Instituts für Visual Computing & Human-Centered Technology* vorgenommen. Die Voraussetzungen und Möglichkeiten hinsichtlich der notwendigen Dateninfrastrukturen (Spatial Data Infrastructure - SDI) für die beiden Systeme Sensorbox und Smartphone wurden telefonisch mit den Kollegen diskutiert und wird ebenfalls durch das Institut für Visual Computing & Human-Centered Technology umgesetzt.

Vermittlungsstrategie und -medium:

Die Vermittlungsstrategien baut auf die eigenen Lärmerfahrungen der SchülerInnen auf: Es geht um die Konzeption einer erfahrungsbasierten, den explorativen Geist der SchülerInnen ansprechenden Aufbereitung von Inhalten und Anregungen, sich mit Lärm sowie der Erfassung und Verwendung von Lärmdaten auseinanderzusetzen. ArcGIS Storymaps bieten die Möglichkeit, thematische Modulinhalte sowie die Visualisierung der partizipativ erfassten Lärmdaten des praktischen Teils in einem Medium zu vereinen.

Das Erliegenkommen traditioneller Bildungs- und Arbeitsabläufe durch die erlassenen Covid-19 Schutzmaßnahmen verzögerte die praktische Moduldurchführung samt Selbstevaluation.

Organisatorische Einbettung und Kooperation:

Die inhaltliche Ausarbeitung des Moduls erfolgte in Abstimmung mit Dipl.-Ing. Christoph Kirchner vom aspern.mobil LAB. Das Modul wurde in Zusammenarbeit mit dem aspern.mobil LAB Wien entwickelt und wird auch dort künftig verankert. Eine weitere Einbettung des Lärmmoduls

ist für das iDEAS:lab Salzburg vorgesehen, auf dessen Ressourcen auch bei der Modulentwicklung zurückgegriffen werden konnte. Die technische Ausarbeitung im Bereich der Sensorbox sowie der Spatial Data Infrastructure obliegt dem *Institute of Visual Computing & Human-Centered Technology* der Fakultät für Informatik an der TU Wien.

Praktische Moduldurchführung:

Die ursprünglich angedachten Moduldurchführungen mit Schulklassen der Sekundarstufe II am Ende des Schuljahres 2020 für die Standorte Seestadt aspern.mobil LAB und iDEAS:lab Salzburg mussten aufgrund der Covid-19 Situation zunächst verschoben werden. Über den Sommer ergab sich schließlich die Möglichkeit, das Modul im Rahmen des MINT Ferienprogramms (initiiert von Arbeiterkammer und BFI Salzburg) an den Standorten Zell am See und Tamsweg abzuhalten. Das Modul wurde schließlich in zwei Workshops Ende August und Anfang September auf seine Performanz überprüft, allerdings mit TeilnehmerInnen der Sekundarstufe I (11-15jährige SchülerInnen).

Selbstevaluation:

Im Zusammenhang mit der praktischen Moduldurchführung wurden ex-post eine Selbstevaluation sowie zwei kollegiale Hospitation durchgeführt. Bei der praxisorientierten Selbstevaluation stellt das eigene professionelle Handeln den Gegenstand der Evaluation dar (Schobert, 2019). Das Verfahren der Selbstbewertung, ebenso wie die Fremdbeobachtung (hier: kollegiale Hospitationen), werden im Bildungsbereich häufig als qualitative Methoden der Kompetenzbilanzierung angewandt (vgl. Preißer, 2007: S. 5-6).

Beide Methoden dienen der Einschätzung, ob die Inhalte sowie das didaktische Format passend sind, die technische Handhabung funktioniert, die Motivation zur Mitwirkung bei den TeilnehmerInnen erwirkt werden und der eingeplante Zeitrahmen eingehalten werden kann. Identifizierte Anpassungsmöglichkeiten konnten somit im Nachhinein adaptiert werden, beziehungsweise Empfehlungen und Möglichkeiten für künftige Anpassungen gegeben werden. Die erarbeiteten Vorschläge für künftige Adaptionen sind zwar auf die Zielgruppe Sekundarstufe II abgestimmt – können aber auch für alternative Zielgruppen wie die interessierte Öffentlichkeit angepasst werden.

Disseminationsstrategie:

Damit das Angebot „Lärmmodul“ bekannt gemacht werden kann, ist es empfehlenswert, eine Disseminationsstrategie zu erarbeiten. In dieser werden Vorschläge erbracht, welche Kanäle und Mittel sich eignen, das Angebot öffentlich zu machen. Dabei ist eine kritische Selbstreflexion hinsichtlich der gesellschaftlichen Diversität der Zielgruppe (Inklusion und Exklusion von sozialen Gruppen) angebracht.

4 Lärm – Was ist das?

*„Die wild erregten Luftwellen toben und branden gegen die Hausmauern, jagen vor- und rückwärts, einen Ausweg suchend, wie die Gewässer in einem Kanal und erlauben niemandem, ihnen zu entgehen, der nicht etwa in einem Luftballon in stillere Regionen aufsteigt“
(Emmy von Dincklage, 1879)*

Nahezu jede/r von uns hat Erfahrungen mit und Vorstellungen von Lärm, auf die wir durch unsere Alltagserfahrungen zugreifen. Lärm hat also für uns eine persönliche Bedeutung, weil wir ihn erlebt haben und immer wieder erleben. Ad hoc werden uns einige Beispiele für Lärm einfallen, was Lärm für uns bedeutet. Vergleichen wir unsere Beispiele mit denen von Bekannten, Freunden, Familienmitgliedern oder Nachbarn, so ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass sich manche Nennungen entsprechen, andere hingegen unterscheiden, überraschen oder zum Nachdenken stimmen. Wir mögen uns vielleicht sogar fragen: „Wieso empfindest du DAS als Lärm?“. Das kommende Kapitel widmet sich der Frage, woher das Wort „Lärm“ stammt und was es bedeutet, was Lärm physikalisch ausmacht – und vor allem auch: Wieso er nicht für jeden von uns dieselbe Bedeutung besitzt.

4.1 Herkunft und Bedeutung des Terminus Lärm

4.1.1 Etymologie des Lärmbegriffs

Der Begriff Lärm ist mit tief verwurzelten kulturellen Zuschreibungen verbunden. Seinen Wortsprung hat das Wort Lärm im lateinischen „all’ arme!“ (zu den Waffen) und war damit zunächst ein militärischer Ausdruck. Aus dem Substantiv „Alarm“ – hergeleitet vom Ruf „All’arme“ – leitete sich in der früh-neuhochdeutschen Zeit der Ausdruck „lerman“ oder „larman“ ab. Die Bedeutung stand damit in engem Zusammenhang mit Gefahr – ein Umstand, der bis heute in den psychophysiologischen Auswirkungen von Lärm Entsprechung findet. Der ursprünglich militärische Gebrauch gelangte zunehmend in der zivilen Welt zu Verbreitung (vgl. Payer, 2003: S. 15). Seit dem 17. Jahrhundert findet sich der Begriff Lärm in Wörterbüchern verzeichnet, wobei zunächst noch der militärische Kontext dominiert. Im Jahr 1823 wird er aber bei ADELUNG bereits allgemein definiert als:

- „1) ein lauter, beschwerlicher Schall, ingleichen aus mehreren solchen Arten des Schalles zusammen gesetztes Getöse, auch ein heftiger Zank, Streit.*
- 2) ein mit einem verworrenen Geschreye verbundener Auf- oder Zusammenlauf mehrerer“ (Adelung, 1823: S. 19)*

Unerwünschtheit und Lästigkeit setzen sich als entscheidende Merkmale von Lärm in der zivilen Welt durch. Der Bedeutungsgehalt des Lärmbegriffs ist von nun an eng von bürgerlichen Wert- und Moralvorstellungen mitbestimmt (vgl. Payer, 2003: S. 15).

4.1.2 Von der Herausforderung Lärm zu definieren

Wissenschaftlich gesehen stellt die Definition von Lärm allerdings nach wie vor eine Herausforderung dar, zumal die Charakterisierung eines Geräusches als Lärm von der subjektiven Empfindung des exponierten Individuums abhängt. Andererseits sind Definitionen als Referenzpunkt für Regierungen, Behörden und (supra)nationale Organisationen relevant, die sich für Strategien und Maßnahmen gegen Lärmbelastung einsetzen (vgl. Murphy & King, 2014a: S. 3). Zumeist wird Lärm heute (z. B. in Rechtstexten) als „unerwünschter Schall“ definiert und enthält dadurch neben einer (bio)physikalischen auch eine medizinische und subjektive Komponente. Sollen Definitionen nun aber festlegen, wie Lärm als Umweltproblem ermittelt, reguliert und gemindert werden kann, werden subjektive Wahrnehmungen nicht als maßgeblich verstanden. Häufig wird hingegen eine Begriffsunterscheidung zwischen **Lärm** (*noise*) und **Umgebungs-lärm** (*environmental noise*) vorgenommen:

- **Lärm:** Die nachfolgenden Definitionen von Lärm weisen Übereinstimmung im Hinblick auf die Unerwünschtheit des Phänomens auf (was eine gewisse Wertehaltung impliziert) sowie den Bezug zur seiner neutralen akustisch-physikalischen Entsprechung als Geräusch/Schall:

„Noise is generally referred to as unwanted sound that can negatively disrupt human or animal life“ (Murphy & King, 2014a: S. 4)

„Lärm ist Schall, der irgendjemanden stört, belastet, ängstigt, beunruhigt, ablenkt, aufregt oder nervös macht“ (Geisel, 2018: S. 199)

„Lärm ist jedes unerwünschte laute Geräusch“ (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Nukleare Sicherheit, 2014)

„Lärm ist für den Menschen unerwünschter und störender Schall“ (Bundesministerium für Arbeit Soziales Gesundheit und Konsumentenschutz, 2018)

Wenngleich sich der Aspekt der Unerwünschtheit durch die Definitionen zieht, lassen sich auch Unterschiede ausmachen. Für GEISEL bezeichnet Lärm „Schall, der irgendjemanden stört, belastet, ängstigt, beunruhigt, ablenkt, aufregt oder nervös macht. [...] Die genaueste und knappste Definition lautet demnach: Lärm ist ein Geräusch, das alarmiert“ (Geisel, 2018: S. 199). Die Definition des deutschen Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Nukleare Sicherheit hingegen limitiert den Wirkungszusammenhang von Lärm auf unerwünschte, **laute**, Geräusche (vgl. Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Nukleare Sicherheit, 2014). Wie später im Kapitel zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Lärm dargelegt wird, ist ein auf Lautstärke ausgerichtetes Definitionskriterium allerdings kritisch zu hinterfragen, zumal auch leise Dauerbelastungen zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen können.

Zusammenfassend gesagt umfasst Lärm jegliche störenden Geräusche und damit eine Bandbreite, die im nachfolgend analysierten Terminus Umgebungslärm Einschränkung erfährt.

- **Umgebungslärm** ist definiert als jegliches unerwünschte Geräusch, verursacht durch menschliche Aktivitäten, das als belastend oder schädlich für die menschliche Gesundheit oder Lebensqualität betrachtet wird. Umgebungslärm bezieht sich dabei auf Außen-geräusche, die in der Regel durch Transport, Industrie und Freizeitaktivitäten verursacht werden, und den Menschen beeinträchtigen (vgl. Murphy & King, 2014a: S. 4). Lärmquellen in Wohnungen, wie beispielsweise Elektrogeräte oder sozialer Lärm (von Partys, Gesprächen, lauter Musik,...) werden in dieser Definition ausgeblendet, ebenso wie Lärmbeeinträchtigungen der Fauna.

So wird Umgebungslärm in der *EU-Umgebungslärmrichtlinie* Artikel 3 definiert als „unerwünschte oder gesundheitsschädliche Geräusche im Freien, die durch Aktivitäten von Menschen verursacht werden, einschließlich des Lärms, der von Verkehrsmitteln, Straßenverkehr, Eisenbahnverkehr, Flugverkehr sowie Geländen für industrielle Tätigkeiten [...] ausgeht;“ (Europäisches Parlament, 2019).

4.2 Lärm als gesellschaftliches und subjektives Problem

4.2.1 Soziohistorische Sicht auf Lärm

Lärm erregte zu allen Zeiten die Gemüter: Lärm fand und findet sich häufig an einem „Spitzenplatz“ in der Liste der am schlimmsten wahrgenommenen Umweltbelastungen⁴, so auch in repräsentativen Umfragen des deutschen Umweltbundesamtes (vgl. Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Nukleare Sicherheit, 2014). Dennoch wurde lange Zeit wenig über Lärm geschrieben: Nachdem der Philosoph Seneca eine frühe Theorie des Lärms entworfen hatte, befasste sich Arthur Schopenhauer 1819 mit einer systematischen Untersuchung von Lärm. Sein Lärmkonflikt repräsentiert im Grunde einen Klassenkonflikt, der sich in den rapiden wachsenden Städten des 19. Jahrhunderts zuspitzte. Für die Eliten des Bürgertums stellte Lärmempfindlichkeit ein Distinktionsmerkmal vom einfachen Volk dar. Im Zuge der Industrialisierung begann Lärm zunehmend ein öffentliches Ärgernis darzustellen: Ärzte und Psychiater wurden häufiger zu Lärmfragen konsultiert und medizinische Fachblätter und Tageszeitungen beteiligten sich an der Berichterstattung über die neuen akustischen Verhältnisse der Großstädte. Gesundheitsbeamte sowie Hygieneinspektoren registrierten einen deutlichen Anstieg bei Lärmbeschwerden, während Architekten, Städtebauer und Ingenieure nach Möglichkeiten zur Lärmreduktion suchten. Lärm stand für die StädterInnen hinter Geruchsbelästigung an zweiter Stelle der unangenehmsten Umweltbelastung (vgl. Payer, 2003: S. 6).

⁴ Lärm wurde schon früher nur durch den Störfaktor Geruchsbelästigung „übertroffen“ (vgl. Payer, 2003).

Fabriken, neue Verkehrsmittel wie Eisenbahn, Automobil und Straßenbahn ließen eine neue, allorts wahrnehmbare Geräuschkulisse entstehen, deren Zusammensetzung sich von den bisherigen Erfahrungen stark unterschied. Als Reaktion auf diese akustischen Veränderungen wurde Lärm Anfang des 20. Jahrhunderts in der öffentlichen Debatte zum Politikum – die empfundene Überreizung der Sinne führte zu einer urbanen Wahrnehmungskultur, in welcher Ruhe zur Tugend des Bürgertums erhoben wurde. Im Zuge dieser Tendenzen wurde die erste deutsche Antilärmbewegung vom Schriftsteller und Philosophen Theodor Lessing initiiert. Deren „Antilärmverein“ und der zugehörigen Vereinszeitschrift bildeten eine Plattform für lärmbeeinträchtigten Städter (vgl. Geisel, 2018: S. 202; Payer, 2003: S. 8). Dennoch blieben Initiativen gegen Lärm vorerst primär eine Angelegenheit bürgerlich-liberaler Schichten. Eine Beteiligung der Arbeiterschicht war kaum gegeben, obwohl gerade diese im Fabriksalltag erhöhter Lärmbelastung ausgesetzt waren (vgl. Payer, 2003: S. 8).

Eine Auseinandersetzung mit Lärm kann auch verbunden mit der Frage nach Macht gesehen werden: Wer belästigt wen? Oder noch prägnanter: Wer darf wen belästigen? GEISEL formuliert wie folgt: „Die Geräusche der Mächtigen [...] sind *per definitionem* kein Lärm. Sie alarmieren niemanden, denn sie bestätigen die herrschende Ordnung und haben daher den Anschein der Legitimität“ (Geisel, 2018: S. 202). Auch wenn dieser Ansatz interessante Einsichten birgt – beispielsweise hinsichtlich der schwindenden Akzeptanz von Kirchenglockenläuten – sind sie in anderen Fällen wie Sirenenheulen weniger anwendbar. Denn Sirenen alarmieren (was im Einklang mit der Wortherkunft von Lärm steht) und wenngleich das Geräusch gesellschaftlich notwendig anerkannt wird, hat es durchaus Potenzial, als Lärm interpretiert zu werden.

4.2.2 Zur Abgrenzungsproblematik individueller Lärmwahrnehmung

Im Folgenden wird die Abgrenzungsproblematik von Lärm in Bezug auf das Individuum und die Gesellschaft eingegangen. Wie erwähnt ist die tatsächliche Lärmwahrnehmung einer Person stark von ihrer subjektiven Interpretation abhängig. Die historisch herausgebildete Verbundenheit bürgerlicher Werte- und Moralvorstellungen mit der Semantik des Lärmbegriffs dient auch der Abgrenzung und Identitätsstiftung, was Lärm ausmacht. „Lärm ist das Geräusch der anderen“, stellt Kurt Tucholsky bereits in den 1920er Jahren fest (Tucholsky, 2005: S. 902) und spricht damit einen wesentlichen Aspekt der Lärmrezeption an.

Um ein geregeltes gesellschaftliches Zusammenleben ermöglichen zu können vertreten wir in der Regel den Standpunkt, dass subjektive Wahrnehmungen eines Individuums, einer Minderheit oder einer Gruppe nur insofern akzeptierbar sind, als die Lärmemissionen nicht die Rechte anderer an einer weitgehend lärmunbelasteten Umgebung beeinträchtigen (vgl. Murphy & King, 2014a: S. 5). Dass die Grenzen hier fließend verlaufen, vereinfacht die Interpretation nicht: So können zum Beispiel Geräusche spielender Kinder je nach Hörer ganz unterschiedlich – von ablehnend bis erfreut – beurteilt werden, was sich medial immer wieder anhand von

Nachbarschaftskonflikten rund um Kinderspielplätze oder Kinderbetreuungseinrichtungen nachvollziehen lässt. Auch der Musikgenuss des einen kann hinsichtlich Lautstärke oder Stilrichtung von den Mitmenschen als Lärm wahrgenommen werden (insbesondere bei Nachtlokalen oder Events); Und der Sound einer Harley Davidson mag den Eigentümer entzücken, die Nachbarschaft hingegen weniger. So schafft es die Lärmthematik immer wieder in die mediale Berichterstattung, wenn Nachbarn wegen angrenzender Kinderspielplätze vor Gericht ziehen wollen, Fahrverbote für Motorräder auf Bergstraßen diskutiert werden, ...

GEISEL führt an, dass sowohl die Art der Geräuschquelle als auch unser Verhältnis zu dieser ausschlaggebend sind, ob ein Geräusch als Lärm empfunden wird. Dabei spielt Lautstärke nicht zwangsmäßig eine Rolle: Auch leise Geräusche wie Ticken oder Tropfen oder das gedämpfte Geräusch eines Fernsehers, das aus der Nachbarwohnung herüberklingt, können als sehr störend empfunden werden. Vogelgezwitscher oder das Rauschen eines Wildbachs hingegen sind eher mit positiven Assoziationen verbunden und werden dadurch häufig als angenehm empfunden (vgl. Geisel, 2018: S. 199).

4.3 Physikalisch-Akustische Dimensionen von Lärm: Schall – Geräusch - Lärm

Nachdem zuvor die Relevanz individueller Interpretationen und Reaktionsmuster auf Lärm sowie die gesellschaftsrelevante Komponente angesprochen wurde, ist es wichtig, auf die physikalischen Eigenschaften von Lärm überzuleiten. Denn, wie GEISEL anmerkt: „Lärm ist Schall, der irgendjemanden stört, belastet, ängstigt, beunruhigt, ablenkt, aufregt oder nervös macht“ (Geisel, 2018: S. 35). Der Lärmbegriff als Schallereignis, das das menschliche Wohlbefinden beeinträchtigt, erfährt also eine subjektive Prägung. Messtechnisch zugänglich wird Lärm hingegen über das physikalisch beschreibbare Geräusch (vgl. Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Nukleare Sicherheit, 2014).

Zur begrifflichen Differenzierung der einzelnen akustischen Termini ist nachfolgend ein Kurzüberblick geboten. Die Darstellung von Schallereignissen kann mittels Oszillogramm (Schalldruckverlauf über die Zeit) und Frequenzspektrum erfolgen (vgl. Zünd, 2004):

- **Ton:** In der Akustik wird ein Audiosignal mit genau einer Frequenz als (reiner) Ton bezeichnet.
- **Klang:** Klänge hingegen bestehen aus mehr als nur einer Frequenz: Sie enthalten Grundschwingungen und Obertöne, die jeweils ein Vielfaches der Grundfrequenz darstellen. Die Grundschwingung bestimmt dabei die Klangcharakteristik.
- **Geräusch:** Geräusche zeichnen sich dadurch aus, dass sie eine Vielzahl verschiedener Frequenzen ohne bestimmtes Frequenzverhältnis enthalten. Der Charakter eines Geräusches wird durch dominierende Frequenzen bestimmt.

- **Schall:** Schall bezeichnet mechanische Schwingungen im hörbaren Frequenzbereich zwischen 16 Hertz und 20.000 Hertz. Die Schallausbreitung erfolgt über ein Übertragungsmedium (zB. durch die Luft), wobei durch die Bewegung der Gasmoleküle Druckunterschiede (Energie) weitergeleitet werden.

Wie sich Ton, Klang und Geräusch unterscheiden

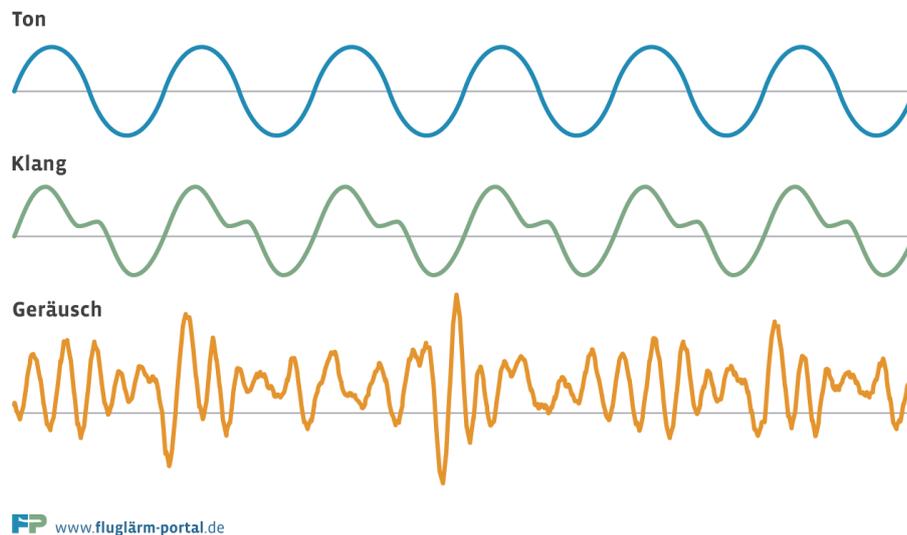


Abbildung 3: Oszillogrammtypen von Ton, Klang und Geräusch.
Quelle: Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft e.V., o. D.

4.3.1 Physikalische Grundlagen von Umgebungslärm

Aus physikalischer Sicht ist Lärm ein Geräusch, das als Schall über die Ohren wahrgenommen wird: Geräusche setzen sich aus Schwingungen mit unterschiedlichem Schalldruck (als laut oder leise wahrnehmbar) und verschiedenen Frequenzen (als hoch oder tief wahrnehmbar) zusammen (vgl. Bundesministerium für Arbeit Soziales Gesundheit und Konsumentenschutz, 2018). Geräusche werden von Schallquellen hervorgerufen, von denen sich der Schall als Wellen ausbreitet.

Schall als Welle:

Schall tritt als Druckveränderung in einem Medium (meist Luft) auf, die vom Atmosphärendruck abweicht und vom menschlichen Ohr registriert wird. Schall breitet sich in Wellenform aus und weist drei charakteristische Eigenschaften auf - Frequenz, Amplitude und Wellenlänge (vgl. Zünd, 2004):

- Die **Frequenz** bezieht sich auf die Anzahl der Schwingungen (Oszillationen) pro Sekunde, also die Schnelligkeit der Druckschwankungen. Sie wird in *Hertz* (Hz) gemessen. Hohe Frequenzen werden als hohe Töne wahrgenommen. Die Wahrnehmungsbreite des menschlichen Gehörs liegt bei 16 bis ca. 20.000 Hertz. Es gilt: $\text{Frequenz} = \text{Schallgeschwindigkeit} / \text{Wellenlänge}$.

- Die **Amplitude** bezeichnet den maximalen Druckwert und entspricht der Energiemenge der Welle. Die Amplitude bestimmt also die Größe Druckschwankungen - und damit auch wesentlich die Lautstärke.
- Die **Länge der Schallwellen**: Während die Schallgeschwindigkeit eine gleichbleibende Größe darstellt, ändert sich die Wellenlänge des Schalls, abhängig davon, ob es sich um hohe (kurze Wellenlänge) oder tiefe (lange Wellenlänge) Töne handelt (vgl. Grotz, 04.01.2018).

Ist man an der Lautstärke von Geräuschen interessiert, misst man den Druck der Schallwellen - auch **Schalldruckpegel** oder Schallpegel genannt. Der Messwert wird in der Einheit *Dezibel*, abgekürzt dB, angegeben. Anders als bei metrischen Einheiten stellen Dezibel ein logarithmisches Maß dar, das exponentielle Intensitätszuwächse abbildet. Je höher der Schalldruckpegel, desto lauter ist das Geräusch. Die Lautstärke ist darüber hinaus auch vom Abstand zur Schallquelle abhängig. Mit steigender Entfernung sinkt die Lautstärke. Bei der Erfassung von Lärmdaten wird in der Regel der Schalldruckpegel gemessen (vgl. Morat & Ziemer, 2018: S. 52) - entweder als Langzeitmessung an einem bestimmten Ort oder als kurzfristige Messungen, zB. um spezielle Phänomene zu erfassen. Auch bei der praktischen Moduldurchführung können mittels Smartphones, Tablets oder künftig auch Sensorboxes Schallpegelmessungen durchgeführt werden.

4.3.2 Lärm messen: Messdaten erfassen

Die Angabe des Schalldruckpegels als Dezibel (dB) erfolgt nach einer logarithmischen Zahlenskala. Diese stellt eine Vereinfachung dar, um eine lineare Angabe in Pascal zu vermeiden: Da der Schalldruck an der Schmerzgrenze ca. 3 Millionen mal größer als an der Hörschwelle ist, entsprechen Null Dezibel ca. 20 Mikro-Pascal, während die Schmerzschwelle von 130 Dezibel fast 100.000.000 Mikro-Pascal beträgt (vgl. Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Nukleare Sicherheit, 2014). Im Hinblick auf partizipative Schallpegelmessungen ist die Angabe des Schalldruckpegels als dBA (A für „adjusted“) weit verbreitet, wobei zusätzlich ein Filter angelegt wird, der das frequenzabhängige menschliche Hören mitberücksichtigt (vgl. Elektronik Kompendium, 28.08.2020).

Für die Messung von Schalldruckpegeln stehen in professionellen Anwendungsgebieten spezielle Schallmessgeräte der Klasse 1 (gemäß Norm IEC 61672-1 für Schallpegelmessgeräte) zur Verfügung (vgl. IEC - International Electrotechnical Commission, 2013). Diese werden vor jedem Einsatz mit einem geeichten Gerät kalibriert, um bei den Messungen höchstmögliche Genauigkeit zu erzielen. Da solche Geräte kostspielig, groß und schwer sind, kommen sie allerdings im Kontext von Citizen Science kaum zum Einsatz. Auch im Rahmen der Moduldurchführung mit SchülerInnen wird es nicht möglich sein, dass solche Geräte zur Anwendung kommen. Stattdessen wird auf kompakte Formen von Lärmsensoren zurückgegriffen: die in Smartphones und

Tablets verbauten Mikrofone oder die an der TU Wien entwickelte Sensorboxes, wenn diese zur Verfügung stehen.

Um den Schallpegel dennoch möglichst genau zu messen, gibt es Anleitungen, wie das Gerät bei der Aufnahme zu handhaben ist, damit die Sensoren bestmöglich und unbeeinflusst funktionieren können.

Lärmerhebungen per Smartphone haben den Vorteil, dass in den Messungen alle Quellen von Umgebungslärm mitberücksichtigt werden, während traditionelle Methoden auf die modellierten Quellen - häufig bestimmt durch Verkehrsaufkommensraten - beschränkt sind und dadurch z.B. Stimmen, Vögel, menschliche Aktivitäten, Wind, Helikoptergeräusche,... unberücksichtigt bleiben (vgl. Gwenaël, Arnaud et al., 2016: S. 141). Gleichzeitig kann dies auch einen Nachteil darstellen, weil kurzfristig auftretende Lärmphänomene (Spitzenwerte) die Messung stark beeinflussen können und keine Repräsentativität für eine generelle Lärmsituation darstellen. Die Brauchbarkeit solcher Messungen hängt aber immer von der jeweiligen Fragestellung ab (vgl. See, Mooney et al., 2016: S. 2).

Lärmdatenerfassung auf Smartphones haben noch weitere Nachteile: So ist das Smartphone während der Aufnahmezeit für andere Verwendungen (Telefonieren sowie die Verwendung anderer Anwendungen inklusive Surfen im Internet) blockiert, um das Aufnahmeergebnis nicht beeinflussen oder verfälschen. Des Weiteren ist es für Langzeitmessungen an einem bestimmten Ort weniger geeignet - einerseits, weil es damit über längere Zeit an den Zweck der Lärmdatenerfassung gebunden ist, andererseits, weil auf Akkulaufzeit, Lademöglichkeit sowie gegebenenfalls Witterungsschutz achtzugeben ist.

5 Lärmschutz in Österreich

*„Die Verbesserung der städtischen Lebensbedingungen durch die allgemeine Einführung des Motorfahrzeugs kann kaum überbewertet werden ... Leichte gummbereifte Fahrzeuge, die schnell und geräuschlos über den glatten Straßenbelag fahren, werden die Nervosität, die Ablenkung und den Stress der modernen Zeit größtenteils eliminieren.“
(Aus „Scientific American“, 1899)*

Um zu verstehen, auf welcher Basis Lärmschutz in Österreich derzeit funktioniert – und inwiefern partizipative Lärmkartierung dazu beitragen kann – werden nachfolgend die wichtigsten rechtlichen Grundlagen vorgestellt, auf denen Lärmschutz in Österreich beruht. Dabei ist hervorzuheben, dass die auf Grundlage der EU-Richtlinie 2002/49/EG über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm erstellten Umgebungslärmkarten und Aktionspläne per se keine rechtsverbindliche Wirkung entfalten (vgl. Schindler, 18.9.2020). Hinzu kommen neben den hier beschriebenen rechtlichen Grundlagen weitere Regelungen für die mit der Umsetzung betrauten Behörden, wie die ÖNORM S 5004 Messung von Schallimmissionen (auf die an dieser Stelle aber nicht näher eingegangen wird). Insgesamt zeigt sich eine starke Zersplitterung umweltrechtlicher Materien, die sich mit dem Lärmschutz befassen. Denn abgesehen von der ordnungsrechtlichen Aufteilung von Bund, Ländern und Gemeinden existiert auch noch ein zivilrechtlicher Ansatz nach § 364 Abs 2 ABGB, demzufolge jeder Grundeigentümer seinem Nachbarn die „von dessen Grundstück ausgehende Einwirkungen durch Geräusche“ untersagen kann, sofern sie das Ausmaß der Ortsüblichkeit überschreiten (ABGB § 364 Abs 2, Fassung vom 12.10.2020).

Im zweiten Teil des Kapitels werden kurz die üblichsten Formen von Lärmschutzmaßnahmen bzw. Lärminderungsmaßnahmen vorgestellt.

5.1 Rechtliche Grundlagen zum Lärmschutz

5.1.1 EU-Richtlinien zu Umgebungslärm und Lärmbewertungsmethoden

Die **EU-Richtlinie 2002/49/EG** (kurz auch oft: EU-Umgebungslärmrichtlinie) dient dazu, ein gemeinsames Konzept der Mitgliedsländer festzulegen, mit dem die schädlichen Auswirkungen von Umgebungslärm vermindert, verhindert oder vorgebeugt werden können. Dazu gehört die Erstellung von Lärmkarten zur Ermittlung der Beeinträchtigung durch Umgebungslärm nach einer für die Mitgliedsstaaten einheitlichen Methodik sowie die Information der Öffentlichkeit zu Umgebungslärm und seinen Auswirkungen. Auf Basis der Lärmkarten sind Aktionspläne zu erstellen, um die gesundheitlichen Auswirkungen zu reduzieren bzw. um eine gute Umweltqualität zu erhalten. Diese Maßnahmen sind für die wichtigsten Lärmquellen (gesondert) zu erstellen, die da sind: Straßenverkehr, Schienenverkehr, Flugverkehr sowie Industrieanlagen (vgl. Europäisches Parlament, 2002: S. Artikel 1). Die strategischen Lärmkarten werden dabei für Ballungsräume mit mehr als 250.000 EinwohnerInnen (Anmerkung: ist in Österreich gemäß

Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung auf Städte ab 100.000 Einwohnern anzuwenden), alle Hauptverkehrsstraßen, Haupteisenbahnstrecken und Großflughäfen im Fünfjahresrhythmus erstellt (vgl. Europäisches Parlament, 2019: S. Artikel 7). Ebenso sind die Mitgliedsstaaten zur Aufstellung von Aktionsplänen verpflichtet, welche ebenfalls zumindest im Fünfjahresrhythmus erneuert werden müssen (vgl. Europäisches Parlament, 2019: S. Artikel 8).

In der **EU-Richtlinie 2015/996** regelt die Europäische Kommission das gemeinsame Verfahren aller Mitgliedsländer zur Bewertung von Umgebungslärm. Sie bezieht sich sowohl auf die Ermittlung der Emissionsquellen als auch die Ausbreitungsberechnung von Schall, die Zuordnung der Lärmpegel und die Berechnung der lärmbeeinträchtigten Personen. Die Umsetzung ins nationale Rechtsgefüge bedeutet für Österreich, dass die Fachregeln je nach Aufgabengebiet von der jeweils zuständigen Institution erstellt wird. In Österreich betrifft dies hinsichtlich der Emissionen im Straßenverkehr die RVS 04.02.11, für den Schienenverkehr hingegen die RVE 04.01.02 (vgl. Österreichischer Arbeitsring zur Lärmbekämpfung, 2019: S. 3).

5.1.2 Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung

Die Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung enthält Bestimmungen zu den Lärmindizes sowie deren Bewertungsmethoden, Schwellenwerte für die Erhebung des Umgebungslärms sowie Spezifikationen zu den Anforderungen der Ausarbeitung strategischer (Teil-)Umgebungslärmkarten und (Teil-)Aktionspläne. Darüber hinaus wird geregelt, wie die Datenformate zur Übermittlung der Karten, Geodaten, Aktionspläne und Berichte auszusehen haben (vgl. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 2006).

So ist vorgesehen, dass für die Bewertung der Schallemissionen durch den Straßenverkehr für den Tag-Abend-Nacht-Lärmindex (L_{den}) sowie den Nachtlärmindex (L_{night}) die RVS 04.02.11 (Version 1. Februar 2019) heranzuziehen ist (vgl. Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung, §4). Zur Berechnung der Schallausbreitung von Straßenverkehr, Eisenbahnverkehr und durch industrielle Tätigkeiten sowie die Zuweisung von BewohnerInnen zu Gebäuden ist die ÖAL-Richtlinie Nr. 28 maßgeblich.

Die strategischen (Teil-)Umgebungslärmkarten werden für ein Raster von 5m x 5m erstellt, wobei die Ermittlung der Schallimmission in einer Höhe von 4 Metern erfolgt. Lärmindizes werden in 5-dB-Stufen dargestellt. Bei der Berechnung sind auch Schallquellen außerhalb des Berechnungsgebietes miteinzubeziehen, wenn diese am Rand des Berechnungsgebietes einen Einfluss (von mind. 35 dB) aufweisen (vgl. Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung, §5). In den strategischen (Teil-)Umgebungslärmkarten ist außerdem die geschätzte Anzahl von Wohnungen, Schulen, Krankenanstalten und EinwohnerInnen anzugeben (vgl. Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung, §6).

Als Schwellenwerte gelten (vgl. Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung, §8):

- Für Verkehr auf Hauptverkehrsstraßen: L_{den} von 60 dB und L_{night} von 50 dB

- Für den Verkehr auf Eisenbahnstrecken: L_{den} von 70 dB und L_{night} von 60 dB
- Für den zivilen Flugverkehr: L_{den} von 65 dB und L_{night} von 55 dB
- Für durch industrielle Tätigkeiten verursachten Lärm: L_{den} von 55 dB und L_{night} von 50 dB

Die (Teil-)Aktionspläne, die auf Basis der (Teil-)Umgebungslärmkarten auszuarbeiten sind, enthalten Maßnahmen zu: Verkehrs- und Infrastrukturplanung und -betrieb, Raumordnung, auf die Geräuschquelle ausgerichtete technische Maßnahmen, Verringerung der Schallübertragung sowie rechtliche oder wirtschaftliche Anreize. Außerdem sind Maßnahmen so zu setzen, dass diese gegebenenfalls auch vor Lärm aus sonstigen Quellen schützen (vgl. Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung, §10).

5.1.3 Lärmschutz in den Bundesländern am Beispiel Wien

Wiener Umgebungslärmschutzgesetz

Das Wiener Umgebungslärmschutzgesetz dient der Vorbeugung, Verhinderung und Minderung von Umgebungslärm und seiner gesundheitlichen Auswirkungen und ist auf Straßen- und Industrielärm anzuwenden, nicht aber auf Nachbarschaftslärm, Baulärm, Lärm am Arbeitsplatz, etc. Als Grundlage der Bewertung dienen die strategischen Lärmkarten und Konfliktpläne (vgl. Wiener Landtag, LGBl. Nr. 41/2019).

Es enthält die Verpflichtung der Behörde – hier des Magistrats Wien (gem. §16) – strategische Lärmkarten und Konfliktpläne zu erstellen. Ebenso sind Aktionspläne zu entwickeln, wenn ein Konfliktplan eine Überschreitung der festgelegten Schwellenwerte aufzeigt. In diesem Fall hat die Behörde anhand der Aktionspläne eine Verminderung der Lärmbelastung zu erwirken. Ebenso ist sicherzustellen, dass ruhige Gebiete als solche erhalten bleiben (§8). Im Zuge der Erstellung der Aktionspläne sind auch die BezirksvorsteherInnen zu informieren, die die Möglichkeit zur Stellungnahme haben (§11). Die fertigen Produkte (strategische Lärmkarten, Konfliktpläne, Aktionspläne) sind der Öffentlichkeit im Internet allgemein zugänglich zu machen (§12).

Wiener Umgebungslärmschutzverordnung

Die Wiener Umgebungslärmschutzverordnung übernimmt in weiten Teilen die in der Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung festgeschriebenen Regelungen zur Beschreibung der Lärmindizes und deren Bewertungsmethoden, sowie die Anforderungen zur Ausarbeitung der strategischen Lärmkarten, Konfliktpläne und Aktionspläne (vgl. Wiener Landesregierung, LGBl. Nr. 23/2019). Hinzu kommt die Festlegung von ruhigen Gebieten, welche Teilbereiche aufgelisteter Schutzgebiete betreffen in denen (ausgenommen Fluglärm) ein Schwellenwert von 50 dB L_{den} und 40 dB L_{night} nicht überstiegen wird (Artikel VI).

5.1.4 RVS 04.02.11 Berechnungen zu Schallemissionen und Lärm-schutz

Die Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS) entfaltet an sich keine rechtsverbindliche Wirkung. Werden sie aber in einem verbindlichen Rechtsakt (wie einem Gesetz oder einer Verordnung) als heranzuziehendes Werk bezeichnet, so kommt ihr in diesem Zusammenhang de facto ebenfalls verbindliche Wirkung zu. In Bezug auf den Lärmschutz ist in der Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung vorgesehen, dass für die Bewertung der Schallemissionen durch den Straßenverkehr für den Tag-Abend-Nacht-Lärmindex (L_{den}) sowie den Nachtlärmindex (L_{night}) die RVS 04.02.11 (Version 1. Februar 2019) heranzuziehen ist.

In Bezug auf die RVS ist allerdings anzumerken, dass die letzte Version mit Ausgabedatum 1. Februar 2019 seit 1. Juli 2020 als außer Kraft getreten aufscheint, aber (noch) keine neue Version verfügbar ist (FSV, Februar 2019).

Die Anwendung der RVS 04.02.11 empfiehlt eine qualitätsgesicherte Software zur Berechnung der Schallimmissionen. Sie enthält Planungsgrundlagen, um die Lärmbelastung durch Straßenverkehr gering zu halten oder zu mindern und Immissionsgrenzwerte für zu schützende Gebiete und Objekte einzuhalten. Das subjektive Lärmempfinden wird dabei nicht miteinbezogen.

Inhaltlich behandelt die RVS (vgl. FSV, Februar 2019):

- die Ermittlung des Immissionsschallpegels anhand der maßgebenden Verkehrsstärken, an bestehenden und geplanten Straßen
- die Berechnung des Immissionsschallpegels anhand von Basiswerten für die Fahrzeugemissionen und Kennwerten für den Einfluss von Geschwindigkeit, Abstandsmaß, Luftadsorptionsmaß, Vegetationsdämpfung, Bodendämpfung, Schirmmaß, Flächenreflexionsmaß und Streuungsmaß
- die Messung des Immissionsschallpegels, dessen Ausbreitung durch meteorologische Bedingungen wesentlich beeinflusst werden kann, wobei immer von günstigen Schallausbreitungsbedingungen ausgegangen wird (mitwind und leichte Inversion).
- Kriterien zur Beurteilung von Straßenverkehrslärm, wie dessen Störfunktion, Immissionsgrenzwerte, Kriterien für Lärmschutzmaßnahmen in Raumplanung, Straßenplanung und bei Baugenehmigungen
- Lärmschutzuntersuchungen zur Entscheidungshilfe, ob, in welchen Bereichen und Ausmaß Lärmschutzmaßnahmen notwendig sind
- Maßnahmen zum Schutz vor Straßenverkehrslärm, siehe Näheres unter Kapitel 5.2 *Lärmschutzmaßnahmen*

5.1.5 ÖAL-Richtlinie Nr. 28

Die ÖAL-Richtlinie Nr. 28 behandelt, wie Schall von bodengebundenen Quellen bei der Ausbreitung im Freien gedämpft wird (vgl. Österreichischer Arbeitsring zur Lärmbekämpfung, 2019: S. 3). In ihr wird das entsprechend der EU-Richtlinie 2015/996 geforderte gemeinsame Verfahren zur Lärmbewertung vorgestellt. Die Richtlinie ist detailliert auf die technischen Mess- und Berechnungsmethoden ausgerichtet. Dazu gehört die Definition der Indizes, von Frequenzbereichen und -bändern, die Berechnung und Modellierung der Schallausbreitung, Bedachtnahme von Beugung sowie Dämpfung infolge von Bewuchs; Die Zuweisung von Lärmpegeln sowie BewohnerInnen zu Gebäuden und die Bestimmung der Anzahl von BewohnerInnen der Gebäude (vgl. Österreichischer Arbeitsring zur Lärmbekämpfung, 2019: S. 2).

5.2 Lärmschutzmaßnahmen

Um Menschen vor Straßenverkehrslärm zu schützen, können abhängig von der jeweiligen Situation verschiedene Vorgehensweisen angebracht sein. Maßnahmen können in folgenden Bereichen gesetzt werden (vgl. FSV, Februar 2019: S. 13-16):

- **Vorbeugende raum- und verkehrsplanerische Maßnahmen:** Zu diesen gehört die Verringerung des Verkehrsaufkommens durch Mischnutzungen im Zuge der örtlichen Raumplanung; Die Förderung umweltfreundlicher Verkehrsmittel und restriktive Maßnahmen zur Reduktion des motorisierten Individualverkehrs; Die Anordnung lärmverträglicher Nutzungen an lärmintensiven Straßen; Die Gewährung von Distanz zwischen Straßen und schutzbedürftigen Einrichtungen; die vorsorgliche Freihaltung von Flächen zum Bau von Lärmschutzeinrichtungen bei Baulandausweisungen; die Festlegung wenig lärmempfindlicher Nutzungsformen an Straßen; Die Festlegung von Schutzzonen für Wohnzwecke und Bündelung des motorisierten Individualverkehrs auf bestimmten Strecken
- **Vorbeugende straßenplanerische Maßnahmen:** Diese beziehen sich auf Überlegungen bei der Planung von Straßen, um Lärmschutz herzustellen: Abstände zu schutzbedürftigen Nutzungen und eine Linienführung, die Lärmverursachung reduziert (Minimierung von Schalt-, Brems- und Beschleunigungsvorgängen) und nach Möglichkeit die Zusammenlegung neuer Straßen mit bereits existierenden Lärmerregern.
- **Verkehrsorganisatorische Maßnahmen:** Sind diese verkehrstechnischer Art, beziehen sie sich zB. auf die Verbesserung des Verkehrsflusses, des Managements von Lichtsignalanlagen, der Verkehrsverlagerung und Verkehrsberuhigung (flächenhaft oder in Wohngebieten). Verkehrsrechtliche Maßnahmen sind ebenfalls möglich und beziehen sich auf temporäre Fahrverbote (zB. Nachtfahrverbote oder zu gewissen Zeiten wie Schulbeginn/Schulende), sektorale Fahrverbote (zB. für LKW) oder Geschwindigkeitsbegrenzungen.

- **Bautechnische Maßnahmen an den Straßen:** Darunter fallen die Beschaffenheit der Fahrbahndecke, Abschirmmaßnahmen wie Bepflanzungen, Lärmschutzwälle und -wände, Troglagen oder die Abdeckung des Verkehrsweges.
- **Gebäudebezogene Maßnahmen:** Solche Maßnahmen setzen am Gebäude selbst an, beispielsweise an der Bebauungsform (besonders vorteilhaft ist eine geschlossene Blockbebauung, wodurch innenseitig ruhige Innenhöfe entstehen), der Gebäudeanordnung und -stellung am Bauplatz oder beziehen sich auf bauliche Schallschutzmaßnahmen an den Außenwänden, Fenstern und Dächern (vgl. FSV, Februar 2019: S. 13-16).

Lärmschutzmaßnahmen zielen dabei in den meisten Fällen auf eine Minderung der Lärmsituation ab. Eine Lärmvermeidung ist hingegen selten das Ziel. Nur in Ausnahmefällen, wie Überbauungen oder Straßenuntertunnelungen kann es sein, dass der Lärmerreger so stark reduziert wird, dass er kaum/nicht mehr wahrnehmbar ist. Lärmschutzfenster hingegen wirken nur, solange sie geschlossen bleiben.

6 Gesundheitliche Auswirkungen von Lärm auf den Menschen

„Es ist absolut unmöglich, irgendwo in der Stadt zu schlafen. Der unaufhörliche Verkehr von Wagen in den Nachbarstraßen genügt, um Tote aufzuwecken. Das Rumpeln der schweren Wagen raubt selbst einem tauben Mann den Schlaf. [...] Hier sterben viele, weil Schlaflosigkeit sie krank gemacht hat.“
(Juvenal, römischer Satiriker, ca. 60-140 n. Chr.)

„Tief in die Stunden des Schlafes hinein tönt der Lärm fort. Das Rasseln der Wagen, das Sausen und Stöhnen der Elektrischen, sie beschäftigen unser Gehirn auch im Schlafe.“ (Wilhelm Stekel, 1905)

Negative Auswirkungen von Lärm auf Lebensqualität und Wohlbefinden sind durch zahlreiche Forschungsbeiträge gut dokumentiert. Beeinträchtigungen durch Lärm wurden in den vergangenen Jahrzehnten als wesentliche Herausforderung für die öffentliche Gesundheit erkannt (vgl. European Environment Agency, 2014: S. 6). In den 2018 publizierten *Environmental Noise Guidelines for the European Region* schätzte die WHO die Zahl der jährlich alleine durch Verkehrslärm verloren gehenden gesunden Lebensjahre auf mindestens 1,6 Millionen (vgl. World Health Organization, 2018: S. vii).

Obwohl sich der Mensch tatsächlich an gewisse Lärmaufkommen gewöhnen kann, unterscheidet sich die individuelle Anpassungsfähigkeit erheblich (vgl. Basner, Müller et al., 2011: S. 11). Vor allem in Städten, die durch eine Dichte an Wohn-, Arbeits-, Verkehrsflächen und Aktivitäten auszeichnen, offenbart sich die enge Beziehung zwischen Umweltlärm und seinem Beeinträchtigungspotenzial auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Menschen: Alleine in urbanen Agglomerationen der EU sind schätzungsweise 64 Millionen Menschen einem nächtlichen Schallpegel von mehr als 50 dbA ausgesetzt und weitere 30 Millionen Menschen außerhalb von Stadtregionen (vgl. European Environment Agency, 2019).

Geschätzte Anzahl lärmexponierter Personen über dem Schwellenwert in urbanen Gebieten der EU-28

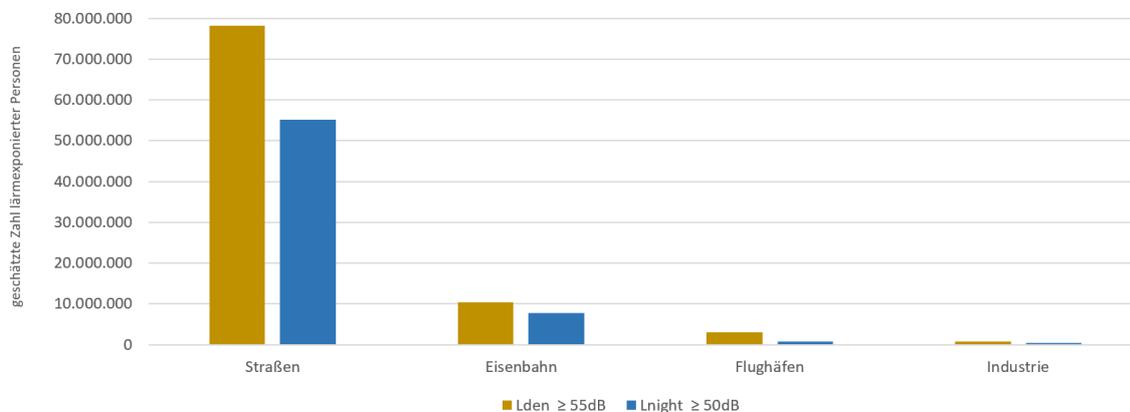


Abbildung 4: Geschätzte Lärmexposition in urbanen Agglomerationen. Quelle: European Environment Agency 2019, eigene Darstellung

Geschätzte Anzahl lärmexponierter Personen über dem Schwellenwert in ländlichen Gebieten der EU-28

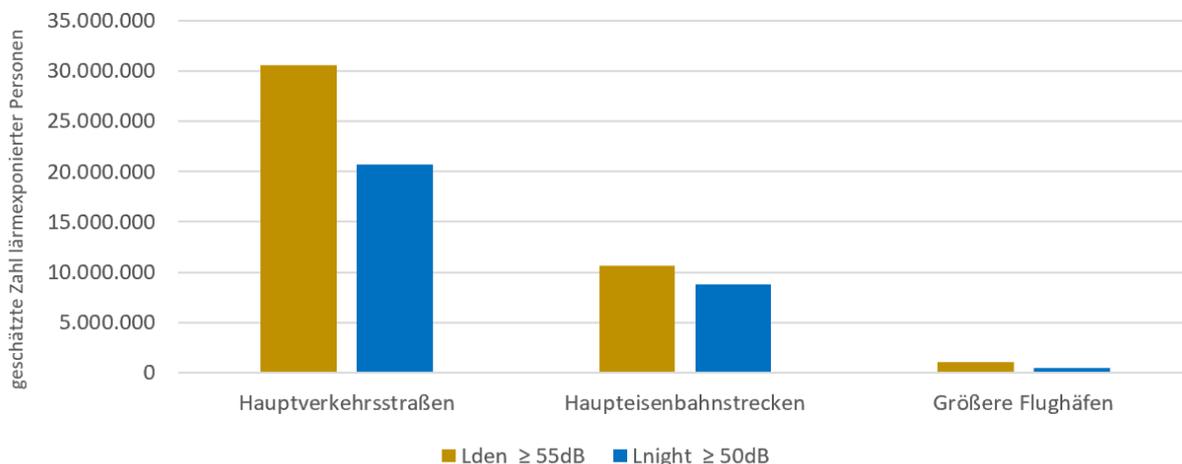


Abbildung 5: Geschätzte Lärmexposition in ländlichen Gebieten. Quelle: eigene Darstellung nach European Environment Agency 2019

Die Europäische Union verfügt mit der 2002 erlassenen Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm (Environmental Noise Directive 2002/49/EC) über eine großräumige Policy⁵ zu verpflichtender Erstellung strategischer Lärmkarten, die als Planungsgrundlage herangezogen werden, um Maßnahmen gegen die Lärmbeeinträchtigung zu setzen (vgl. World Health Organization, 2011: S. xvii).

Die Weltgesundheitsorganisation WHO hingegen empfiehlt das Heranziehen eines nächtlichen Schwellenwerts von 40 dBA, zumal sie davon ausgeht, dass bei einer Überschreitung bemerkbare negative Gesundheitseffekte für Menschen zu erwarten sind (vgl. World Health Organization, 2009: S. xvii). Eine Berechnung mit dem WHO-Schwellenwert würde folglich zu einer deutlich höheren Zahl betroffener Personen führen. Diese Diskrepanzen in Empfehlungen und daraus resultierenden Berechnungen potenziell lärmbeeinträchtigter Personen verdeutlicht die Schwierigkeit, zu eindeutigen Schwellenwerten zu gelangen: zum einen, weil die reale Lärmexposition jeder in der EU wohnhaften Person nicht ermittelt werden kann, zum anderen, weil auch Schwellenwerte konstruierte Indikatoren darstellen, die soweit möglich auf wissenschaftlicher, empirischer Grundlage - wie Kohortenstudien der medizinischen Fachliteratur - basieren. Auch eine gewisse Kompromisshaltung zu wirtschaftlichen Anforderungen mag einen gewissen Einfluss haben.

⁵ Policy (aus dem engl.) bezieht sich auf die inhaltliche Dimension von Politik, über die konkrete Ziele erreicht werden sollen

Die 2011 veröffentlichte WHO-Studie *Burden of Disease from Environmental Noise* setzte sich zum Ziel, das Ausmaß von Lärmbelastung auf EuropäerInnen zu quantifizieren. Demnach:

- Fühlt sich 1/3 der EuropäerInnen tagsüber von Lärm beeinträchtigt
- Leiden 1/5 alleine unter verkehrslärmbedingten Schlafstörungen

Die European Environment Agency schätzt, dass in den EU-28 jährlich 11.702 vorzeitige Todesfälle auf Lärmbelastung zurückzuführen sind (vgl. European Environment Agency, 2020: S. 30).

6.1 Zusammenhang zwischen Lärm und Stress

Selbstverständlich können Klänge auch positive Assoziationen wecken (zB. Vogelgezwitscher, Musik, ...). Die Beforschung akustischer Eindrücke auf den Menschen erfährt zunehmend wissenschaftliche Auseinandersetzung (vgl. Ferri, Tajadura-Jiménez et al., 2015: S. 468; Mazaris, Kallimanis et al., 2009: S. 817). Um Umständen, die nachteilige Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit nahelegen entgegenwirken zu können, gilt es, besonders negativ wirkende Faktoren zu adressieren.

Der Zusammenhang zwischen Lärm und Stress ist bereits seit Längerem gut dokumentiert: Lärm aktiviert das sympathische und endokrine Nervensystem. Noch spezifischer: Die Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse und die Sympathikus-Nebennierenrindenmark-Achse. Sowohl bei akuten als auch langfristigen Lärmexperimenten zeigten sich häufig Veränderungen der Stresshormone. Laborstudien wiesen bei Lärm-Stimuli Veränderungen im Blutfluss, Blutdruck und Herzfrequenz nach. Darüber hinaus zeigten sich Anstiege bei der Ausschüttung von Stresshormonen Katecholamine, Noradrenalin und dem Corticosteroid Cortisol (vgl. Babisch, 2011: S. 201-204).

Die intuitive Interpretation von Lärm als Zeichen für Gefahr äußert sich also früher wie heute in der Ausschüttung von Stresshormonen - der Körper bereitet sich auf Verteidigung oder Flucht vor: Beschleunigte Atmung und Herzschlag sowie eine gesteigerte Muskelspannung stellen sich ein, wenngleich keine akute Gefahr droht. Diese Stressreaktionen können zum Problem werden, denn sie treten nicht nur auf, wenn ein Geräusch plötzlich und laut auftritt, sondern auch bei leiseren, dauerhaften Lärmquellen. Die potenzielle Lärmschädigung betrifft dabei nicht nur das Gehör und den Körper, sondern auch die Psyche. Ständige Lärmexposition versetzt den Körper in Dauerstress und kann mit negativen Auswirkungen auf Blutfettwerte, Blutzuckerkonzentration, Gerinnungsfaktoren von Bluteiweißen oder Schädigung der Blutgefäße, verbunden mit einem gesteigerten Risiko für einen Herzinfarkt oder Schlaganfall, einhergehen (vgl. Diewald, 2016).

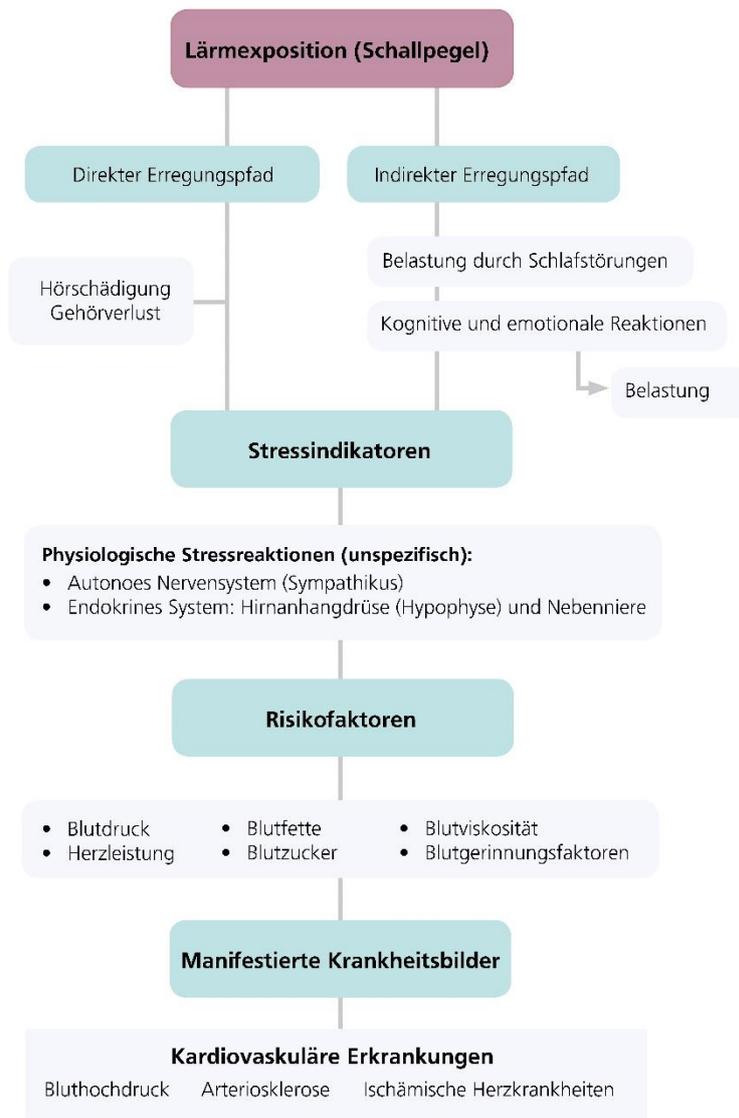


Abbildung 6: Reaktionsschema von Lärmauswirkungen. Quelle: eigene Darstellung nach Babisch 2002, 2011

In der medizinischen Literatur werden zwei wesentliche Reaktionsketten negativer Gesundheitsauswirkungen genannt führen (vgl. Murphy & King, 2014c: S. 55):

- **Direkte Reaktionskette:** wird hervorgerufen durch eine unmittelbare Interaktion des Hörnervs mit dem Zentralen Nervensystem und kann eine Hörschädigung oder Gehörverlust bewirken.
- **Indirekte Reaktionskette:** bezieht sich auf die kognitive Wahrnehmung von Geräuschen, die kortikale Aktivierung und die damit verbundene emotionale Reaktionen. Hierbei werden aber nicht nur der Geräuschpegel bzw. Schallpegel selbst, sondern auch subjektiv wirkenden Effekte von Lärmbelästigung mit negativen Gesundheitseffekten assoziiert, beispielsweise Störungen von Aktivitäten wie Kommunikation oder Schlaf. Die erhöhte Anfälligkeit für Schlafstörungen und beeinträchtigte Entspannungs- und Konzentrationsphasen erzeugen Stress, welcher sich wiederum in kardiovaskulären Krankheitsbildern niederschlagen kann.

Direkte als auch indirekte Erregungsformen können physiologische Stressreaktionen hervorrufen. Die signifikantesten Effekte von Umgebungslärm treten in Form von Belästigungsempfindungen und Schlafstörungen auf und können zu ernsthaften Gesundheitsproblemen führen (vgl. Murphy & King, 2014c: S. 55).



Abbildung 7: Pyramide Auswirkungen von Lärm auf die Gesundheit. Quelle: eigene Darstellung nach Babisch 2002, 2011

Die Stresspyramide stellt schematisch den Schweregrad der gesundheitlichen Beeinträchtigung – von Unwohlsein bis hin zur Sterblichkeit – durch Lärm der Zahl der Betroffenen gegenüber. Wenngleich hier absolute Werte fehlen und wohl auch statistisch schwer zu fassen sind, kann diese Aufstellung als guter Überblick dienen, in dem man auch sich selbst oder bekannte Betroffene wiederzuerkennen vermag.

6.2 Lärm und Schlafqualität

Lärm beeinträchtigt nicht nur die subjektive Schlafqualität, sondern ebenso die messbare Schlafarchitektur. Dabei ähneln lärmverursachte Schlafstörungen endogenen Schlafstörungen, die aufgrund körpereigener Fehlfunktionen auftreten (vgl. Halperin, 2014: S. 209). Bei kurzzeitiger Lärmeinwirkung eintretende Effekte wie herabgesetztes Wohlbefinden, Müdigkeit, Gereiztheit und Stimmungsschwankungen können – insbesondere bei nächtlicher Lärmexposition – längerfristig kardiometabolische Auswirkungen haben. Insbesondere regenerative Tiefschlafphasen (NREM) werden nämlich mit einer Abnahme der Herzfrequenz, des Blutdrucks, Aktivitäten des sympathischen Nervensystems und des zerebralen Glukose-Verbrauchs in Verbindung gebracht. Während dieser Schlafphase werden Wachstumshormone freigesetzt, wohingegen das Stresshormon Cortisol gehemmt wird. Sind diese Phasen gestört, kommt es zu den beschriebenen negativen Gesundheitsauswirkungen. Darüber hinaus spielt gesunder Schlaf in der Gedächtniskonsolidierung eine wichtige Rolle (vgl. Basner, Müller et al., 2011: S. 11; Halperin, 2014: S. 209-210; Van Cauter, Spiegel et al., 2008: S. 23).

6.3 Umweltlärm und subjektives Belästigungsempfinden

Belästigung durch Umgebungslärm und insbesondere durch dessen Hauptverursacher Verkehrslärm stellt sich als komplexes Phänomen dar, zumal individuelle Komponenten einen wesentlichen Einflussfaktor bilden. Eine der Hauptcharakteristiken individueller Lärmwahrnehmung ist die Lautstärke bzw. Intensität. In der akademischen Literatur werden sowohl Frequenz und Dauer als auch die Zahl der Schallereignisse als beteiligte Faktoren für Belästigung als relevant erachtet. Die wahrgenommene Lärmbelästigung ist subjektiv, zumal Individuen sich physiologisch in ihrer Sensibilität unterscheiden (vgl. Murphy & King, 2014c: S. 57). Unterschiedliche Personen können sich daher bei selber Schallintensität unterschiedlich belästigt fühlen. Die untersuchten Literaturquellen weisen außerdem darauf hin, dass auch nicht-akustische Faktoren wie Alter, sozio-ökonomische Faktoren und Angst vor Lärm eine große Rolle in den individuellen Lärmreaktionen spielen (vgl. Olsen Widen & Erlandsson, 2004: S. 59).

Auch werden bestimmte Geräusche eher als Lärm wahrgenommen als andere - die persönliche Beziehung zur Lärmquelle bildet also ebenfalls einen Einflussfaktor. Dies zeigt sich in Untersuchungen zu den Auswirkungen verschiedener Geräuschquellen auf den peripersonalen Raum. Dieser bezeichnet in der Psychologie und den Neurowissenschaften jenen Raum, der den Körper unmittelbar umgibt und der vom Gehirn als zum Körper gehörend repräsentiert wird, den wir quasi als „privaten Bereich“ wahrnehmen und in dem Hindernisse und Gefahren identifiziert werden, um die eigene Integrität zu bewahren (vgl. Brozzoli, Makin et al., 2012: S. 447; Coello, Bourgeois et al., 2012: S. 131). Experimente von FERRI zeigten, dass bestimmte Geräuschquellen den peripersonalen Raum beeinflussen - seine Grenzen also nicht fix sind, sondern abhängig von den Eigenschaften der Stimuli in der Umgebung modulieren. Die Wertigkeit emotionaler Reaktionen, die durch Geräusche hervorgerufen wird, ist dabei maßgeblich vom semantischen Kontext des Geräusches abhängig. Die Ergebnisse der Forschung zeigten, dass die Grenzen bei positiv wahrgenommenen Geräuschen herabgesetzt wurden, während negative Geräusche gegenteilig wirkten und die Grenzen des peripersonalen Raumes erweiterten (vgl. Ferri, Tajadura-Jiménez et al., 2015: S. 468-474).

Das individuelle Belästigungsgefühl und die Beziehung des Hörenden zum Geräusch lassen sich auch gut anhand der folgenden Online-Bewertung zur Android-App *Schallmessung* (*Sound Meter*) nachvollziehen:



Schallmessung (Sound Meter)

Abc Apps Tools

★★★★★ 127.225

PEGI 3

Enthält Werbung

Diese App ist mit allen deinen Geräten kompatibel.

Zur Wunschliste hinzufügen

Installieren



Jens Thomas

★★★★★ 30. August 2019



Tut was es soll, einzig der Lautstärkevergleich passt nicht so ganz. Auf einer ca.100 m entfernten Straße fährt ein Lkw mit 40-50 Dezibel verglichen wird das mit einem Gespräch. Subjektiv ist es aber sehr störend und nicht vergleichbar...Meine Meinung

Abbildung 8: Subjektives Belästigungsempfinden - ausgedrückt in einer App-Bewertung. Quelle: Auszug aus <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gamebasic.decibel&hl=de&showAllReviews=true>

Wenngleich das subjektive Lärmempfindungen durch Lärmmessungen mittels Dezibel-Skala nicht abgebildet werden können, spielt es doch für die Betroffenheit der Individuen eine ganz entscheidende Rolle. In diesem Fall wird der gemessene Schallpegelwert als nicht übereinstimmend mit dem persönlichen Belästigungsgefühl wahrgenommen. Klar ist aber auch, dass sich die subjektiven Empfindungen schwer eindeutig festmachen - oder auch beheben - lassen.

Ziehen wir noch einmal das oben angeführte Beispiel heran: Der Rezensent kritisiert den Vergleich zwischen einem fernen LKW-Geräusch mit einem Gespräch bei ähnlichem Schalldruckpegel. Er bewertet also den semantischen Kontext eines Gesprächs positiver als jenen eines fahrenden LKWs. Allerdings bedient er sich dabei einer gewissen Vorstellung zur Bedeutung „Gespräch“. Der Semiotiker PEIRCE, Mitbegründer des amerikanischen Pragmatismus, verweist darauf, dass sich die Bedeutung eines Begriffs aus der Summe seiner möglichen praktischen Folgen ergibt: Das Wort Gespräch, als Repräsentat, ist nicht eindeutig, sondern bezieht sich dabei auf eine ganze Reihe damit verbundener Bilder, Vorstellungen, Assoziationen und Konnotationen, sogenannte Interpretate (vgl. Peirce, 1967: S. 339). Demzufolge kann auch davon ausgegangen werden, dass sich der Rezensenten der *Sound Meter* App durch situativ unterschiedliche Gespräche verschieden gestört fühlen würde, teils auch stärker als durch fernen LKW-Verkehr: Ein angeregtes Geplauder von Freunden wird vermutlich positiv oder neutral bewertet, während man sich als (zwangsbeglückter) Mithörer fremder Gespräche im Zugabteil oder in konzentrierten Arbeitsphasen im Büro dem Smalltalk von KollegInnen eher belästigt fühlt.

Der Vermittlung des individuellen Lärmempfindens wird ihm Rahmen des Lärmmoduls großer Stellenwert eingeräumt: Zum einen, um experimenthaft zu zeigen, dass sich die Subjektivität des Lärmempfindens schon in kleinen Gruppen deutlich zeigt; Zum anderen, um die jugendlichen TeilnehmerInnen durch das explizite Demonstrieren dieses Aspekts zu sensibilisieren, dass das

eigene Empfinden in Bezug auf Lärm nicht immer als Maßstab für die Wahrnehmung anderer dienlich ist. Dazu werden einige Hörbeispiele präsentiert, für die jede/r Einzelne bewertet, ob diese als Lärm empfunden werden oder nicht. Die Antworten werden als anonyme Abstimmung gegeben und im Anschluss diskutiert, bei welchen Geräuschquellen ein ähnliches Lärmempfinden vorherrscht und bei welchen die Meinungen stark auseinander gehen.

Gerade weil das Empfinden von Lärmbelästigung eine stark subjektiv geprägte Angelegenheit ist, ist es wichtig, eventuelle Bewertungen auf einem einheitlichen, vergleichbaren Gerüst zu begründen. Daher entwickelten die *International Commission on Biological Effects of Noise* (ICBEN) und die *International Organisation for Standardisation* (ISO) einen Standard für Fragen betreffend Lärmbelastigungsuntersuchungen (vgl. Murphy & King, 2014c: S. 60). So beinhaltet **ISO/TS 15666:2003** Spezifikationen für sozio-akustische Erhebungen und Sozialstudien, die Angelegenheiten von Lärmeffekte behandeln: dazu gehören Fragestellungen, Antwort-Skalen (numerisch sowie semantisch), wesentliche Aspekte, die in den Umfragen berücksichtigt werden sollen, sowie Verfahren für die Berichterstattung. Methoden für die Analyse der erfassten Daten werden hingegen nicht vorgeschrieben (vgl. International Organization for Standardization, 2013).

Die Verursachung von emotionalem Stress durch Lärmbelästigung spielt sich nach dem zuvor erwähnten indirekten Reaktionsmuster ab. Von Lärm betroffene Personen tendieren zu einer Reihe negativer Emotionen wie Ärger, Enttäuschung, Unzufriedenheit, Zurückziehen, Ablenkung, Ängstlichkeit, Erschöpfung und sogar Depression (vgl. Murphy & King, 2014c: S. 51; World Health Organization, 2011: S. 91). Damit geht auch ein Verlust an Lebensqualität für die Betroffenen einher.

Eine 2009 von der WHO durchgeführte Langzeitstudie in den Niederlanden kommt zu dem Ergebnis, dass Straßenverkehrslärm die größte Ursache für Lärmbelästigung darstellt:

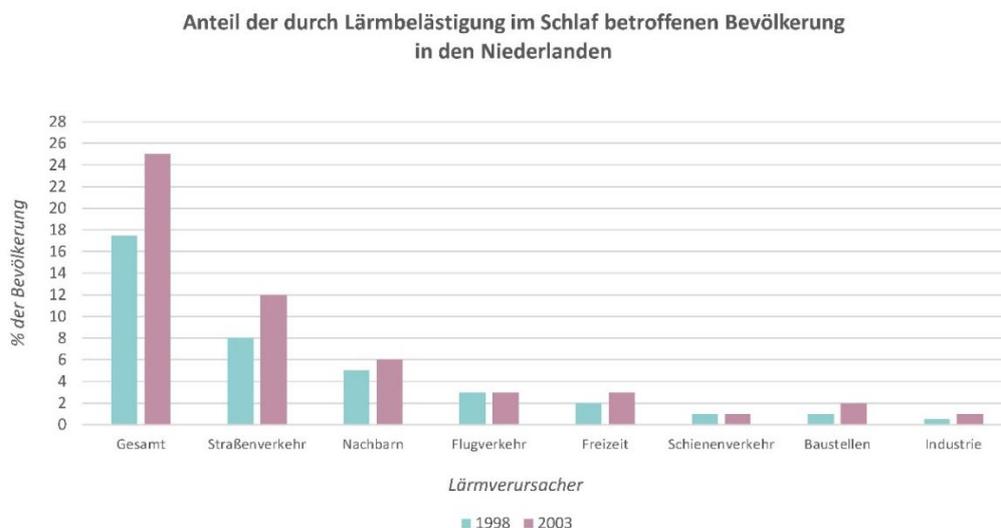


Abbildung 9: Lärmbelästigung nach Verursacher. Quelle: WHO 2009, S. 59

Auch die Europäische Kommission bezeichnet Umgebungslärm in ihrem Grünbuch über die künftige Lärmschutzpolitik als eines der größten Umweltprobleme in Europa (vgl. Europäische Kommission, 1996).

Besonders störend wird diskontinuierlicher, unterbrochener Lärm als stärker störend empfunden, weniger störend hingegen dezente, kontinuierliche Dauengeräusche. Ebenso werden Hörtöne, die sich von anderen Frequenzen abheben (zB. hohes Heulen), als stärker unangenehm empfunden (vgl. Murphy & King, 2014b: S. 9). Und auch bei herannahenden Schallquellen (bei denen die Intensität steigt) wird im Gehirn die Amygdala stimuliert, die auch als Warnzentrum und Detektor für aufmerksamkeitsfordernde Geschehnisse in der Umgebung fungiert (vgl. Ferri, Tajadura-Jiménez et al., 2015: S. 474).

Negative gesundheitliche Auswirkungen von Lärm können also eine Vielzahl an Symptomen und Krankheitsbildern bedingen, die auf verschiedenste Verursacher zurückzuführen sein können.

7 Citizen Science und Lärm

7.1 Was ist Citizen Science? – Begriffsabgrenzung, Anwendungsfelder und Vorteile

Das Konzept Citizen Science, also die Öffentlichkeitsbeteiligung in der wissenschaftlichen Forschung, hat in den vergangenen Jahren großen Zulauf erlebt. Mehrere Beschreibungen dieses eher neuen Gebiets von Wissenschaft werden oft mit großen Datensätzen und der Möglichkeit, Menschen zu mobilisieren, um mit Beobachtungen und Messungen beizutragen, assoziiert.

Alan IRWIN war einer der ersten, die den Begriff 1995 im Zusammenhang mit der Beschreibung von Laienexpertise benutzte (vgl. Irwin, 1995: S. 166). Die Bezeichnung wurde bald adaptiert, um eine Forschungstechnik zu beschreiben, die sich auf BürgerInnen stützt, um wissenschaftliche Daten zu erheben und zu analysieren (vgl. Booney, Cooper et al., 2009: S. 977).

Die Europäische Kommission definiert Citizen Science im *Green Paper on Citizen Science in Europe* als "general public engagement in scientific research activities where citizens actively contribute to science either with their intellectual effort, or surrounding knowledge, or their tools and resources" (European Commission, 2014: S. 6). Andere Quellen referenzieren Citizen Science als Möglichkeit, Wissenschaft zu demokratisieren, als Hilfestellung für betroffene Gemeinschaften und Gruppen bei Datenerhebung, um Politik auf Policy-Ebene⁶ zu beeinflussen und als Weg, politische Entscheidungsprozesse zu Umwelt- und Gesundheitsthemen zu unterstützen (vgl. Kullenberg & Kasperowski, 2016: S. 1).

Citizen Science involviert die Öffentlichkeit in wissenschaftliche Projekte, die mit den Ressourcen der Wissenschaftler in Bezug auf Datenerhebung und -auswertung allein nicht durchzuführen wären. Die thematische Spanne, in der sich Freiwillige betätigen können, ist vielfältig.

KULLENBERG und KASPEROWSKI identifizierten drei schwerpunktmäßige Anwendungsbereiche von Citizen Science (vgl. Kullenberg & Kasperowski, 2016: S. 1-2):

1. Forschungen im Bereich Biologie, Naturschutz und Ökologie, wobei Citizen Science hauptsächlich als Methode zur Datensammlung und Klassifikation genutzt wird.
2. Forschung mit GIS-Bezug, die Citizen Science primär bei der Erhebung geografischer Daten nützen
3. Eine weitere Forschungslinie ist im Bereich Sozialwissenschaften und Epidemiologie zu finden, bei der Bürgerbeteiligung in Verbindung mit Umweltthemen und Gesundheitsthemen eine Rolle spielt.

Diese prototypische Einteilung vernachlässigt allerdings die Tatsache, dass eine strikte Trennung nach dieser Einteilung nicht immer möglich ist, zumal Datenerhebungen häufig mit einer

⁶ Der englische Begriff **Policy** bezieht sich auf die inhaltliche Dimension des (im Deutschen idR. nicht näher differenzierten) Politik-Begriffs. Sie sind politische Themenfelder wie zB. Gesundheitspolitik, Verkehrspolitik, Geschlechterpolitik,...

geografischen Verortung kombiniert werden. Viele der unter Punkt 1 und Punkt 3 genannten Datenerfassungen können ebenfalls einen geografischen Raumbezug aufweisen und mithilfe von GIS ausgewertet werden. Das trifft auch auf Citizen Science Ansätze in Bezug auf Lärm zu: Lärmwerte werden dank GPS oder einer festgesetzten, bekannten Positionierung einem konkreten Ort zugewiesen und dadurch geografisch verortet (siehe Punkt 2), Kontext und Anliegen der Erhebung sind aber Umwelt- und Gesundheitsthemen (Punkt 3) zuzurechnen.

Projektziele von Citizen Science reichen von der Unterstützung wissenschaftlicher Forschung von akademischen Institutionen bis hin zu Bewusstseinsbildung und Wissensgenerierung der breiten Öffentlichkeit für wissenschaftliche Themenstellungen (vgl. Wiggins & Crowston, 2011: S. 9).

Citizen Science Projekte können in unterschiedlicher Weise klassifiziert werden, z.B. nach der Art und Ausmaß der Beteiligung der Freiwilligen: Beispielsweise ist eine Mitwirkung an der Datenerhebung alleine genauso denkbar wie eine (angeleitete) Zusammenarbeit in allen Projektstufen, angefangen beim Studiendesign über Datenerhebung, der Dateninterpretation bis hin zur Ergebnisauswertung und -veröffentlichung (vgl. Booney, Cooper et al., 2009: S. 977). Eine alternative Klassifizierung basiert auf der Art des Forschungsziels (vgl. Wiggins & Crowston, 2011: S. 5-7):

- Action: Projekte, die von Freiwilligen initiiert werden, um auf lokaler Ebene Interventionen zu einem speziellen Anliegen zu unterstützen, z.B. zur Verbesserung der Wasserqualität
- Konservierung: Projekte, die den Schutz natürlicher Ressourcen betreffen z.B. vor Umweltverschmutzungen
- Investigation: Investigative Projekte fokussieren auf ein wissenschaftliches Ziel in einem physischen Setting, z.B. eine Detailstudie zu Tierdemographien in einem gewissen Gebiet.
- Virtuell: Forschungsprojekte mit einem Fokus auf wissenschaftlichen Forschungszielen können auch komplett auf IT ausgelegt sein, wobei sämtliche Interaktion online abläuft.
- Bildung: Ausbildungsprojekte werden oft in Klassenräumen und Schulen als wissenschaftlicher Teil des Schulcurriculums abgehalten.

Eine von FOLLETT und STREZOV 2015 durchgeführte Analyse zu diesen 5 Typologien von Citizen Science Projekten ergab, dass nur wenige Projekte direkt durch die Öffentlichkeit initiiert werden – und in der Folge selten zu wissenschaftlichen Publikationen führen. Stattdessen bevorzugt die Öffentlichkeit eine Veröffentlichung in Zeitungen, Fernsehen, Präsentationen, Websites und Sozialen Medien, da diese Quellen schneller verfügbar und einer breiten Zielgruppe zugänglich sind, um auf ihr Anliegen aufmerksam zu machen. Sowohl Investigation als auch auf Konservierung ausgerichtete Projekte waren hingegen häufig – wobei der Hauptunterschied ist, dass

Investigationen typischerweise von Wissenschaftlern initiiert und geleitet werden und darauf fokussieren, wissenschaftlich valide Daten für Forschung zu generieren. Bezugnehmend auf Citizen-Science Projekte für Bildungseinrichtungen bemerken FOLLETT und STREZOV: „The education category was not significantly represented (7%) and consisted mainly of projects performed in the classroom or school grounds often as part of a science curriculum, such as the butterflies and ground squirrel monitoring projects“ (Follett & Strezov, 2015: S. 8).

Das in dieser Arbeit entwickelte Modul zu Citizen Science für partizipative Lärmkartierung bezieht sich sowohl auf ein Bildungs- als auch Investigationsprojekt. Bildung insofern, als dass SchülerInnen als (zukünftige) Interessenten dazu angeregt werden, an Citizen Science Projekten teilzunehmen: Dabei soll durch das Kennenlernen, Ausprobieren und Bewusstseinsbildung der Nutzen und die Möglichkeiten von Citizen Science Projekten vermittelt werden. Durch die Nutzung digitaler Medien und Sensor-Technologie unterscheidet sich das Lärm-Modul von der von FOLLETT benannten üblichen Themenaufbereitung Ausbildungszwecke. Eine investigative Projektkomponente ergibt sich aus der Generierung eines (möglichst validen) Lärmdatenpools, der – im Sinne von Open Data - in der Folge auch Bürgerinitiativen oder Trägern der Öffentlichen Verwaltung als Anregungs- und Diskussionsgrundlage zur Verfügung gestellt werden sowie für weitere Forschungen dienen kann.

Citizen Science erfordert aber auch eine Auseinandersetzung mit den Motiven, aus denen Freiwillige teilnehmen und dem Nutzen, den sie daraus ziehen können. Oft ist eine Beteiligung mit dem Wunsch, zu einer guten Sache und/oder einem Anliegen im eigenen Interesse beizutragen, verbunden (vgl. See, Mooney et al., 2016: S. 1), es gibt aber eine Vielzahl weiterer Faktoren, auf die nachfolgend näher eingegangen wird. Ein weiterer positiver Effekt: Die direkte Involvierung der Öffentlichkeit in Forschungsprojekte kann auch dazu beitragen, Vorbehalte gegenüber den Erkenntnissen und Zwecken von Wissenschaft abzubauen, genauso wie Einblicke und Miteinbeziehung in wissenschaftliche Prozesse zu gewinnen (vgl. Follett & Strezov, 2015: S. 10).

Crowdsourced Geographic Information

Der Begriff Crowdsourced Geographic Information wird oft in Zusammenhang mit Citizen Science (oder als Alternative Form) genannt. Hier wird die Rolle von BürgerInnen speziell als wichtigen Quelle in der Bereitstellung geografischer Informationen hervorgehoben. Dabei sind Datenerhebung und Kartierung zwei Aktivitäten, die einem zunehmenden Wandel unterlegen sind: Ehemals als Domäne von Professionalisten gesehen, kommt es vermehrt zu stärkerer Einbindung der Öffentlichkeit. Diese Verschiebung in Aktivitätsmustern geht eng mit dem technologischen Fortschritt der letzten Jahre einher: Die Möglichkeiten von Web 2.0, leichter selbst Online-Content bereitzustellen, der Verbreitung von mobilen Geräten wie Smartphones, die den Standort von Features miterfassen können und offener Zugang zu Satellitenbildern und Online-Karten forcieren diesen Trend (vgl. See, Mooney et al., 2016: S. 2).

Vorteile von Citizen Science für ForscherInnen und TeilnehmerInnen

Die Vorteile von Citizen Science für ForscherInnen liegen darin, dass durch die (potenziell) hohe Zahl an Teilnehmenden Projekte oder Forschungsfragen möglich werden, die ohne die umfangreiche Mitwirkung ebendieser unmöglich wären. RADDICK et.al. bezieht sich vor allem darauf, dass Messungen über eine größere Fläche und längeren Zeitraum durchgeführt werden können und die dabei erfassten Daten zu großen Datensets führen, die zur Analyse zur Verfügung stehen (vgl. Raddick, Bracey et al., 2009: S. 4). Auch ENGLISH verweist auf die Vorteile partizipatorischer Forschungsansätze hinsichtlich Datenerfassung und deren Nutzung, wenngleich er einräumt, dass diese auch methodologische Herausforderungen, wie Bias in der Datenaufnahme und Datenqualität mit sich bringen (vgl. English, Richardson et al., 2018: S. 335). Positiven Einfluss, so hebt ENGLISH hervor, haben dabei vor allem Forschungspartnerschaften zwischen Behörden/der öffentlichen Verwaltung, Universitäten und BürgerInnen. Der große Nutzen dieser Zusammenarbeit soll sich darin zeigen, dass Forschungsdesign und Verwendung der Ergebnisse gemeinschaftlich ausgehandelt worden sind, was zu einer höheren Identifikation mit den Ergebnissen und folgenden Maßnahmen sowie zu einer höheren Forschungsakzeptanz der Beteiligten beiträgt (vgl. English, Richardson et al., 2018: S. 335).

Gerade in Bezug auf die Flüchtigkeit des Phänomens Lärm liegt nahe, dass es einem Forscher oder kleinem Forscherteam schwerfallen würde, flächenhaft große Mengen an Lärmdaten zu erheben. Hier ist die Beteiligung von Citizen Scientists, die mit dem Smartphone/Tablet messen oder einen stationären Lärmsensor (zB. auf dem Balkon) installiert haben, von Vorteil. Nichtsdestotrotz sind die von ENGLISH angeführten Herausforderungen relevant und müssen im Sinne einer seriösen Forschung im Rahmen des jeweiligen Projektes Berücksichtigung erfahren.

Aber auch für die TeilnehmerInnen ergeben sich Vorteile, indem neues Wissen generiert wird und sie sich fachwissenschaftliche Kenntnisse und Methoden aneignen. Dies kann in weiterer Folge eine aktive, informierte Bürgerbeteiligung unterstützen (vgl. Turrini, Dörler et al., 2018: S. 176-186).

Zum Citizen Science Bezug des Lärmmoduls

Das Lärmmodul enthält typische Elemente, die mit Citizen Science und Crowdsourced Geographic Information in Verbindung gebracht werden. Dazu ist es aber wichtig, motivierende Faktoren zu identifizieren und den Zusammenhang zwischen soziodemografischen Charakteristika und der assoziierten Bereitschaft zur Beteiligung abzuschätzen, denn Citizen Science lebt und gelingt nur durch die Beteiligung Vieler.

Dazu wird im Rahmen des Moduls zunächst der Kontext von Lärm – von physikalischen Grundlagen zu dessen Wahrnehmung, den Vor- und Nachteilen traditioneller Lärmkartierungsmethoden und der Möglichkeiten partizipativer Lärmkartierung als Alternative – als Rahmen für Citizen Science vorgestellt. Die darauffolgende, praktische Lärmdatenerfassung wird ebenso in den

Gesamtzusammenhang eingebettet, indem die Werte gleich im Anschluss visualisiert und von den TeilnehmerInnen diskutiert werden können. Dabei wird auch auf den Nutzen verwiesen, den partizipativ gesammelte Werte haben können, z.B. als Argumentationsbasis gegenüber Akteuren aus Verwaltung und Politik, als Initialzündung für professionelle Lärmmessungen an Hotspots, oder als Grundlage für Bürgerbeteiligungsformate (Zukunftswerkstätten, Runder Tisch, etc.).

7.2 Zur Motivation und soziodemografische Repräsentation von an Citizen Science Partizipierenden

PETTIBONE et.al. untersuchten Citizen Science Projekte in Deutschland und Österreich im Hinblick darauf, welche Akteure Organisatoren dieser Projekte sind. Wie erwartet stellten sich wissenschaftliche Institutionen als Hauptakteure von Citizen Science Initiativen heraus, wobei in Deutschland Forschungsinstitute, in Österreich hingegen Universitäten dominierten (vgl. Pettibone, Vohland et al., 2017: S. 6). Während bei diesen Institutionen eine gewisse thematische Expertise naheliegt, sind für das längerfristige Gelingen von Citizen Science weitere - insbesondere organisatorische - Faktoren wichtig.

7.2.1 Faktoren, die zur (längerfristigen) Mitwirkung an Citizen Science Projekten motivieren

Das Verständnis, warum Personen überhaupt zur Teilnahme an Citizen Science Projekten bereit sind und welche Faktoren eine längerfristige Mitwirkung begünstigen ist wichtig, denn immerhin wird ja in der Regel gewünscht, dass durch die Mitwirkung vieler Beteiligter ein großer Datenpool geschaffen wird, durch den gewisse Fragestellungen erst beantwortet werden können. Eine gute Projektorganisation ist für ein längerfristiges Gelingen wesentlich. Außerdem zeigt es sich für den Aufbau und die längerfristige Mitwirkungsbereitschaft von Vorteil, wenn die verantwortlichen OrganisatorInnen die Motivationen potenzieller Citizen Scientists kennen und berücksichtigen: Ihre persönlichen Einstellungen, Umstände und demografischen Merkmale. Dabei kann unterschieden werden zwischen: Der Entscheidung zur Partizipation, die initiale Partizipation und die längerfristige Partizipation (vgl. West & Pateman, 2016: S. 1-2). Faktoren, die grundsätzlich zur Entscheidung führen, sich in ein Citizen Science Projekt einzubringen sind:

- **dispositionelle Eigenschaften des Individuums:** wie persönliche Werte, Einstellungen, Glaubenssätze, Persönlichkeit; Dabei ist die Motivation, dass die Mitwirkung (zumindest teilweise) eigene Ziele und Bedürfnisse unterstützt durchaus ein Faktor, der häufig auftritt (vgl. Penner, 2002: S. 458).
- **organisationstechnische Faktoren der verantwortlichen Institution:** Die Zufriedenheit mit den organisatorischen Rahmenbedingungen zeigte sich als stark für die Dauer der Beteiligung als Citizen Scientist verantwortlich (vgl. Penner, 2002: S. 458).

Die Entscheidung zur Partizipation wird dabei vor allem beeinflusst durch: 1) Das Wissen, dass eine Möglichkeit existiert; 2) Die Möglichkeit muss für die Person passend sein; 3) die Person muss motiviert sein (vgl. Hobbs & White, 2012: S. 364).

CLARY und SNYDER haben sechs Motivatoren für den Beginn und die Beibehaltung freiwilliger Partizipation identifiziert, die von den OrganisatorInnen berücksichtigt werden sollten (vgl. Clary & Snyder, 1999: S. 157):

- Verständnis davon, in welchen Bereichen Personen etwas dazulernen wollen
- Eine persönliche Werthaltung, die auf Altruismus beruht
- Soziale Motivatoren, bei der Menschen das Bedürfnis haben, neue Leute kennenzulernen oder sich aufgrund der sozialen Anerkennung von Freiwilligenarbeit beteiligen
- Motivation zur persönlichen Weiterentwicklung
- Protektive Motivation bei denen die Beteiligung dazu dient, eigene negative Gefühle zu reduzieren bzw. persönliche Probleme zu adressieren
- Karrieretechnische Motivation sind verbunden mit dem Wunsch nach dem Sammeln von Erfahrungen, die sich positiv auf die Karriere auswirken können.

Die in der nachfolgenden Grafik angeführten Punkte sind als genereller Orientierungsrahmen für gelingende (längerfristige) Beteiligung an Citizen Science Projekten zu verstehen. Im Hinblick auf das Lärmmodul kommen sie allerdings weniger stark zum Tragen, zumal dieses als eine Form schulischer Aktivität stattfindet.

Motivation zur Partizipation an Citizen Science

»» Projektplanung

- Welche Motivation könnte Leute veranlassen, sich als Citizen Scientists zu betätigen? Hinsichtlich des Themas Lärm evtl. eigene Lärmexposition (zB. Bürgerinitiativen in den Einflugschneisen von Flughäfen)
- Sicherstellen, dass das eigene Projekt gut organisiert ist, eine klare Erwartungshaltung besteht und eine sinnvolle Aufgabenstellung vorhanden ist
- verschiedene Aufgaben für verschiedene Arten der Motivation
- Bedenken potenzieller Barrieren an der Teilnahme und wie diese gegebenenfalls überwunden werden können
- Design eines Evaluierungsplans

»» Wissen über die Möglichkeit eines Projektes und Entschluss zur Partizipation

- Bewerben des Angebots an verschiedene Gruppen durch verschiedene Medienkanäle, ebenso Inkludierung von "Gatekeepers", die ggf. den Zugang zu gewissen sozialen Gruppen erleichtern können
- Sicherstellen, dass bereits in der Bewerbung eine hohe Diversität an Menschen und Gruppen angesprochen wird
- Bei der Bewerbung die Breite unterschiedlicher Motivatoren berücksichtigen
- Klare Darlegung des Projektinhalts und -ziele, der Aufgaben und Angebot von "Schnupperstunden"

»» Initiale Partizipation

- Sicherstellen, dass die Erwartungshaltung der Interessen mit der Realität abgeglichen werden
- im Rahmen des Projektes Möglichkeiten zum Lernen und Weiterentwickeln bieten
- Herausfinden, was die angehenden Citizen Scientists zur Teilnahme motiviert hat

»» längerfristige Partizipation

- Gute Organisation des Projektes sicherstellen
- Regelmäßige Kommunikation mit den Citizen Scientists sicherstellen (Community-Building)
- Beteiligte mit Feedback und Informationen zum Projektfortschritt versorgen
- Auf gegebenenfalls ändernde Motivation zur Teilnahme reagieren, alternative Aufgaben anbieten
- Rahmen und Möglichkeiten zu Interaktion und Austausch der Beteiligten bieten
- Gegebenenfalls Entwicklung eines Belohnungssystems
- Kommunikation mit den Beteiligten um Herauszufinden, ob sich ihre Interessen oder Voraussetzungen geändert haben (verfügbares Zeitbudget, Fähigkeiten,...)

»» Beenden der Partizipation

- Den Beteiligten die Möglichkeit zu Feedback einräumen und aus diesem Lernen

Abbildung 10: Checkliste für Projektmanager, um die Motivation von Citizen Scientists in den unterschiedlichen Phasen ihrer Beteiligung zu unterstützen. Quelle: eigene Darstellung nach West et. Pateman, 2016, S. 3

Eine Orientierung an diesen Punkten unterstützt die Inklusion von Gruppen unterschiedlicher sozialer Schichten, Interessenslagen und Motivationen. Unterbleibt eine kritische Reflexion und Anpassung der Projektkonzeption an die gesellschaftliche Diversität, ist die Wahrscheinlichkeit von Exklusion bestimmter Gruppen erhöht. Dadurch entfallen nicht nur deren Ehrfahrungen, auch die Areale ihrer lebensweltlichen Umgebungen werden eher ausgeblendet, rücken in den Hintergrund oder werden nicht abgebildet. Und auch weiterführende Strategien von Empowerment informierter BürgerInnen, der Interessensartikulationen, Teilhabe und Engagement sind seltener.

7.2.2 Soziodemografische Charakteristika von Citizen Scientists – zur Herausforderung von Repräsentation und Repräsentativität

Wenngleich nicht mannigfaltig, existieren einige Forschungserkenntnisse, die eruiert haben, welche Personen besonders häufig Bereitschaft aufweisen an Citizen Science Projekten teilzunehmen. Ein besseres Verständnis demographischer und sozioökonomischer Charakteristika

der TeilnehmerInnen schafft Bewusstsein dafür, dass gewisse soziale Gruppen bzw. Schichten (und damit in gewisser Hinsicht auch ihre Anliegen) durch ihre Beteiligung eher in den Ergebnissen repräsentiert werden als andere (vgl. Domhnaill, Lyons et al., 2020: S. 1). Dies kann in weiterer Folge dazu führen, dass auch Daten zum Lebensumfeld interessierter Personen häufiger erfasst - und weiterführend kartiert - werden, als anderer Personen und damit auch deren Anliegen eher Befassung und Berücksichtigung erfahren. Durch die Repräsentation einiger Gruppen in der Mitwirkung an Forschungsfrage, Forschungsdesign, Datenaufnahme, Analyse und Kommunikation kann also die Repräsentativität der Bedürfnisse der Gesamtbevölkerung in ihrer Diversität eingeschränkt sein. Die überwiegende Repräsentanz - oder auch Inklusion - bestimmter Gruppen mit gewissen soziodemografischen Merkmalen (z.B. wohlhabend, gut gebildet, mittleren Alters, gesund) kann mit der Exklusion der Repräsentation anderer Schichten führen: Beispielsweise von Menschen, die krank, schwach und nicht zur Teilnahme in der Lage sind, die nicht mit den technischen Anforderungen vertraut sind (Bedienung von Apps,...) oder bei denen Sprachbarrieren den Zugang zur Teilnahme erschweren.

Kenntnisse und Erkenntnisse über TeilnehmerInnen können aber dazu genutzt werden, dass Design und Rekrutierungsbestrebungen für Citizen Science Projekte angepasst werden (vgl. Domhnaill, Lyons et al., 2020: S. 1). Untersuchungen zu den Charakteristika von mitwirkungswilligen Citizen Scientists haben ergeben, dass diese tendenziell gut gebildet, wohlhabend, mittleren Alters und überwiegend kaukasisch im Vergleich mit der Gesamtbevölkerung sind (vgl. Pandya & Dibner, 2018). Dabei ist festzuhalten, dass verschiedene Studien zu leicht unterschiedlichen Ergebnissen kommen - vor allem was die Beteiligungsbereitschaft nach Geschlecht differenziert betrifft:

- PANDYA führte in einer Studie drei Analysen zu Partizipationsdaten bei Citizen Science Initiativen durch, die sich vornehmlich (aber nicht ausschließlich) auf Initiativen der USA bezogen: Jene zu den Profilen der internationalen Plattform SciStarter ergab, dass 64% der aktiven Mitwirkenden Frauen waren, die meisten davon in einer Altersklasse von 35-44 Jahren. Eine Analyse zur Partizipation bei Biodiversitäts-Projekten ergab, dass die Teilnehmenden überwiegend kaukasisch und gut gebildet waren, allerdings zeigten sich kaum Geschlechterunterschiede. Eine Metaanalyse basierend auf publizierter Literatur zu TeilnehmerInnendaten wiederum fand, dass Frauen mit 42% der Teilnehmenden leicht unterrepräsentiert waren (vgl. Pandya & Dibner, 2018: S. 159-168).
- Einer kürzlich erfolgten Umfrage des Pew Research Centers zufolge gab ein Zehntel der Befragten an, schon einmal an einem Citizen Science Projekt teilgenommen zu haben. Dabei war die Zustimmung bei den jungen Befragten (Millenials und jünger) besonders hoch. Weitere Merkmale der Beteiligungsbereitschaft waren ein hoher Bildungsgrad, politische Einstellung (demokratisch) sowie eine leichte Überrepräsentation von Männern (vgl. Thigpen & Funk, 2020).

- Eine Analyse zu den sozio-demographischen Charakteristiken von Citizen Scientists im Bereich Biodiversität in Irland zeigte wieder eine Dominanz wohlhabender, gebildeter TeilnehmerInnen ohne spezifische geschlechtsbezogene Unterschiede, wobei wiederum die mittleren Altersklassen (45-64 Jahre) am häufigsten mitwirkte (vgl. Domhnaill, Lyons et al., 2020: S. 5-7).
- Eine Schweizer Analyse zum Potenzial mitwirkungswilliger Citizen Scientists ergab, dass nahezu ein Drittel der SchweizerInnen Interesse für Citizen Science Projekte aufweisen. Vor allem die Einstellung und das Interesse an Wissenschaft bildeten dabei signifikante Voraussetzungen für das Interesse an Partizipation, Geschlecht, Bildung, politische Orientierung, Beschäftigungsausmaß oder Religiosität hingegen nicht. Zusätzlich wurden fünf potenzielle Zielgruppen identifiziert (vgl. Füchslin, Schäfer et al., 2019: S. 652-661):
 1. **Freizeitler** bildeten das größte Segment potenzieller Interessenten. Diese waren im Durchschnitt 55 Jahre alt, etwas häufiger weiblich (55%) und kaum vollzeitangestellt.
 2. **Ältere Scientophile** wiesen eine besonders hohe Meinung hinsichtlich Wissenschaft auf, waren vornehmlich männlich (83%) und wiesen eine höhere Nähe zur wissenschaftlichen Bildung und tertiärer Ausbildung auf (89%) als der Durchschnitt. Auch hier lag der Altersschnitt bei 55 Jahren, außerdem lebten sie häufig in Haushalten mit Kindern und gingen einer Vollzeitbeschäftigung nach.
 3. **Jüngere Scientophile** waren tendenziell eher männlich (65%) und wiesen ebenfalls eine sehr positive Einstellung und hohe Nähe zur Wissenschaft auf. Der Altersschnitt lag hier bei 25,6 Jahren, Teilzeitarbeitsverhältnisse sowie Ausbildungsverhältnisse waren häufig.
 4. Die **faszinierte Jugend** bildete die jüngste Gruppe mit einem Altersdurchschnitt von 18 Jahren, wodurch auch eine tertiäre Bildung noch nicht zum Tragen kam. Sie wiesen eine positive Einstellung gegenüber wissenschaftlichen Inhalten sowie das ausgeglichene Geschlechterverhältnis auf.
 5. Bei den **vollerwerbstätigen Eltern** betrug der Altersschnitt 45,8 Jahre, zudem waren in dieser Gruppe hauptsächlich Männer (83%) vertreten. Sie lebten vornehmlich in Haushalten mit Kindern und waren vollzeitangestellt.

Potenziell Interessierte für Citizen Science Projekte - Segmente nach % der Partizipationswilligen (nach Füchslin, 2019)

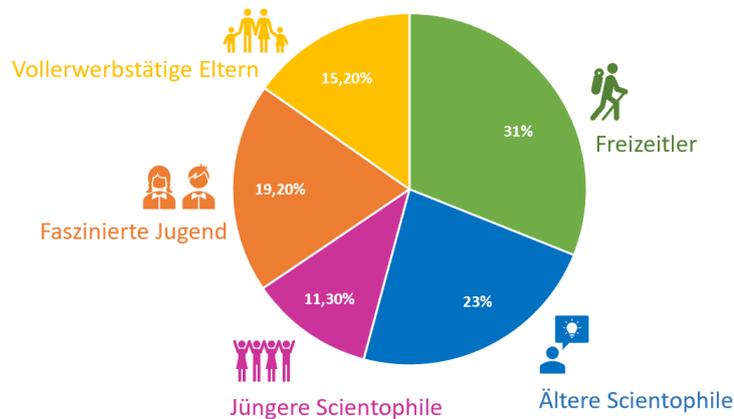


Abbildung 11: Segmente und deren Anteile an den potenziell an Citizen Science interessierten Personen der Schweizer Bevölkerung. Quelle: Füchslin et.al., S. 659-660; eigene Darstellung

Diese Zusammenstellung von FÜCHSLIN zeigt auf, dass bei der Ansprache und Gewinnung von Citizen Scientists verschiedene Typen interessierter Personen bestehen, die sich sowohl hinsichtlich ihrer Motivation, ihren Interessen als auch ihrer Vorerfahrungen unterscheiden. Themengebiete von Citizen Science, die insgesamt auf das meiste Interesse stießen, waren Umwelt und Energie, aber auch medizinische sowie bei den jungen vermehrt psychologischen Themen (vgl. Füchslin, Schäfer et al., 2019: S. 661).

Generell hervorzuheben ist, dass an mehreren Stellen der - mehr oder wenig explizite - Hinweis zur Abhängigkeit dieser Charakteristika von der Themenstellung des Citizen Science Projektes zu finden ist. Gender Gaps wurden teilweise auf die Thematik der Citizen Science Projekte zurückgeführt, zumal festgestellt wurde, dass gewisse Themen eher Frauen (Themenstellungen der biologischen Wissenschaften) oder Männer (Themenstellungen der physischen Wissenschaften) ansprechen (vgl. Pandya & Dibner, 2018: S. 165) bzw. bestimmte „Segmente“ potenziell Interessierter (vgl. Füchslin, Schäfer et al., 2019: S. 659-660).

Es gibt also wohl einige Charakteristika, die tendenziell öfter vorkommen (gut gebildet, wohlhabend, kaukasisch, mittleren Alters), diese sind aber nicht eindeutig - gerade, wenn es um den Grad der Beteiligung nach Geschlecht geht. Faktoren, die tendenziell zur Unterrepräsentation gewisser Bevölkerungsgruppen beitragen, sind: Behinderungen, auch physischer Art, zumal Citizen Science häufig mit gewissen physischen Aktivitäten im Freien verbunden sind, Menschen mit niedrigerem Bildungsstand, die weniger Bezug zu wissenschaftlichen Methoden aufweisen, ethnische Minoritäten, sowie Personen, die mit den Anforderungen der digitalen Technologien nicht vertraut sind (vgl. Merenlender, Crall et al., 2016: S. 1255; West & Pateman, 2016: S. 5).

Wenngleich keine dedizierten Forschungsergebnisse zu soziodemographischen Charakteristika von Citizen Scientists in der Lärmkartierung zu finden waren, ist es aufgrund dieser Erkenntnisse naheliegend, dass auch dort ähnliche Faktoren von Inklusion und Exklusion zum Tragen kommen. Hier wären demnach noch spezifische Untersuchungen notwendig, um Aussagen zu den Charakteristika in Bezug auf partizipative Lärmkartierung treffen zu können.

7.3 Ansprüche von Citizen Science an die Lärm-Thematik

In vielen Fällen haben Citizen Science Projekte bestimmte Anliegen, die von lokalen Gruppen aufgegriffen werden und einen hohen Bezug auf das spezifische Lebensumfeld der Beteiligten aufweisen. Teils werden Initiativen dann nicht von einer akademischen oder forschenden Einrichtung gegründet, sondern bilden sich aufgrund eines gewissen Leidensdrucks oder einer erkannten Problemstellung. Häufig passiert dies mit einem Bezug zu Umweltproblemen wie Umweltverschmutzung, Gesundheitsgefahren, Artenschutz, Wasser- und Luftqualität oder Ressourcenverbrauch – so auch zu Lärmbeeinträchtigungen, wobei Anrainer in der Umgebung von Flughäfen häufig besondere Sensibilität für das Thema aufweisen. So messen Deutschland betroffene BürgerInnen bereits seit Jahrzehnten (z.T. auch mit teuren Geräten) die Lärmbelastungen rund um Flughäfen und auch in Österreich gibt es hier aktive Bürgerinitiativen (vgl. Plavec, 2019; Schindler, 18.9.2020).

Sehr oft wird Citizen Science allerdings von WissenschaftlerInnen und BürgerInnen in Kooperation durchgeführt. Für BürgerInnen dienen wissenschaftlicher Evidenzen der argumentativen Unterstützung ihrer Anliegen. Ein konkreter wissenschaftlicher Output (in Form von Publikationen) wird von BürgerInnen in der Regel nicht angestrebt. Vielmehr verfolgen sie vorrangig das Ziel, durch Datenbeschaffung und -auswertungen Nachweise für wissenschaftlich fundierte Statements als argumentative Basis zu erlangen, um politische Entscheidungsträger zu konfrontieren oder durch Medien, wie Nachrichten, Blogs oder Soziale Medien Aufmerksamkeit für ihr Anliegen zu erlangen. Wenngleich wissenschaftliche Institutionen nicht zwangsläufig direkt mit eingebunden sind, beziehen sich viele Citizen Science-Initiativen stark auf wissenschaftliche Standards. Denn auch wenn ein wissenschaftlicher Output nicht vorrangig angestrebt wird, kann er doch wertvoll in Bezug auf eine nachhaltige Organisationsstruktur, hohe Beteiligung, Lernergebnisse, Erkenntnisse der Betroffenen und in der Kommunikation mit Organen aus Verwaltung und Politik gewertet werden (vgl. Kullenberg & Kasperowski, 2016: S. 13-14).

7.4 Lärmkarten: Ein Vergleich traditioneller vs. partizipativer Generierung

Gemäß der Europäischen Direktive 2002/49/EC sowie der Bundeslärmschutzverordnung sind Städte mit mehr als 100.000 Einwohnern zur Erstellung von Lärmkarten verpflichtet, Aktionspläne zur Reduzierung von Lärmbelästigung zu erarbeiten sowie die BürgerInnen über die

Qualität ihrer Klangumgebung zu informieren (vgl. Artikel 3 Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 2006; Europäisches Parlament, 2019).

7.4.1 Strategische Umgebungslärmkarten: Bilden Lärmkarten wirklich die Realität ab?

Offizielle Lärmkarten haben den Zweck, BürgerInnen vor gesundheitsschädlichem Lärm zu schützen und Behörden darauf hinzuweisen, wo Belastungen besonders hoch sind.

Traditionellerweise basiert die Lärmkartenerstellung auf Modellierungen von Geräuschquellen und akustischen Ausbreitungsmodellen, unter der Verwendung von Standardmethoden wie CNOSSOS-EU, ISO 9613-2 (vgl. Kephapoulos, Paviotti et al., 2012) oder ISO 9613-2 (vgl. International Organization for Standardization, 2017). Dieser Ansatz erlaubt eine Übersicht über Umgebungslärm, hat aber den Nachteil, dass solche Lärmmodelle auf die definierten Lärmerreger Straße, Schiene, Flugverkehr und Industrie abzielen und Charakteristika als auch Vielfalt von Umgebungslärm vernachlässigen: z. B. wird Straßenlärm als konstant angenommen und die Dynamik ausgeblendet; Ausbreitungsmodelle beruhen des Weiteren auf Schätzungen und Berechnung anhand von Inputdaten, die nicht immer vollständig sind. Zwar stehen zunehmend Open Data zur Verfügung, dass diese in die Modelle einfließen ist aber noch äußerst selten. Daher, so PICAULT, mangelt es behördlichen Lärmkarten teils an Wirklichkeitsnähe (vgl. Picaut, Fortin et al., 2019: S. 20). Ein weiterer Aspekt, der nicht miteinbezogen wird, ist die individuelle Wahrnehmung von Umgebungslärm durch die Menschen.

Den strategischen Umgebungslärmkarten für Wien beispielsweise liegen folgende Daten zugrunde (vgl. Magistratsabteilung 22 - Umweltschutz, 2018: S. 13-15):

- Adressregister, Gebäude- und Wohnregister, Meldedaten
- Geländedaten: Höhenlinien, Bodenabsorption sowie Bewuchs werden der Flächenmehrzweckkarte entnommen
- Bebauungsdaten:
 - Gebäude: Grundrisse und Höhe; Annahme von Reflexionsverlusten je nach Oberflächenbeschaffenheit
 - Lärmschutzwände
 - Mauerwerke

Ein zweiter Ansatz zur Lärmkartenerstellung, der von durch die EU-Direktive erlaubt ist, basiert hingegen auf direkten Lärmmessungen als Datengrundlage. Da hierfür zahlreiche Messungen notwendig sind, wird diese Möglichkeit aber oft von vornherein ausgeschlossen. Mit der umfassenden Verfügbarkeit und laufenden Verbesserungen der metrologischen Qualität von Smartphones könnte die Realisierbarkeit eines dichten Lärmmessnetzwerks (räumlich und zeitlich) aber näherrücken. Theoretisch würden dadurch realistischere Lärmkarten unterstützt, die sowohl

verschiedene Lärmemittenten berücksichtigen als auch eine zeitliche Dynamik abzubilden vermögen (vgl. Picaut, Fortin et al., 2019: S. 20).

Die *European Noise Directive 2002/49/EC* bezieht sich auf die Beurteilung und den Umgang mit Umgebungslärm. Für Agglomerationen mit mehr als 100.000 Bewohnern, Hauptverkehrsstraßen (>3 Mio Fahrzeuge pro Jahr), Hauptbahnlinien (>30.000 Züge pro Jahr) und größere Flughäfen (mehr als 50.000 Flugbewegungen im Jahr, inklusive kleiner Typen und Helikopter) sind die Erstellung von Lärmkarten und Lärm Managementplänen vorgeschrieben und müssen alle 5 Jahre erneuert werden (vgl. Europäisches Parlament, 2019). Dabei sollen für alle Mitgliedsstaaten harmonisierte, gemeinsame Lärmindizes und Bewertungsmethoden zur Anwendung kommen: L_{den} zur Bewertung der Lärmbelästigung sowie L_{night} zur Bewertung der nächtlichen Lärmbeeinträchtigung. Diese Indizes können von den Mitgliedsstaaten zur Kontrolle und Verfolgung spezieller Lärmsituationen ergänzt werden. Ebenso ist eine Ergänzung bei technischem und wissenschaftlichem Fortschritt vorgesehen. Bis gemeinsame Bewertungsmethoden für L_{den} und L_{night} verbindlich vorgeschrieben werden, können die bestehenden nationalen Indizes in die beiden Indikatoren umgesetzt werden, wobei nachzuweisen ist, dass die Methoden zu gleichwertigen Ergebnissen führen wie die in Anhang II beschriebenen Bewertungsmethoden. Die dafür verwendeten Daten dürfen außerdem nicht älter als 3 Jahre sein (vgl. Europäisches Parlament, 2019).

Von besonderer Relevanz im Hinblick auf dieses Kapitel ist in Anhang II der *European Noise Directive* zu finden: „Die L_{den} und L_{night} -Werte können entweder durch Berechnung oder durch Messung (am Messpunkt) bestimmt werden“ (Europäisches Parlament, 2019).

Das bedeutet, dass einerseits Modellrechnungen und Simulationen zur Bestimmung von Lärmwerten, z.B. basierend auf Verkehrsaufkommenszahlen, herangezogen werden - was in der Literatur (weil weitverbreitet) als „traditionelle“ Form der Lärmkartierung bezeichnet wird. Andererseits können Lärmwerte aber auch durch direkte Lärmmessungen generiert werden- was bislang aufgrund der geringen Verfügbarkeit von Lärmsensoren in der Fläche aber kaum angewendet wurde.

Situation in Österreich:

Für Österreich sind Lärmkarten zu Straßenverkehr, Schienenverkehr, Luftverkehr und Industrie über www.laerminfo.at abrufbar und bieten eine Übersicht über 24h-Durchschnittswerte und Nachtwerte. Die Lärmdaten, auf welchen diese Darstellungen basieren sind auch über die INSPIRE Metadatensuche Österreich (vgl. INSPIRE Metadatensuche Österreich, 2017) abrufbar. Nachfolgend soll eine kurze Auseinandersetzung mit der jeweiligen Ausgestaltung dieser Karten einen kritischen Blick darauf werfen, welche Informationen in diesen Lärmkarten abgebildet werden und welche Aspekte nicht berücksichtigt werden:

- Die Lärmkartenerstellung für Straßen ist maßgeblich von der Anzahl der Fahrzeuge abhängig. Die zur Kartenerstellung verwendeten Dezibel-Werte werden also nicht gemessen, sondern anhand von Verkehrszählungen berechnet. Diese Berechnungen inkludieren folgende Faktoren: Anzahl der PKW und LKW pro Stunde, Tempolimit, Art der Bebauung, Straßenbelag sowie Steigung und Gefälle von Straßen. Die errechneten Werte werden über das Jahr gemittelt (Mittelungspegel) (vgl. FSV, Februar 2019). Nicht berücksichtigt werden hingegen - und das ist für die subjektive Belastungsempfindung durchaus problematisch - Belastungsspitzen. Dazu gehören zum Beispiel modifizierte (getunte) Fahrzeuge, deren Lärmemissionen nicht den gesetzlichen Richtlinien entsprechen, ständiger Ausweichverkehr, Laufenlassen des Motors, ... Hinzu kommt natürlich, dass weitere Lärmquellen, die sich nicht auf den Straßenverkehrslärm beziehen, nicht miteinbezogen werden.
- Umgebungslärmkartierung 2017 - Industrie (IPPC): Bei der Kartierung des Industrielärms ist zu beachten, dass dieser nur in Bezug auf Betriebe mit bestimmten industriellen Tätigkeiten (nach IPPC-Richtlinie)⁷ dargestellt wird (Bundesministerium Digitalisierung und Wirtschaftsstandort, 2018: S. 3-6):

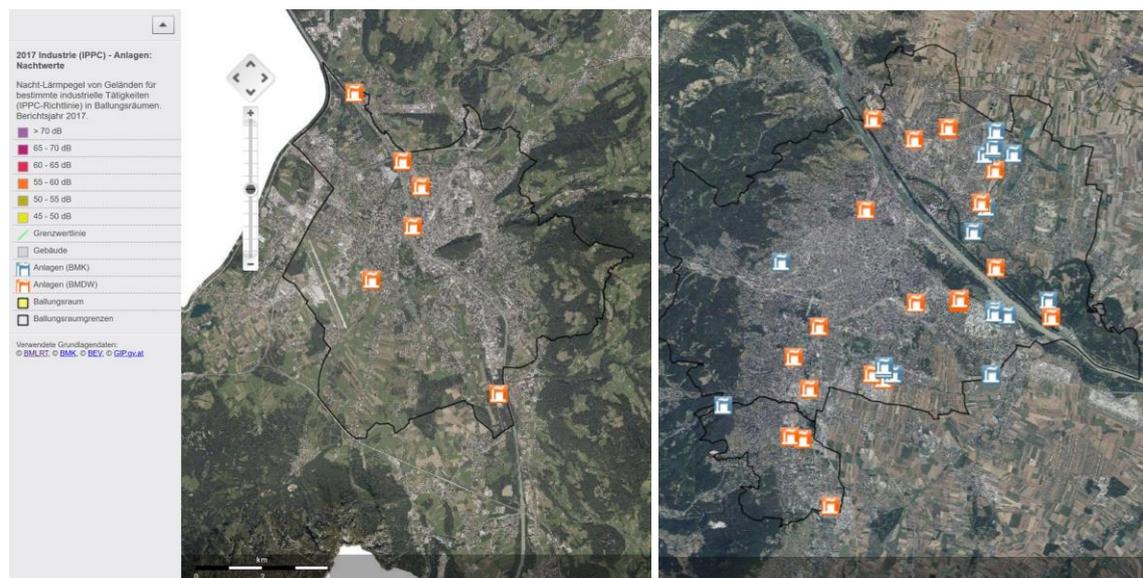


Abbildung 12: Lärmkarten Industrie L_{night} für Salzburg und Wien. Quelle: BMK, 2020

Die für Industrie erstellten Lärmkarten von Wien und Salzburg zeigen, dass in beiden Städten nur wenige Betriebe (Wien: 31; Salzburg: 5) die Kriterien erfüllen, um hinsichtlich Lärmemissionen berücksichtigt zu werden. Insbesondere kleinere Betriebe, deren Tätigkeiten in deren

⁷ IPPC steht für "Integrated Pollution Prevention and Control" (zu Deutsch: "Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung") und bezieht sich auf folgende betriebliche Tätigkeiten (ab gewissen Anlagenkapazitäten): Herstellung und Verarbeitung von Metallen, mineralverarbeitende Industrie, Chemische Industrie, Anlagen zur Herstellung von Explosivstoffen, Anlagen zur Herstellung von Nahrungsmitteln oder Futtermittelzusatzstoffen aus tierischen Rohstoffen

Nachbarschaft ebenfalls zu Lärmbelastungen auftreten können, bleiben beispielsweise völlig unberücksichtigt.

7.4.2 Partizipative Generierung von Lärmkarten

Umgebungslärmmessungen nach den Bestimmungen der EU werden in der Regel auf Basis von Modellrechnungen durchgeführt. Die hohe zeitlichen und räumliche Granularität des Phänomens hingegen lässt auch alternative Herangehensweisen interessant erscheinen. Im Jahr 2019 verfügten 97% der ÖsterreicherInnen über ein Smartphone (vgl. Mobile Marketing Association Austria, 2019). In der Regel sind Smartphones, aber auch Tablets, mit jenen Sensoren ausgestattet, die erlauben a) Lärmdaten aufzunehmen (Mikrofon) und b) durch GNSS-Positionsbestimmung genau zu dokumentieren, wo diese Messungen stattgefunden haben.

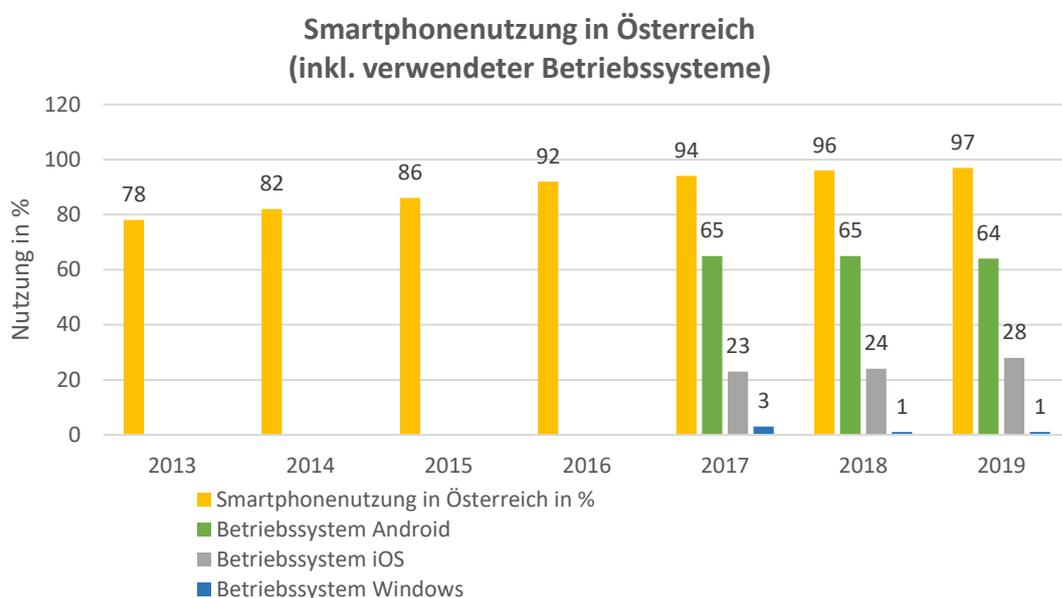


Abbildung 13 Smartphonennutzung von 2013-2019, sowie die am häufigsten verwendeten Betriebssysteme. Quelle: Mobile Communications Report 2019, angepasste eigene Darstellung

Die starke Verbreitung von Smartphones als potenzielle Lärmdatenerfassungsgeräte legt nahe, diese für eine Verwendung zur partizipativen Erfassung von Lärmdaten zur Lärmkartierung zu nutzen. Ausgestaltung und Qualität der Citizen Science Initiativen zur partizipativen Lärmkartengenerierung können unterschiedlich ausfallen. Das nachfolgende Beispiel Zuge der SWR Mitmachaktion #zuLAUT im Oktober 2019 ist dabei aus mehreren Gründen interessant (vgl. SWR, 2019):

- Die Aktion wurde massenmedial publiziert und motivierte BürgerInnen zu Lärmmessungen
- Seitens des SWR wurden 25 Messungen mit kalibrierten Messgeräten über 2 Wochen durchgeführt, die alle 40 Sekunden den Schallpegel maßen

- Zudem konnten BürgerInnen Messungen und Kommentare eintragen. Die Qualität dieser Lärmmessungen zu beurteilen ist allerdings schwierig, zumal eine standardisierte Messmethodik nicht erkennbar ist.
- Zahlreiche Kommentare weisen darauf hin, dass BürgerInnen sich nicht mit den auf behördlichen Lärmkartierung verzeichneten Werten identifizieren können.

Durch die so beigetragenen Informationen erstellte das OK Lab Stuttgart eine Lärmkarte mit tatsächlich gemessenen Werten mit dem Ziel, den Druck auf Behörden zu Maßnahmen gegen Lärm zu erhöhen (vgl. SWR, 2019).

7.4.3 Potenzial zur Verwendung partizipativer Lärmmessungen und Lärmkarten

In der Literatur wird das Potenzial partizipativ erfasster Lärmdaten und Lärmkarten als Alternative zu traditionell erstellten Lärmkarten hervorgehoben. Als Vorteil wird die Messung tatsächlicher, realer Lärmwerte angeführt, die nicht auf gewisse Lärmerreger (Straße, Schiene, Flugverkehr, Industrie) limitiert sind. Nun stellt sich aber die Frage, in welchem Kontext die erhobenen Lärmdaten tatsächlich zu praktischer Verwendung gelangen können. Hierzu wurde ein Interview mit Dipl.-Ing. Michael Schindler, Leiter des Bereichs Lärm und Schallschutz beim Magistrat Wien, geführt (das Transkript des Interviews findet sich im Anhang). Des Weiteren gab es per E-Mail einen Austausch mit Frau Ing. Angelika Frauscher-Ingram, zuständig für Immissionsschutz bei der Abteilung für Natur- und Umweltschutz beim Land Salzburg.

Die MA Immission, für die Dipl.-Ing. Schindler arbeitet, ist verantwortlich für die (extern beauftragte) Lärmkartenerstellung, die in weiterer Folge ans Bundesministerium übermittelt wird. Ebenso fällt die Erstellung des Umgebungslärm-Aktionsplans Teil 10 für Wien (vgl. Magistratsabteilung 22 - Umweltschutz, 2018) in den Aufgabenbereich von Dipl.-Ing. Schindler. Bei der Verwendung von Lärmkarte und Lärmaktionsplan ergebe sich allerdings das Problem, so SCHINDLER, dass diese keine rechtsverbindliche Wirkung entfalten, sondern Maßnahmenvorschläge darstellen. So werden auch subjektiv-öffentliche Rechte oder privatrechtliche Rechtsansprüche ausgeschlossen (vgl. § 15Wiener Landtag, LGBl. Nr. 41/2019), was bedeutet, dass Einzelpersonen keinen Anspruch darauf haben, aufgrund hoher in der Karte vermerkter Werte Lärminderungsmaßnahmen einzufordern. Wenngleich es keine Verpflichtung gebe, die Lärmkarten oder Aktionspläne zu beachten, werden diese zum Teil bei neuen Bauvorhaben oder neu zu errichtenden Straßenzügen herangezogen und beispielsweise von Seiten der Baupolizei der Einbau von Lärmschutzfenstern vorgeschrieben.

Partizipative Lärmdaten und -karten können für solche Zwecke hingegen nicht verwendet werden - unabhängig von der Genauigkeit der Messung - zumal die rechtliche Vorgabe die Messung und Darstellung der Energieäquivalenten (L_{eq}) vorgibt. Diese können jedoch nicht mit herkömmlichen, auf dem freien Markt erhältlichen, Messgeräten (Handy, oder auch Schallpegelmessgerät) erfasst werden (vgl. Schindler, 18.9.2020).

Von Seiten des Landes Salzburg gab es zu konkreten Lärmmessungen folgende Auskunft: Schallpegelmessungen werden nur für bestimmte Bereiche und tendenziell für konkrete Vorhaben erstellt und herangezogen. Die Messungen müssen unter genormten Bedingungen durchgeführt werden (gemäß ÖNORM S 5004 – Messungen von Schallimmissionen), wozu geeichte Messgeräte der Klasse 1 verwendet werden müssen. Zusätzlich müssen Störgeräusche entfernt werden, der Verkehr gezählt und kategorisiert werden, um eine Kalibrierberechnung auf den jahresdurchschnittlichen Verkehr durchzuführen (vgl. Frauscher-Ingram, 16.09.2020).

Seitens des Magistrats Wien, Bereich Lärm und Schallschutz, wurde ebenfalls bereits angedacht, ein Citizen Science Projekt zu initiieren, um durch die Menge der messenden Personen eine Punktwolke darzustellen, bei der sich über die Tage eine Veränderung zeige, die durch Analysen Rückschlüsse zulasse. Die konkrete Nutzbarkeit sei allerdings auch für die MA 22 eine offene Frage, zumal die rechtlichen Anforderungen kaum Spielraum lassen. Insgesamt sei der Bereich der Bewusstseinsbildung jene Möglichkeit, der am meisten Spielraum zur Verwendung partizipativ erfasster Lärmdaten eingeräumt werde (vgl. Schindler, 18.9.2020).

Eine weitere Frage des Interviews bezog sich darauf, ob BürgerInnen auch mit eigenen Messwerten an den Magistrat herantreten und wie in solchen Fällen reagiert werde. Dies sei häufig der Fall, gerade wenn durch planerische Fehlleistungen Wohnbauten entstehen, in denen BürgerInnen besonders lärmexponiert sind. So komme es immer wieder vor, dass BürgerInnen auch mit Messungen eigener Schallpegelmessgeräte an die MA 22 herantreten. In manchen Fällen, die rechtliche Aspekte betreffen, werde dann ein Amtssachverständiger hinzugezogen, um die Situation zu erheben, beispielsweise bei Lärmbelästigung durch Wärmepumpenklimaanlagen. Generell werde bei solchen Beschwerden aber auf die Lärmkarten verwiesen, die eine hinreichende Genauigkeit aufweise und zur Bewertung heranzuziehen sei (vgl. Schindler, 18.9.2020).

Grundsätzlich, so SCHINDLER, seien Lärmschutzmaßnahmen auf Ebene des Bezirkes zu treffen. In der Praxis bedeute das, sie werden durch die Bezirksvorstehungen veranlasst, die sich dann der jeweiligen magistratischen Dienststellen behelfen: bei verkehrsorganisatorischen Anliegen der MA 46, denen die Überprüfung von Lärmschutzwänden obliegt, der MA22 für Lärm und Schallschutz und auch der MA 28 bei Straßenbaumaßnahmen. Hinzu komme seitens der MA 22 auch die Verpflichtung, die Öffentlichkeit zu informieren, was über die Einladung der Bezirke geschehe. Eine Prioritätenreihung hinsichtlich möglicher Lärmschutzmaßnahmen erfolge insbesondere im Hinblick auf Sozialbauten sowie öffentlicher Plätze, die für Erholungssuchende von großer Wichtigkeit seien (vgl. Schindler, 18.9.2020).

Internationale Beispiele für die Verwendung partizipativ erfasster Lärmdaten

Seitens der befragten Verwaltungsorgane (Magistrat Wien, Land Salzburg) wird eine direkte Verwendung partizipativ erfasster Lärmdaten also als schwierig angesehen, wenngleich der Einsatz zur Bewusstseinsbildung befürwortet und hochgeschätzt wird.

Dass im Umgang mit partizipativ erfassten Lärmdaten durchaus auch innovative Ansätze zum Einsatz kommen können, zeigen die folgenden beiden Beispiele aus Frankreich sowie das Projekt SONYC der Stadt New York, das weiter unten noch näher vorgestellt wird.

VENTURA et.al. untersuchten urbanen Lärm, indem sie simulierte Lärmkarten mit partizipativen Lärmmessungen kombinierten, die mit Mobiltelefonen und der App Ambicity aufgenommen wurden. Dabei gingen sie davon aus, dass beide Methoden mit Unsicherheiten und Bias behaftet sind, die bei der Zusammenführung der Daten berücksichtigt werden müssen. Aus diesem Grund entwickelten sie eine Methodik, um einerseits die Fehlerhaftigkeit von Lärmmessungen per Smartphone zu quantifizieren und in die Berechnungen miteinfließen zu lassen und andererseits ein Modell zu entwickeln, um der Fehlerkovarianz der simulierten Lärmkarte Rechnung zu tragen. Durch die Verwendung dieser Fehlerkovarianzen wurde der sogenannte "best linear unbiased estimator (BLUE)" berechnet, der einen klassischen Schätzer in Datenassimilierungstechniken darstellt. Der Schätzer produziert in der Folge eine Lärmkarte, die auf einer Kombination der simulierten Lärmkarte und den partizipativen, mobilen Messungen beruht. Hinzu kamen a posteriori statistische Tests, eine Kreuzvalidierung und qualifizierte Messungen mit einem Schallpegelmessgerät (Raphaël Ventura, Vivien Mallet, Valerie Issarny et al., 2017: S. 5000)

Das Projekt SONYC (Sounds of New York City) wird in Zusammenarbeit mit der öffentlichen Verwaltung entwickelt. Es nützt einen integrierten Ansatz, der auf einem Sensornetzwerk aufbaut und in dem das Potenzial von Citizen Science nicht nur in Bezug auf Schalldatenerfassung, sondern auch vorbereitend auf Machine Listening Prozessierung genutzt werden kann. Das Resultat – eine interaktive 3D-Karte, in der Daten in real-time upgedated werden können – kann seitens der Verwaltung für mehrere Verwendungszwecke genutzt werden: der raum-zeitlichen Exploration von Lärmphänomenen in der Stadt, dem Planen von Kontrollen bei Lärmbeschwerden, zur datengestützten Raum- und Verkehrsplanung sowie zu Planungsverfahren, die BürgerInnenbeteiligung inkludieren.

7.4.4 Exkurs: SONYC – das Best-Practise Beispiel aus New York

Besonders interessant im Hinblick auf innovative Verwendung partizipativer Lärmkartierung ist das SONYC (Sounds of New York City) Projekt. Dieses wird in enger Kooperation mit der öffentlichen Verwaltung, konkret dem *Department of Environmental Protection* und dem *Department of Health and Mental Hygiene* durchgeführt. Ein wesentliches Anliegen ist, die Behörden im Hinblick auf die große Zahl an Lärmbeschwerden, mit denen sich die Stadt täglich konfrontiert sieht, zu unterstützen. Durch das Projekt soll auch dem Problem entgegengetreten werden,

dass das offizielle städtische Beschwerdesystem weit nicht über die personellen Ressourcen verfügt, um unmittelbar auf Lärmstörungen (z.B. nächtlichen Baulärm) zu reagieren. Wiewohl 50 Inspektoren bereitstehen ist es schwer möglich, jeder der rund 834 Beschwerden, die täglich von BürgerInnen eingereicht werden, sofort nachzugehen. Am häufigsten betreffen Meldungen störenden Verkehrslärm, Sirenen und Baulärm sowie sozialen Lärm von Partys, lauten Gesprächen, Musik, Fernseher (bemerkenswerterweise füllen mehr als doppelt so viele EinwohnerInnen aus dem wohlhabenden Manhattan das Beschwerdeformular aus, als EinwohnerInnen der anderen Bezirke). Da Inspektionen zeitverzögert stattfinden und Lärm ein flüchtiges Phänomen ist, können Lärmquellen und Verursacher häufig nicht mehr eruiert werden (vgl. Bello, Silva et al., 2018: S. 70). So wurden Unterstützungsmöglichkeiten überlegt: Partizipative Lärmmessungen mit Smartphones wären zwar überall verfügbar, werden aber in der Regel immer nur kurzzeitig und häufig ohne Kalibrierung durchgeführt. Statische Sensor-Lösungen hingegen sind oft zu kostenintensiv, um großflächig ausgerollt zu werden. Lärmkarten, die auf Schallausbreitungsmodellierung zu den Verursachern Industrie, Straße, Schiene und Luftverkehr beruhen, sind nicht nur hinsichtlich der Lärmverursacher reduziert, sie vermissen auch die temporale Dynamik, was wiederum eine inakkurate Abbildung der Lärmsituation bewirkt. Dies beeinflusst auch die Möglichkeit, Lärmreduktionsmaßnahmen oder einen konkreten Handlungsplan zu entwickeln (vgl. Bello, Silva et al., 2018: S. 70).

SONYC versucht hier einen neuen Weg zu gehen: Das Projekt baut auf kostengünstige Sensoren (ca. 80\$/Stück), die in der Lage sind, in Real-Time, genau und lärmquellenspezifisch Lärm zu monitoren. Das System inkludiert zudem Vorhersagen zum Auftreten von Lärm auf Basis von räumlicher Statistik und physischen Modellen. Das Projekt soll zur Unterstützung von Lärmminde rung beitragen, indem es die Planung optimierter Inspektionen durch öffentliche Organe ermöglicht. Basis dafür ist die Identifikation von Stellen, an denen es (vermutlich) zu Übertretungen der Lärmschutzgesetze kommt. Ein solches Szenario wäre, wenn das System auf integrierte Informationen des Sensor Netzwerks und des zivilen Beschwerdesystems zugreift und ein Muster von Presslufthammergeräuschen während Ruhezeiten in der Nähe einer Baustelle registriert. Diese Information triggert eine Inspektion - die Ruhezeitverletzung wird geahndet. In der Folge kann über das System eruiert werden, ob es sich um eine einmalige Übertretung gehandelt hat, oder ob sich diese wiederholt - und gegebenenfalls auch an anderen Baustellen derselben Firma - auftritt (vgl. Bello, Silva et al., 2018: S. 71).

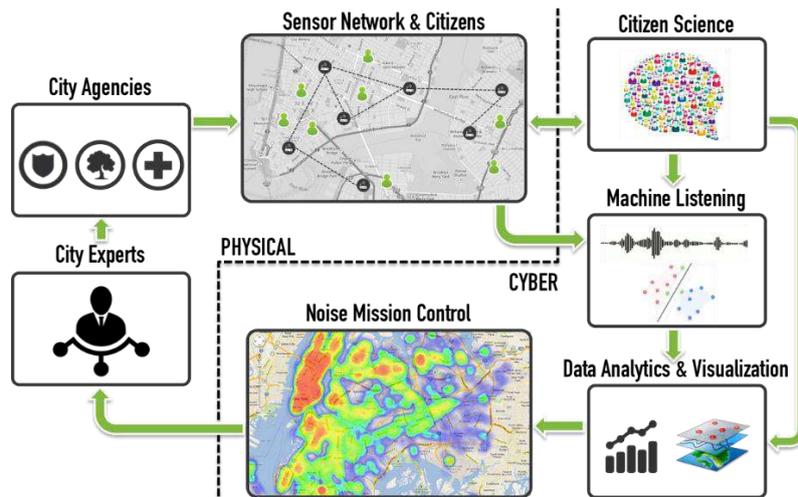


Abbildung 14: Das SONYC (Sounds of New York City) Cyber-Physische System. Quelle: <https://wp.nyu.edu/sonyc/>

Solche Analysen und Darstellungen werden durch das zugrundeliegende cyber-physische System ermöglicht. Dieses arbeitet dezentralisiert und inkludiert Mensch-Computer-Interaktion. Es basiert auf folgenden Elementen:

- Das Akustische Sensor-Netzwerk arbeitet mit MEMS (mikroelektromechanisches System) Mikrofonen, die Schallpegelwerte von 32-120 dBA aufnehmen können.
- Machine Listening kombiniert Techniken von Signalprozessierung und Machine Learning um bedeutungsvolle Informationen aus dem Pool von Umgebungslärm zu extrahieren, wie z. B. Presslufthammer, Hupen, Sirenen,... Vielzahl und Komplexität der Lärmquellen, Vordergrund- und Hintergrundgeräuschen stellen dabei eine große Herausforderung dar. Annotierte Datensets und Dictionary-basierte Methoden tragen dazu bei, Informationen aus den urbanen Geräuschkulissen zu entziffern. Dafür sind große Mengen annotierter Geräuschdaten notwendig, die aber bis dato nicht existieren und das „Bottleneck“ in der Arbeit mit Machine Listening zur Detektion von Lärmquellen bilden (vgl. Bello, Silva et al., 2018: S. 71). Aus diesem Grund wurde im Juni 2020 ein Aufruf an interessierte Citizen Scientists gestartet, bei der Annotation von Audio-Clips zu unterstützen (vgl. Civic Tech Guide, 11.06.2020).
- Analyse und Visualisierung der Lärmdaten: Die Menge der erfassten Daten stellt auch aus datenanalytischer Sicht eine Herausforderung dar. Zur Visualisierung entschied man sich zu einer 3D-Ansicht, die von Experten wie von Laien gleichermaßen verstanden werden soll und eine schnelle Visualisierung der gestreamten Werte in nahezu Real-Time erlaubt.
- Datengetriebene Lärminderungsmaßnahmen: Analyse- und Entscheidungsgrundlagen gehen über reine Beschwerdemeldungen hinaus, indem das Ausmaß und die Art gemeldeter und nicht-gemeldeter Lärmgeschehnissen ebenfalls aufgezeigt wird.

Dadurch kann diese Herangehensweise auch dazu verwendet werden, Bias im Beschwerdeverhalten zu identifizieren (vgl. Bello, Silva et al., 2018: S. 76).

- Citizen Science und Partizipation: Die Rolle von Citizen Scientists ist nicht nur auf die Annotation von Geräuschen limitiert. Neben den statisch fixierten Sensoren möchte SONYC künftig auch mobile Plattformen zur Verfügung stellen, mit denen Citizen Scientists Geräusche in situ aufnehmen und annotieren können, Einblick in existierende Daten anderer Mitwirkender erhalten und mit den Daten über eine Argumentationsbasis gegenüber den städtischen Behörden verfügen (vgl. Bello, Silva et al., 2018: S. 76).

Das Projekt zeigt einen innovativen Zugang, der auf Sensor Technologie, Big Data, Machine/Deep Learning und Citizen Science und Partizipation beruht - allesamt Felder, bei denen sich abzeichnet, dass sie in der Zukunft stark an Bedeutung gewinnen. Aus diesem Grund ist es in jedem Fall wert, diese bei der Beschäftigung mit Lärm im Auge zu behalten.

Best-Practise-Beispiel: SONYC (Sounds of New York City)

► Projektmanagement



Projektleitung: New York University (NYU)
Partner: NYC Department for Environmental Protection, NYC Health Department



Finanzierung: 4,6 Millionen \$ Projektgeld durch National Science Foundation (2015)
400.000 \$ für die Entwicklung eines Lärmsensors für Citizen Scientists
(Februar 2020)

► Entwicklung akustischer Sensoren



Fix montiert: Raspberry Pi Einplatinenrechner mit MEMS Mikrofonmodul (Abdeckung: 32dBA-120dBA), Aluminiumgehäuse zur Reduktion von RFI Interferenzen, externes Mikrofonmodul
Kostenpunkt: ca. 80 \$ (primär Verwendung handelsüblicher Komponenten)

Flexibel für Citizen Scientists: in Entwicklung



Sensor Netzwerk: 50-100 fix installierte Sensoren in Greenwich Village, Manhattan, Brooklyn, Queens
geplant: flexible Sensoren für BürgerInnen



► Erfassung von Lärmwerten und Audio-Samples



- kontinuierliche Schallpegelmessung
- Erfassen 10-sekündiger Audio-Mitschnitte in zufälligen Intervallen (zum Training für Machine Listening)
- Kompression (FLAC audio coding format) und Verschlüsselung der Audiodaten
- Upload von Audio- und Schallpegelmessdaten an den Server über ein privates, virtuelles Netzwerk in 1-Minuten-Intervallen

► Annotation von Audio-Samples und Aufbau einer Library für Machine Listening



- Citizen Science:**
- Annotation von Audio-Samples
 - künftig auch Einspeisung eigener Lärmmessungen mit eigens konstruierten Sensoren



- Programmiersprachen:**
- Python-basierte Libraries und Scraper für Training und Machine Learning/Listening
 - Javascript-basiertes Webinterface zur Annotation von Audiodaten

► Machine Listening



- Datensätze:**
- SONYC-USW v2.2 mit spatiotemporalem Kontext: Durch Citizen-Scientists multilabel-annotierter Datensatz (23 Klassen) mit 18.515 Audio-Recordings des SONYC-Sensornetzwerkes (inkl. Koordinaten).
 - Audio-Data Augmentation: die systematische Generierung augmentierter Trainingsdaten durch Audio Transformationen führte zu weiteren 15.400 synthetisierten und annotierten Audio-Samples



- Ablauf:**
- Machine-Listening Modell für 10 bekannte Klassen urbaner Geräuschquellen können in real-time prozessiert werden. Dabei werden die annotierten Daten aus den Libraries mit neuen Audio-Samples abgeglichen, sodass diese klassifiziert werden können.

► Analyse und Visualisierung



Analyse: Integration weiterer Datenlayer; Räumliche Statistik und Physical Modeling für aggregierte oder individuelle Sensordaten

Visualisierung: interaktive 3D (Urbane) Visualisierung für raumzeitliche Exploration durch Endnutzer

► Verwendung



- Identifikation von Verstößen gegen Lärmschutz und Planung von Kontrollen
- Unterstützung bei Planungsaufgaben (data-driven Planning) durch die Möglichkeit zu spatiotemporalen Abfragen

Abbildung 15: Überblickgrafik zum Best-Practise Beispiel SONYC (Sounds of New York City). Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Bello, 2018

7.4.5 Gegenüberstellung der Resultate unterschiedlicher Lärmerhebungsmethoden

Im Nachfolgenden wird ein Vergleich von Lärmwerten vorgestellt, der auf unterschiedlichen Methoden der Ermittlung von Lärmwerten beruht. Zur Gegenüberstellung gelangen Werte, die an drei Stellen an unterschiedlichen Straßentypen in der Stadt Salzburg erhoben wurden: einmal an einer Hauptverkehrsstraße (Rosa-Kerschbaumer-Straße), einmal an einer Nebenverkehrsstraße (Austraße 3) und einmal in einem Wohngebiet (Austraße 35). Die Messungen wurden jeweils am angrenzenden Gehsteig durchgeführt, was eine Distanz zu den vorbeifahrenden Fahrzeugen (Schallemittenten) von ca. 1,5 Meter ergibt.

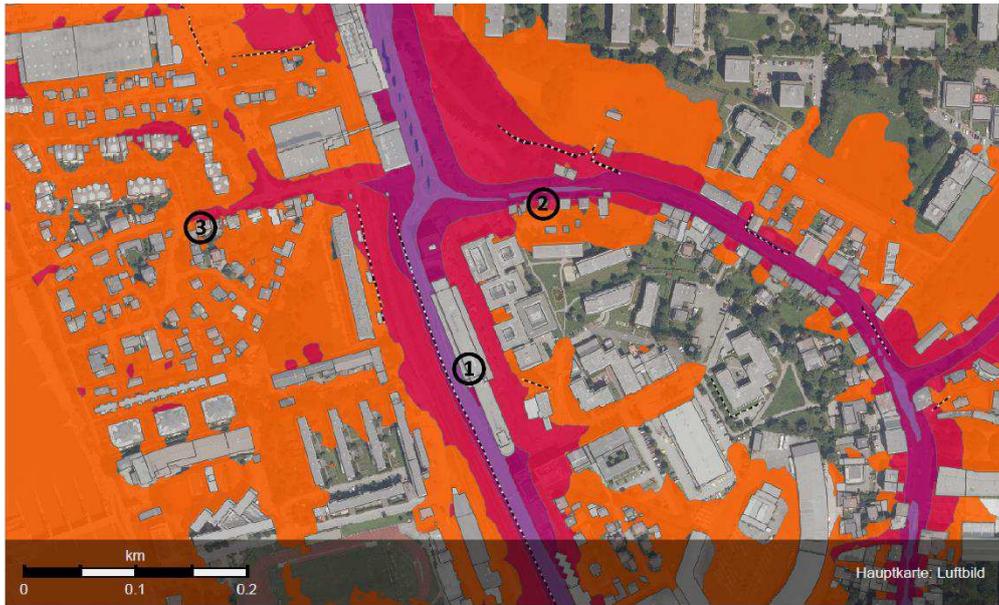
An jeder dieser Stellen erfolgte die Messung von Lärmwerten mittels: 1. einem Schallpegelmessgerät (Klasse 2); 2. einer App für mobile Endgeräte (hier: Tablet Samsung Galaxy A mit Noise Capture App); und 3. mittels Verkehrszählung und anschließender Berechnung anhand der RVS 04.02.11.

Zur Erhebungsmethode sind folgende Anmerkungen zu tätigen:

- Die Messung wurde an jeder Messtelle für jeweils 15 Minuten durchgeführt und anschließend auf Tagesdurchschnittswerte hochgerechnet. Die Messungen fanden zwischen 9:00 Uhr vormittags bis 10:30 vormittags statt, um keine Spitzenwerte der morgendlichen Stoßzeiten zu erfassen. Dennoch gilt es zu bedenken, dass Verkehrsaufkommensraten im Tages- und Wochenverlauf Schwankungen unterliegen, die in einer solchen Kurzzeitmessung nicht abgebildet werden können.
- Während der Messung zeigten sich bereits deutliche Unterschiede zwischen den Werten, die auf den Displays von Schallpegelmessgerät vs. Tablet angezeigt wurden. Die Messung per *Noise Capture* App auf dem Tablet überstieg jene des Schallpegelmessgeräts um rund 8-10 dBA. Da diese hohe Abweichung überraschte, wurde zusätzlich kurzzeitig auch die App auch auf einem Mobiltelefon hinzugeschaltet, die ebenfalls einen um 8-10 dBA erhöhten Wert anzeigte. Beide Geräte waren nicht kalibriert, da dies (aufgrund der limitierten Zeit) im Modulzusammenhang voraussichtlich ebenfalls die Realität abbildet.

Die drei Messpunkte sind auf der Lärmkarte unten ersichtlich gemacht:

1. Rosa-Kerschbaumer-Straße
2. Austraße 3
3. Austraße 35



2017 Straßenverkehr 24h-Durchschnitt 4m

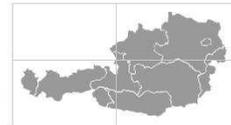
Überblendung

Über Tag, Abend und Nacht gemittelter Lärmpegel von Hauptverkehrsstraßen in 4 m Höhe über Boden. Erfasst sind Straßen in der Zuständigkeit der Bundesländer sowie **Autobahnen und Schnellstraßen**. Für den Abend und die Nacht sind Zuschläge enthalten. In den Ballungsräumen sind alle Straßen berücksichtigt. Berichtsjahr 2017.

Hinweis: Außerhalb der Ballungsräume werden die Lärmzonen unterschiedlicher Straßenkategorien nur überblendet. In den Überblendungsbereichen kann es zur **Unterschätzung des tatsächlichen Lärmpegels um bis zu drei Dezibel** kommen.

Koordinaten:
47.82328° N
13.03949° E

Maßstab:
1 : 4.700



LEGENDE

2017 Straßenverkehr: 24h-Durchschnitt 4m		
■ > 75 dB	■ 70 - 75 dB	■ 65 - 70 dB
■ 60 - 65 dB	■ 55 - 60 dB	— Linienquellen Autobahnen und Schnellstraßen
— Linienquellen Landesstraßen	■ Gebäude	— Lärmschutzwände
● Kilometrierung	■ Ballungsraum	□ Ballungsraumgrenzen

Abbildung 16: Lärmkarte Straßenverkehr. Quelle: bmk.gv.at, abgerufen am 29.09.2020, ergänzt durch die Positionen der manuellen Verkehrszählung

Ausgehend von den Verkehrszählungen an den drei Stellen wurde der energieäquivalente Dauerschallpegel anhand der RVS 04.02.11 Punkt 5. Berechnung des Immissionserschallpegels ermittelt.

Die Verkehrszählung ergab folgende Werte (O-Busse wurden als LKW leicht gezählt):

Verkehrszählung 29.09.2020

	Anzahl der Fahrzeuge		
	Pkw	LKW leicht	LKW schwer
Rosa-Kerschbaumer-Straße (9:30-9:45)	206	17	13
Austraße 5 (9:55-10:10)	56	5	1
Austraße 35 (10:15-10:30)	11	1	0

Tabelle 1: Verkehrszählung, eigene Erhebung (29.09.2020)

Mit den Werten der Verkehrszählung sowie den Basis- und Kennwerten, die durch die RVS zur Verfügung stehen, konnte die Berechnung des Immissionserschallpegels anhand folgender Formel erfolgen, wobei als Parameter für die Fahrbahndecke Asphaltbeton gewählt wurde (FSV, 2006: S. 5):

$$L_{A,eq} = 10 \lg(10^{L_{eq,PKW}/10} + 10^{L_{eq,LKW}/10} + 10^{L_{eq,LKWlärmmarm}/10} + 10^{L_{eq,LKWs}/10} + 10^{L_{eq,LKWsIärmmarm}/10}) [dB]$$

Mit

$$L_{eq,PKW} = L_{PKW,F} + K_{V,PKW,F} + K_{L,PKW} + 10 \lg M_{PKW} [dB]$$

$$L_{eq,LKW} = L_{LKW,F} + K_{V,LKW,F} + K_{L,LKW} + 10 \lg M_{LKW} [dB]$$

$$L_{eq,LKWlärmmarm} = L_{LKWlärmmarm,F} + K_{V,LKWlärmmarm,F} + K_{L,LKW} + 10 \lg M_{LKWlärmmarm} [dB]$$

$$L_{eq,LKWs} = L_{LKWs,F} + K_{V,LKWs,F} + K_{L,LKW} + 10 \lg M_{LKWs} [dB]$$

$$L_{eq,LKWsIärmmarm} = L_{LKWsIärmmarm,F} + K_{V,LKWsIärmmarm,F} + K_{L,LKW} + 10 \lg M_{LKWsIärmmarm} [dB]$$

Dabei ist:

M_{PKW}	die Anzahl der PKW pro Stunde
V_{PKW}	die Geschwindigkeit der PKW pro Stunde
M_{LKW}	die Anzahl der leichten Standard-LKW pro Stunde
$M_{LKWlärmmarm}$	die Anzahl der lärmarmen leichten LKW pro Stunde
M_{LKWs}	die Anzahl der schweren Standard-LKW pro Stunde
$M_{LKWsIärmmarm}$	die Anzahl der lärmarmen schweren LKW pro Stunde
V_{LKW} [km/h]	die Geschwindigkeit der LKW

Dabei können gewisse Basiswerte für Fahrzeugemissionen und die Kennwerte für den Einfluss, den die Geschwindigkeit auf die Lärmemissionen ausübt, folgenden Tabellen (aus: RVS 04.02.11 Ausgabe 1. März 2006) entnommen werden:

Tabelle 4: Basiswerte für die Fahrzeugemission

Fahrbahndecke ¹⁾	$L_{PKW,F}$ [dB]	$L_{LKW,F}$ [dB]	$L_{LKWlärmmarm,F}$ [dB]	$L_{LKWs,F}$ [dB]	$L_{LKWsIärmmarm,F}$ [dB]
Asphaltbeton	47	54	52	59	56
Beton	48	55	53	60	57
Drainasphalt	46	51	49	56	53

¹⁾ Für Granitwürfelplaster kann näherungsweise $L_{PKW,F} = 52$ dB sowie $L_{LKW,F} = L_{LKWlärmmarm,F} = 60$ dB und $L_{LKWs,F} = L_{LKWsIärmmarm,F} = 62$ dB eingesetzt werden. Werte für Waschbeton und Splittmastixasphalt werden nach Abschluss laufender Forschungsvorhaben ergänzt.

Tabelle 5: Kennwerte für den Einfluss der Geschwindigkeit (gültig für $V \geq 30$ km/h)

Fahrbahndecke ¹⁾	$K_{V,PKW,F}$ [dB]	$K_{V,LKW,F}$ ²⁾ [dB]	$K_{V,LKWlärmmarm,F}$ [dB]
Asphaltbeton	26,2 lg(V/50)	15 lg(V/50)	24,8 lg(V/50)
Beton	30,5 lg(V/50)	18 lg(V/50)	27,8 lg(V/50)
Drainasphalt	23,6 lg(V/50)	10 lg(V/50)	19,8 lg(V/50)

¹⁾ Für Granitwürfelplaster gilt $K_{V,PKW,F} = K_{V,LKW,F} = K_{V,LKWlärmmarm,F} = 0$ dB und $V \leq 50$ km/h. Werte für Waschbeton und Splittmastixasphalt werden nach Abschluss laufender Forschungsvorhaben ergänzt.

²⁾ für Geschwindigkeiten $V < 50$ km/h ist $V = 50$ km/h einzusetzen

Abbildung 17: Basiswerte für Fahrzeugemissionen und Kennwerte für den Einfluss von Geschwindigkeit (für $V \geq 30$ km/h).
Quelle: RVS 04.02.11 Ausgabe 1. März 2006

Nachfolgend die Vergleichswerte der Gegenüberstellung:

Messungen Salzburg Itzling

Ortsbereich	24h-Wert:			
	Schallpegelmessgerät (Trotec, Klasse 2)	Tablet mit Noise Capture App	Berechneter Wert nach Verkehrszählung und RVS	Lärmkarte
Rosa-Kerschbaumer-Straße	70,6 dBA	82,5 dBA	78,8 dB	70-75 dB
Austraße 3	59 dBA	75,1 dBA	66,23 dB	65-70 dB
Austraße 35	42 dBA	66,7 dBA	61,11 dB	55-60 dB

Tabelle 2: Gegenüberstellung unterschiedlicher Lärmessmethoden. Quelle: eigene Messungen, Berechnung nach RVS sowie der Lärmkarte 2017 für Salzburg entnommen

Dabei sind zwei Aspekte zu berücksichtigen: Erstens erfassen Schallpegelmessgerät und Handy-App Lärmdaten, die sich auf sämtliche Lärmerzeuger von Umgebungslärm beziehen, während sich die Berechnung nach RVS sowie die der Lärmkarte lediglich auf den Straßenverkehr beziehen. Zweitens lassen sich die A-bewerteten Schalldruckpegel dBA nicht direkt mit dB-Werten vergleichen. Laute, A-bewertete Geräusche führen immer zu niedrigen Messwerten. Es existiert auch keine einfache Umrechnungsformel, eine Umrechnung wäre nur für einzelne Frequenzen möglich. Da Geräusche jedoch aus einer Vielzahl an Frequenzen bestehen, ist eine Umrechnung de facto nicht einfach möglich (vgl. Sengpiel, o. D.). Dass der nach RVS berechnete Dezibel-Wert in Relation zur Lärmkarte tendenziell höher ausfällt, könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Verkehrszählung für einen 15-min Fenster am Vormittag (nach der Stoßzeit) durchgeführt und hochgerechnet wurde, während ruhige Nachtzeiten in diesem Fall in der Berechnung keine Berücksichtigung fanden.

7.5 Bestehende Apps mit Citizen Science-Bezug zu Lärm

Durchsucht man das Internet nach Anwendungen, die Lärmdatenmessungen am Smartphone ermöglichen, so erhält man zahlreiche Vorschläge für Apps, die für sich beanspruchen, Schallpegelmessungen zu ermöglichen. Je nach Anforderungen für Citizen Science Projekte limitiert sich die Anzahl der in Frage kommenden Apps jedoch schnell: Bei vielen von ihnen ist es beispielsweise nicht möglich, Daten zu speichern und zu teilen oder gleichzeitig geografische Positionen durch GNSS-Nutzung⁸ mitzuerfassen. Allein mit der Datenerfassung ist es aber noch nicht getan: Die Lärmdaten müssen exportiert werden, um in einer Datenbank abgelegt zu werden, Auswertungen sind vorzunehmen und schließlich sind sie auch zu visualisieren, um die Ergebnisse an Dritte vermitteln zu können. All dies benötigt eine gewisse technische Infrastruktur, die bereitstehen muss und die soweit nutzerfreundlich gestaltet ist, dass sie entsprechend den

⁸ GNSS (Global Navigation Satellite Systems) wie GPS, GLONASS oder Galileo erlauben die Positionserfassung auf der Erdoberfläche

Anforderungen des jeweiligen Projektziels von den TeilnehmerInnen bedient werden kann. Dies schränkt die Zahl der infrage kommender Applikationen zusätzlich ein.

Die nachfolgende Zusammenschau einer Auswahl häufig in der Literatur bei Studien verwendeten und untersuchten Apps erlaubt einen Vergleich der Möglichkeiten, die diese Anwendungen bieten. Die fett markierten Funktionen stellen dabei Anforderungen an die Apps dar, die erfüllt sein müssen, um das Lärmmodul für SchülerInnen entsprechend der Zielvorstellung (partizipative, geocodierte Datenerhebung und kartografische Visualisierung) entwickeln zu können.

	Android Apps				iOS Apps	
						
	Sound Meter	Sound Analyzer App	Noise Exposure	Noise Capture	Dezibel X - dBA Lärm Messgerät	Sound Analyzer Lite
Preismodell	gratis	gratis	gratis	gratis	gratis (gewisse Funktionen wie Datenexport nur im kostenpflichtigen Update verfügbar)	gratis (gewisse Funktionen nur in kostenpflichtiger PRO Version verfügbar)
Messung von dB(A)	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Möglichkeit zur Kalibrierung	ja	ja	nein	ja	ja	ja
Datenspeicherung	nein	nein	ja	ja	ja	nein
Daten sharing	nein	nein	ja	ja	ja	nein
Vergleich zu Alltagsgeräuschen	ja	nein	ja	nein	ja	nein
Positionserfassung	nein	nein	nein	ja	nein	nein
Kartografische Visualisierung	nein	nein	nein	ja	nein	nein
Frequenzspektrum Analyser	nein	ja	nein	ja	ja	ja

Tabelle 3: Funktionen von Lärmmess-Apps im Vergleich (Aktualität: 26.04.2020). Quelle: eigene Darstellung

Dabei ist auffällig, dass die gelisteten Apps durchaus unterschiedliche Qualitäten aufweisen. Die Anforderungen für die Entwicklung des Lärm-Moduls werden nur von der *Noise Capture* App erfüllt, die darüber hinaus als Open Source Projekt online verfügbar ist, um auch für eigene Anwendungen adaptiert zu werden (vgl. Noise Planet, o. D.).

7.5.1 Das Open-Source Projekt *Noise Planet* und die *Noise Capture* App als Basis für Citizen Science

Hervorzuheben ist die App *Noise Capture*, die im Zuge des *Noise Planet Projects* - einem Open Science Projekt - konzipiert wurde. Sie erfüllt alle Anforderungen, die Citizen Scientists an Lärmerfassung bis hin zur Visualisierung haben - allerdings eingeschränkt auf Android-Geräte. Geboten wird eine nutzungsbereite Anwendung zur Erfassung von Schallpegeln, die sofort ins Internet hochgeladen werden können, auf einer Karte visualisierbar und von dort auch wieder downloadbar sind. Da es sich um ein Open Science Projekt handelt, kann die Applikation für eigene Verwendungszwecke adaptiert werden, sofern die erforderliche Dateninfrastruktur (Hosting der Datenbank und Website) verfügbar ist.

Das Projekt, das auf einer Forschungskollaboration von IFSTTAR (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux) AkustikerInnen und dem CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) GeoinformatikerInnen beruht, beinhaltet (vgl. Noise Planet, o. D.):

1. Eine Darstellung der räumliche Dateninfrastruktur (Spatial Data Infrastructure SDI) der OnoMap
2. Die *Noise Capture* App zur Lärmdatenmessung
3. Lärmmodellierung mit der *NoiseModelling* Anwendung: Diese ist eine Open-Source Anwendung um Umweltlärm in großen (urbanen) Gebieten abzubilden

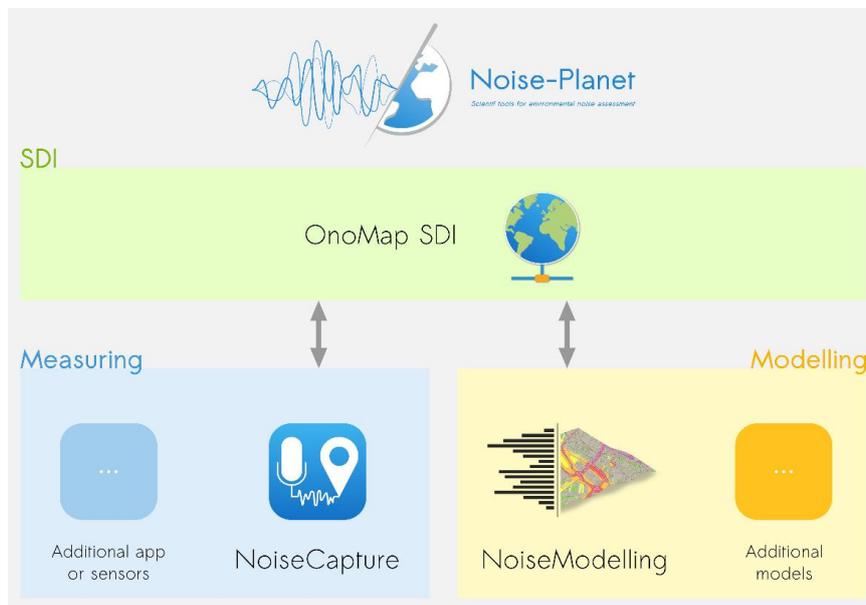


Abbildung 18: Framework des Noise Planet Projects. Quelle: Noise Planet, o.D.

Das gesamte Projekt basiert auf Open Source Anwendungen und Interoperabilitätsstandards der OGC (Open Geospatial Consortium).

7.6 Informationsqualität partizipatorischer Lärmerhebung und -kartierung

Definitivisch bezieht sich die Informations- oder Datenqualität auf die Eignung von Daten für einen angestrebten Verwendungszweck: „We define high-quality data as data that is fit for use by data consumers [...]. This means, that usefulness and usability are important aspects of quality“ (Strong, Lee et al., 1997: S. 104). Wenngleich diese Definition eher allgemein gehalten ist, geht es im Wesentlichen darum, dass die Daten geeignet sind, eine gestellte Forschungsfrage korrekt beantworten zu können bzw. ihrem Verwendungszweck dienen zu können. Relevanz und Korrektheit der verfügbaren Informationen geben Hinweise darauf, wie gut Daten die tatsächliche Situation beschreiben. Drei grundlegende Gütekriterien, welche die erhobenen Daten erfüllen sollen, sind Objektivität, Reliabilität und Validität. (vgl. Treiblmaier, 2010: S. 6):

- 1) Objektivität beschreibt dabei „den Grad, in dem die Ergebnisse eines Tests unabhängig vom Untersucher sind“ (Lienert & Raatz, 1998: S. 7); Sind Citizen Scientists in die Lärmdatenerhebung involviert, ist bestmöglich sicherzustellen, dass Messungen dem Prinzip der Objektivität folgen. Dies gilt insbesondere dann, wenn bei den TeilnehmerInnen eine spezifische Motivation zur Mitwirkung vorliegt, beispielsweise als BewohnerInnen eines besonders lärmbelasteten Umfeld. Selektive Messvorgänge sind zu vermeiden.

Um Objektivität bestmöglich zu gewährleisten ist außerdem die Einhaltung der Mess-Richtlinien bei der Datenaufnahme von großer Wichtigkeit: Die richtige Haltung des Aufnahmeegerätes, das Vermeiden eigener Lärmerzeugung (Reden, laute Schritte), Einhaltung der Aufnahmebedingungen (nicht bei Regen, Wind),... (vgl. Noise Planet, o. D.).

- 2) Validität bezieht sich auf die Gültigkeit der Datenerhebung: Eine Messung ist dann valide, wenn die erhobenen Werte geeignete Kennzahlen für die zu untersuchende Fragestellung liefern (vgl. Lienert & Raatz, 1998: S. 7).
- 3) Reliabilität beschreibt die Zuverlässigkeit der Messung: diese ist dann gegeben, wenn unter den gleichen Bedingungen eine Wiederholung der Messung zu den gleichen Ergebnissen führt; Hinsichtlich der Reliabilität ergeben sich in Zusammenhang mit partizipatorischen Lärmmessungen einige Herausforderungen: Einerseits, weil sich die Lärmsituation/Schallbild je nach Zeitpunkt und Örtlichkeit kontinuierlich verändert und dadurch nie dieselben Messbedingungen herrschen; Andererseits im Hinblick auf die technischen Eigenschaften der Messinstrumentarien (mobile Endgeräte).

Insbesondere im Hinblick auf die Reliabilität der partizipativen Schallpegelmessungen ist daher folgenden Aspekte besondere Aufmerksamkeit zu schenken:

- Der **Messgenauigkeit von Schallpegelwerten**: Die Genauigkeit, mit der die mobilen Endgeräte (Smartphones, Tablets oder Sensorboxes) die umgebenden Schallpegelmesswerte zu erfassen in der Lage sind, hängt zum einen von der verbauten Hardware und installierten Software der Geräte ab, zum anderen von der zur Schallpegelmessung verwendeten Applikation. All diese Faktoren können – je nach Gerät, Hersteller und sogar Modell – unterschiedliche Einflüsse auf die Messgenauigkeit aufweisen. Durch diese kleinteilige Differenzierung sind generalisierte Aussagen für die Eignung oder Nichteignung bestimmter Hersteller und Modelle schwer zu treffen.
- Der **Kalibrierung der Geräte**: Bei Schallpegelmessungen mit mobilen Endgeräten wird eine vorangehende Kalibrierung mit einem Schallpegelmessgerät empfohlen, um die Messgenauigkeit zu erhöhen.

Bei partizipatorischen Schallpegelmessungen, die nicht in einen organisierten und/oder institutionellen Rahmen eingebettet sind, ist allerdings anzunehmen, dass die Kalibrierung als Messvorbereitung entfällt. Schallpegelmessgeräte werden nicht für jede/n im privaten Umfeld zur Verfügung stehen und entsprechen auch nicht dem Gedanken der potenziellen Ubiquität von Lärmdatenmessungen mit mobilen Endgeräten.

- Der **Verwendung eines externen Mikrofons**: Nach Möglichkeit wird die Verwendung eines externen Mikrofons für Lärmdatenerhebungen empfohlen, um die Genauigkeit zu heben. Externe Mikrofone haben den Vorteil, dass sie anders als die geräteeigenen Mikrofone nicht monodirektional ausgerichtet sind, sondern in alle Richtungen messen. Auch Windgeräusche können durch externe Mikrofone besser abgefangen werden.
- In sehr guten Settings wird in der Literatur von Abweichungen von bis zu 2 dB im Vergleich zu professionellen Schallpegelmessgeräten ausgegangen. Auch 4 dB Abweichung werden als genügend angesehen (vgl. Kardous & Shaw, 2014: S. 186; Kardous & Shaw, 2016: S. 327). Die im Rahmen der Diplomarbeit durchgeführten praktischen Messungen mit der Noise Capture App haben in den meisten Fällen allerdings zu Abweichungen von rund 8 dB geführt.

Es kann daher davon ausgegangen werden, dass sich die Genauigkeit je nach verfügbaren Geräten zur Schallpegelerfassung, eventuell zusätzlich verfügbarer externer Mikrofone und Schallpegelmessgeräten zur Kalibrierung sowie dem vorherrschenden Schallpegel (manche Geräte messen in niedrigeren, manche in höheren Dezibel-Bereichen genauer) unterscheidet.

Angeleitete Messrundgänge, bei denen Schallpegelmessgeräte als Referenzgeräte zur Kalibrierung und gegebenenfalls externe Mikrofone zur Verfügung stehen, können daher zu validen Messwerten beitragen, wenn auf eine korrekte Durchführung geachtet wird. Für Interessierte ist es auch eine gute Möglichkeit, zuerst unter Anleitung Bekanntschaft mit Citizen Science zu machen und in weiterer Folge selbstständig Messungen und Messreihen zu erstellen.

Es ist daher davon auszugehen, dass die Qualität partizipativer Lärmdatenaufnahme starken Varianzen unterliegen kann, je nachdem, welches Equipment zum Einsatz kommt und wie gewissenhaft Messungen durchgeführt werden.

Während diese drei Kriterien die Basis zur Datenqualität bezeichnen, existieren in der Literatur zahlreiche detailliertere Gliederungsansätze. Die nachfolgende Zusammenstellung basiert auf den Kategorien nach WANG und STRONG, deren häufig zitierte Zusammenstellung auf einer Metaanalyse verschiedener Quellen beruht, und wurde um relevante Aspekte hinsichtlich partizipativer Lärmdatenerhebung komplementiert (vgl. Strong, Lee et al., 1997: S. 104):

Kategorie	Dimension	Definition	Relevanz für partizipative Lärmkartierung
Intrinsische Datenqualität (Intrinsic Data Quality)	Glaubwürdigkeit (Believability)	Das Ausmaß, in dem Daten als wahr, real und glaubhaft angenommen werden	Die Glaubwürdigkeit der Daten ist in hohem Maß von dem Umständen der (angeleiteten) Schallpegelmessungen abhängig
	Genauigkeit (Accuracy)	Das Ausmaß, in dem Daten als korrekt und zuverlässig für konkrete Aufgaben angesehen werden	Partizipative Schallpegelmessungen mit mobilen Endgeräten weisen eine geringere (2- 10 dB) Genauigkeit auf, als mit geeichten Geräten
	Objektivität (Objectivity)	Das Ausmaß, in dem Daten als unvoreingenommen und unparteiisch angesehen werden	Die Objektivität ist in hohem Maß mit der Gewissenhaftigkeit der an den Schallpegelmessungen beteiligten Citizen Scientists verknüpft. Vorsicht vor selektiven Messungen (zB. immer nur messen, wenn es laut ist und daraus einen Durchschnitt errechnen)
	Reputation (Reputation)	Das Ausmaß, in dem Daten vertraut wird, bzw. deren Quelle oder Inhalt als vertrauenswürdig gelten	Die Reputation von partizipativ gesammelten Daten ist in der Regel gegenüber professionell erhobenen Lärmdaten herabgesetzt.
Kontextabhängige Datenqualität (Contextual Data Quality)	Mehrwert (value-added)	Das Ausmaß, in dem Daten Nutzen stiften und durch ihren Gebrauch Vorteile schaffen	Partizipative Schallpegelmessungen stellen lokale, real gemessene Werte der gesamten Lärmlandschaft dar, im Gegensatz zu selektiv berechneten Lärmdaten für traditionelle Lärmkartierungen
	Relevanz (Relevancy)	Das Ausmaß, in dem Daten für konkrete Aufgaben anwendbar und hilfreich sind	Partizipative Lärmkarten können traditionelle Lärmkarten sinnvoll ergänzen, indem z.B. lokale Gegebenheiten detaillierter und mit Echtwelt-Werten abgebildet werden. Sie können als Anhaltspunkt für genauere Lärmsituations-Analysen dienen.
	Aktualität (Timeliness)	Das Ausmaß, in dem das Alter der Daten für bestimmte Aufgaben angemessen ist	Schallpegelmessungen durch Citizen Scientists werden sukzessive für bestimmte Orte/Gebiete/Strecken in die partizipative Lärmkarte eingespeist. Es werden keine flächendeckende spatio-temporalen Datenbestände zur Verfügung stehen.
	Vollständigkeit (Completeness)	Das Ausmaß, in dem Daten eine entsprechende Breite, Tiefe und Umfang für spezielle Aufgaben aufweisen	Damit die erforderliche Vollständigkeit (in einem bestimmten Bereich) gegeben ist, ist bei partizipativer Lärmkartierung ein Aufnahmeplan (Wer, wo, wann, wie lange?) zu erstellen
	Angemessene Menge (Appropriate amount of data)	Das Ausmaß, in dem die Quantität der Daten den Aufgaben entspricht	Die angemessene Menge zur Verfügung stehender Lärmdaten ist von der konkreten Fragestellung abhängig. Bei Interesse an Daten für ein bestimmtes Gebiet kann die Initiierung einer Lärmmessungs-Aktion eine Möglichkeit darstellen (sofern nicht Messreihen mit in der Vergangenheit liegenden Daten erforderlich sind)
Begriffliche Datenqualität (Representational Data Quality)	Interpretierbarkeit (Interpretability)	Das Ausmaß, in dem Daten in einer verständlichen Sprache vorliegen und verwendete Maßeinheiten bzw. Definitionen verständlich sind.	Die Angabe der gemessenen und gespeicherten Schalldruckpegelwerte erfolgt in dBA und sind somit gut interpretierbar.
	Verständlichkeit (ease of understanding)	Das Ausmaß, in dem Daten ohne Doppeldeutigkeiten vorliegen und einfach begriffen werden können	Als Daten werden Schallpegelmesswerte, sowie GPS-Positionen erfasst und abgespeichert. Während Schallpegelmesswerte als dBA vorliegen und direkt interpretiert werden können, ist für die Verständlichkeit von Koordinaten eine Visualisierung empfehlenswert, bei der ggf. auch Falschwerte identifiziert werden können
	Konstanz in der Repräsentation (Representational Consistency)	Das Ausmaß, in dem Daten ständig in demselben Format repräsentiert werden und mit früheren Daten kompatibel sind	Im Rahmen des Lärmmoduls werden Schalldaten auf mobilen Endgeräten mit der Noise Capture App aufgenommen und können als JSON-Format exportiert werden. Laut den für Sensorbox- und Datenplattform Verantwortlichen vom Center for Multidisciplinary Design and User Research lassen sich die Daten gut in der Datenplattform einfügen
	Übersichtlichkeit (Concise representation)	Das Ausmaß, in dem Daten kompakt repräsentiert werden (z. B. kurze und prägnante, jedoch komplette Darstellungsformen)	Durch die Verknüpfung von Positionsdaten mit Schallpegeldaten, die laufend gemessen werden, entsteht ein umfangreicher Datenpool. Durch Filterungen (z. B. nach Zeit, Ort oder Schallintensität) können die Daten allerdings rasch eingegrenzt werden und auch die einfachen Möglichkeiten zur Visualisierung fördern die Übersichtlichkeit

Begriffliche Datenqualität (Representational Data Quality)	Interpretierbarkeit (Interpretability)	Das Ausmaß, in dem Daten in einer verständlichen Sprache vorliegen und verwendete Maßeinheiten bzw. Definitionen verständlich sind.	Die Angabe der gemessenen und gespeicherten Schalldruckpegelwerte erfolgt in dBA und sind somit gut interpretierbar.
	Verständlichkeit (ease of understanding)	Das Ausmaß, in dem Daten ohne Doppeldeutigkeiten vorliegen und einfach begriffen werden können	Als Daten werden Schallpegelmesswerte, sowie GPS-Positionen erfasst und abgespeichert. Während Schallpegelmesswerte als dBA vorliegen und direkt interpretiert werden können, ist für die Verständlichkeit von Koordinaten eine Visualisierung empfehlenswert, bei der ggf. auch Falschwerte identifiziert werden können
	Konstanz in der Repräsentation (Representational Consistency)	Das Ausmaß, in dem Daten ständig in demselben Format repräsentiert werden und mit früheren Daten kompatibel sind	Im Rahmen des Lärmmoduls werden Schalldaten auf mobilen Endgeräten mit der Noise Capture App aufgenommen und können als JSON-Format exportiert werden. Laut den für Sensorbox- und Datenplattform Verantwortlichen vom Center for Multidisciplinary Design and User Research lassen sich die Daten gut in der Datenplattform einfügen
	Übersichtlichkeit (Concise representation)	Das Ausmaß, in dem Daten kompakt repräsentiert werden (z. B. kurze und prägnante, jedoch komplette Darstellungsformen)	Durch die Verknüpfung von Positionsdaten mit Schallpegeldaten, die laufend gemessen werden, entsteht ein umfangreicher Datenpool. Durch Filterungen (z. B. nach Zeit, Ort oder Schallintensität) können die Daten allerdings rasch eingegrenzt werden und auch die einfachen Möglichkeiten zur Visualisierung fördern die Übersichtlichkeit
Zugangsdatenqualität (Accessibility Data Quality)	Erreichbarkeit (Accessibility)	Das Ausmaß, in dem Daten zur Verfügung stehen bzw. schnell und einfach erhalten werden können	Die Zugänglichkeit der Daten ist von der künftigen Integration der mit mobilen Endgeräten gemessenen Daten in die Lärmdatenplattform abhängig. Damit wären dort Daten der Sensorboxes und mobilen Messungen abrufbar.
	Zugangssicherheit (Access Security)	Das Ausmaß, in dem der Zugang zu Daten eingeschränkt und kontrolliert werden kann.	Ebenso wie die Erreichbarkeit (Openness) der Daten ist die Zugangssicherheit im Bereich der Datenplattform festzulegen, Schutz vor Manipulation zu garantieren und Nutzerrechte zu vergeben.

Tabelle 4: Kategorien und Dimensionen von Datenqualität im Hinblick auf partizipative Lärmkartierung. Quelle: basierend auf: Wang und Strong, 1996, zit. nach Treiblmaier, 2010: S. 9

Die Qualität partizipatorisch erfasster Lärmdaten bestimmt mit, für welche Zwecke die partizipativen Lärmkarten in weiterer Folge verwendet werden können. Generell ist davon auszugehen, dass Lärmkarten, die partizipativ erstellt werden, jedenfalls einen Überblick zu lokalen Lärmsituationen bieten können. Dabei ist zu beachten, dass die Lärmwerte häufig Kurzaufnahmen darstellen und sich die Lärmsituation bei Durchschnittswerten längerer Zeiträume (Tage, Wochen, Monate) von diesen Momentaufnahmen mitunter stark unterscheiden kann. Partizipative Lärmkarten können aber sehr wohl einen Anstoß/Impuls liefern, an gewissen, auffälligen Stellen (insbesondere Hotspots) wiederholt Lärmmessungen durchzuführen, um ein umfassenderes Bild zur lokalen Lärmsituation zu gewinnen. Solche Daten, die ein gewisses Muster oder Kontinuität aufweisen, können auch herangezogen werden, um Akteure in Verwaltung oder Politik zu weiterführender Befassung mit der Situation zu animieren.

7.7 Kritische Reflexion von Citizen Science bei der Lärmdatenerhebung

Citizen Science wird mit der Möglichkeit assoziiert, demokratische Prozesse rund um Forschung zu fördern, unter anderem befeuert durch die Möglichkeiten technologischen Fortschritts (Smartphones, Web 2.0) (vgl. Kullenberg & Kasperowski, 2016: S. 1-8). Die Vorstellung einer Demokratisierung geografischer Forschung – nicht zuletzt im Hinblick auf Empowerment und Governance – muss dabei aber auch differenziert gesehen werden. Im Nachfolgenden werden einige Aspekte kritisch diskutiert, die im Hinblick auf die derzeitige Situation partizipativer Lärmkartierung Herausforderungen darstellen. Einigen dieser Herausforderungen kann durch gründliches Projektmanagement von Citizen Science Projekten begegnet werden, andere Faktoren die die technische Implementierung von Lärmmess-Apps und Smartphonesensoren betreffen könnten durch technologische Verbesserungen behoben werden (siehe dazu auch Kapitel 0 Diskussion und Ausblick).

7.7.1 Wer nimmt an Citizen Science teil und wird repräsentiert – und wer nicht?

Dies stellt den prominentesten Kritikpunkt dar (und wurde bereits in Kapitel Soziodemografische Charakteristika von Citizen Scientists – zur Herausforderung von Repräsentation und Repräsentativität 7.2.2 ausführlich behandelt), denn die Beteiligung an Citizen Science Formaten erfolgt nur durch einen kleinen Teil der Bevölkerung, welcher tendenziell technologisch bewandert und gebildet sind (vgl. Haklay, 2013: S. 4, 16). Dadurch besteht die Möglichkeit, dass Fragestellungen, Forschungsdesign, Datenauswertungen und Schlussfolgerungen eine gewisse Färbung und Überrepräsentation hinsichtlich der beteiligten Gruppen aufweisen kann und in der Folge auch deren Stimmen und Anliegen beim Herantreten an Entscheidungsträger Gehör bekommen.

Dieser Aspekt verdient jedenfalls Reflexion, wenn es um die Umsetzung eines Lärm-Moduls für und mit SchülerInnen der Sekundarstufe II geht: Auch hier ist davon auszugehen, dass das Angebot tendenziell für bildungsnahen Gruppen abgehalten wird. Daher ist es überlegenswert, dass das Modul in weiterer Folge angepasst für eine breite Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird, wobei spezielle Überlegungen anzustellen sind, wie die Diversität der Bevölkerung angemessen repräsentiert werden kann. Zu berücksichtigen ist dies insbesondere auch in Bezug auf die Lärmdatenerhebung: Wo werden die Messwerte aufgenommen? Welche Lebensrealitäten werden durch die Wahl der Sensoren-Standorte oder -routen abgebildet und welche könnten vernachlässigt/vergessen werden?

7.7.2 Selektion von Zeit und Ort beim Messgeschehen

Nicht nur in Bezug auf die Repräsentation bestimmter Gruppen kommt es zu Selektion. Auch wenn Citizen Science darauf ausgelegt ist, die Datenkollektion mit vielen Personen auf einer

großen Fläche zu bestreiten, werden selektive Erscheinungen auftreten. Entweder werden Gebiete, die von Interesse sind, vorab im Zuge der Forschungsfrage festgelegt (z.B. Lärmsituation an bestimmten Straßen/Abschnitten/Grätzeln, Wasserqualität entlang bestimmter Fluss-/Bachläufe,...) oder die TeilnehmerInnen sind frei, Daten in ihrem Umfeld oder nach Interessenslage aufzunehmen. Citizen Science lebt davon, dass sich viele Menschen an den Messungen beteiligen. Doch auch bei großer Beteiligung ist es wahrscheinlich, dass gewisse Gebiete unbeforscht bleiben - und die Datenlücke gewissermaßen einen „blinden Fleck“ in der Datenlandschaft bzw. später auf der Karte bewirken.

Ebenso wie die räumliche Selektion bei der Datenerfassung zu Erkenntnismängeln führen kann, ist zeitliche Selektion mit Einschränkungen in der Aussagekraft verbunden: Gerade Lärm ist ein zeitempfindliches, flüchtiges Phänomen, das mit Schallgeschwindigkeit zu verschwinden vermag. Ein eben noch lautes Geräusch kann in der nächsten Sekunde verklungen sein. Messungen über kurze Zeit an einer Stelle haben noch keine Aussagekraft über das Lärmgeschehen eines ganzen Tages. Nicht umsonst wird in der Regel zwischen Tag-, Nacht- und 24h-Durchschnittswerten unterschieden. Die Lärmbelastung kann je nach Uhrzeit (man denke an Stoßzeiten im Morgenverkehr) oder auch Wochentag (niedrigeres Verkehrsaufkommen sowie Fehlen industrieller und gewerblicher Tätigkeiten) variieren.

Kurzzeitmessungen wie beim Lärmrundgang geben einen realen Zustand wieder, erlauben aber nur einen vagen Einblick in eine bestehende Lärmsituation, gegebenenfalls werden aber auch Spitzenwerte festgehalten. Geeigneter für die Bewertung der allgemeinen Lärmsituation an einem Ort sind stationäre Langzeitmessungen (mit der Möglichkeit zu Filterungen nach Datum, Tagen oder Stunden).

7.7.3 Qualität von Lärmdatenerhebungen im Zuge des Lärmmoduls

Aufnahmegerätebezogener Qualitätsaspekt der Genauigkeit mobiler Geräte

Professionelle und universell verwendbare Schallpegelmessgeräte sind als Klasse 1 oder Klasse 2, entsprechend der Norm IEC 61672-1 für Schallpegelmessgeräte klassifiziert (vgl. IEC - International Electrotechnical Commission, 2013). Die Qualität von Lärmmessungen ist ein wichtiges Thema, das bei der Verwendung von Smartphones für Lärmmessungen zu berücksichtigen ist. Sie ist von einer Vielzahl an Faktoren abhängig wie den Frequenzen und der Intensität des zu messenden Schalls, dem Mittelungszeitraum, den herrschenden Umweltbedingungen (wie Wind), der verwendete Applikation, dem Betriebssystem und dem Alter des Aufnahmegerätes (vgl. Raphaël Ventura, Vivien Mallet, Valérie Issarny et al., 2017: S. 3084).

Beispielsweise kann sich die jeweils aktuelle Betriebssystemversion sowie Updates auf die Audioeigenschaften der Geräte auswirken und zu Empfindlichkeitsfehlern mehrerer Dezibel führen (vgl. Empa Materials Science and Technology, 2018: S. 34). Android Geräte werden in einigen Forschungsprojekten insofern kritisch gesehen, als dass verschiedene Hersteller und deren

Modelle keine Konformität hinsichtlich verwendeter Mikrofone und weiterer Audiokomponenten erreichen, wenngleich die große Verbreitung der Nutzung von Android-Geräten ein Potenzial für Citizen Science darstellt (vgl. Kardous & Shaw, 2014: S. 192).

Bei KARDOUS Untersuchung wurde zur Genauigkeitstestungen der Smartphones außerdem keine Kalibrierung vorgenommen, um die typischer Anwendersituation zu reflektieren, zumal angenommen wird, dass viele BenutzerInnen im Kontext von Citizen Science keine Gelegenheit zur Kalibrierung ihrer Geräte haben. Diese Untersuchung ergab interessanterweise auch, dass ein älteres iPhone Modell eine höhere Genauigkeit erzielen konnte als jüngere Generationen, was auf einen Wechsel des Anbieters der Mikrofonkomponente oder die Einführung einer neuen Betriebssystemversion zurückgeführt wurde. Bei Android-Geräten zeigte sich, dass unterschiedliche Modelle bei der Verwendung derselben Lärmmess-App eine breite Schwankung hinsichtlich der Genauigkeit von Messwerten aufwiesen (vgl. Kardous & Shaw, 2014).

Sowohl KARDOUS als auch KING gehen allerdings grundsätzlich davon aus, dass die Genauigkeit von Schallpegelmessungen mit dem Smartphone im Bereich von ± 2 dBA möglich sein müsste. CELESTINA hingegen merkt an, dass eine eindeutige Bewertung zur Genauigkeit von Smartphones schwer zu bewerkstelligen sei. So zeigen Untersuchungen, die unter Laborbedingungen und zu bestimmten Schallpegel-Bereichen durchgeführt wurden, häufig vielversprechende Ergebnisse zur Genauigkeit der Geräte und deren Einsatz für Lärmmessungen, zumal die Schwankungsbreite von ± 2 dBA im akzeptablen Rahmen bleiben und ähnliche Voraussetzungen wie ein Schallpegelmessgerät der Klasse 2 bieten. Untersuchungen, die unter realen Bedingungen im Feld durchgeführt wurden, zeigen tendenziell größere Abweichungen (vgl. Celestina, Hrovat et al., 2018: S. 120; Kardous & Shaw, 2014: S. 186; Murphy & King, 2016: S. 16).

Die Genauigkeitsthematik rund um Schallmessungen per Smartphone gestaltet sich also relativ komplex, da eine Vielzahl an Aspekten potenziell Einfluss auf die Qualität der aufgenommenen Daten haben können. Jedoch kann angenommen werden, dass viele der technikbezogenen Kritikpunkte von Genauigkeitsbeeinflussung künftig theoretisch bewältigbar sind, wenn entsprechende Anstrengungen seitens der Gerätehersteller unternommen werden.

Personenbezogene Qualitätsaspekte:

Da im Kontext dieser Arbeit Lärm und Lärmmessungen für eine spezifische Zielgruppe - nämlich SchülerInnen der Sekundarstufe II (14-19 Jahre) - aufbereitet werden, bedingt dies hinsichtlich der Repräsentation verschiedener Bevölkerungsschichten eine Einengung. In Kapitel 7.2.2 oben wurden Faktoren wie ethnische Minderheiten bzw. Zugehörigkeit, Behinderungen oder Krankheiten sowie - wenngleich die Ergebnisse hier nicht eindeutig waren - Geschlechterunterschiede als limitierende Faktoren für die Teilnahme an Citizen Science Projekten angeführt.

Noch wenig beleuchtet wurde aber der Aspekt der digitalen Fähigkeiten, die für die Mitwirkung erforderlich sind. ELWOOD und LESZCZYNSKI konstatieren im Hinblick auf den Rückgang der

digitalen Kluft (*digital divide*) zwischen Bevölkerungsschichten, dass Barrieren trotz des technologischen Fortschrittes weiter existieren (vgl. Elwood & Leszczynski, 2013: S. 559). Auch weisen METCALF (et.al) in ihrer Analyse zu den digitalen Kompetenzen von Jugendlichen auf Diskrepanzen zwischen der Selbsteinschätzung und den tatsächlichen digitalen Kompetenzen und ICT-Fähigkeiten hin. Aktivierend wirken hingegen Hilfestellung durch unterstützende Personen sowie die Aussicht auf Zugang zu neuem Wissen, Ressourcen und Fähigkeiten (vgl. Metcalf, Blanchard et al., 2010: S. 2-10). GHOSE und WELCENBACH teilen eine ähnliche Sicht auf das Thema, nämlich dass ein gleichberechtigter Zugang zu raumbezogenen Technologien für gewisse Bevölkerungsgruppen nach wie vor schwierig ist, auch wenn Open Source Produkte neue Möglichkeiten der Beteiligung eröffnen (vgl. Ghose & Welcenbach, 2018: S. 67).

Die Fokussierung auf die Zielgruppe *Schülerinnen der Sekundarstufe II* bedeutet eine gewisse partizipative Einschränkung auf eine bestimmte Bevölkerungsschicht. Es ist daher zu überlegen, wie sich diese Zielgruppenfestlegung auf die Aufnahme von Lärmdaten bei einem geführten Rundgang auswirken kann:

1. **Bedienungsfähigkeit:** Aufgrund bisheriger Erfahrungswerte⁹ kann angenommen werden, dass die Jugendlichen grundsätzlich sehr versiert in der Bedienung von Smartphones und Tablets sind.

Damit fallen sie in jene Gruppe, VON DER SIEBER und KAR annehmen, dass die neuen Formen von Geo-Partizipation jene Beteiligten priorisieren, die mit neuen Technologien vertraut sind und Fähigkeiten im Umgang mit Applikationen aufweisen: "In this way, the geoweb acts as a disruptive transformation of participation, without learning the critical lessons of P/PGIS" (vgl. Kar, Sieber et al., 2016: S. 297). Sie bemängeln damit, dass das Versprechen von P/GIS (participatory GIS), nämlich jede/n potenziell Interessierten mit einzubeziehen, an den technischen Fertigkeiten zu scheitern droht.

2. **Sorgfalt bei der Aufnahme:** Bei der Aufnahme der Lärmdaten sind einige Regeln zu beachten (vgl. Noise Planet). Hier ist die Qualität der Aufnahme (und daher später auch die verfügbaren Daten und ihre Verwendbarkeit) stark vom Verantwortungsbewusstsein der TeilnehmerInnen abhängig, die Messungen gewissenhaft durchzuführen. Motivieren kann dabei, die Ergebnisse im Anschluss gleich zu betrachten und zu wissen, dass die Messwerte einem tatsächlichen Nutzen zugeführt werden und eventuell als Argumentationsgrundlage für Lärmschutzinitiativen dienen können. Denn gerade Jugendlichen ist es wichtig, Resultate und Auswirkungen ihres Engagements zu sehen (vgl. Metcalf, Blanchard et al., 2010: S. 2-10).

⁹ Ca. 20 Moduldurchführungen mit SchülerInnen der Sekundarstufe I und II zum Thema GPS-Positionierung durch die Autorin am Standort iDEAS:lab Salzburg

3. **Sorgfalt bei der Datenbeschreibung:** Die *NoiseCapture* App, mit der die Lärmdaten auf mobilen Geräten aufgenommen werden, erfragt nach jeder Lärmmessung eine Beschreibung zu den Daten zu Messbedingungen und Hauptquellen des wahrgenommenen Lärms. Auch hier kommt es darauf an, dass die TeilnehmerInnen die Aufnahmebedingungen rekapitulieren und gewissenhaft entsprechend ihren Erinnerungen eintragen. Somit können gemessene Lärmdaten Verursachertypen zugeordnet werden und auch das individuelle Lärmempfinden annotiert werden.

Es sei aber darauf verwiesen, dass sich das Modul (gegebenenfalls mit etwas Modifikation) auch mit anderen Zielgruppen durchführen lässt, wodurch sich die Reichweite erhöht. Da beim Thema Lärm und Lärmbelastung allgemein von einem hohen Betroffenheitsgrad vieler Menschen ausgegangen werden kann, ist diese Option durchaus realistisch.

7.7.4 Aspekte der Qualitätssicherung für Citizen Science Projektmanagement und dabei generierte Daten

Daten und Erkenntnisse, die im Rahmen partizipativ ausgerichteter Forschungsprojekte gesammelt werden, implizieren, dass gewisse Motivationen, Anreize und die Zugehörigkeit zu einer (Interessens-)Gemeinschaft wichtige Aspekte in Bezug auf die Nachhaltigkeit des Projektes darstellen. Informationen über die Beteiligten und ihre Motive werden allerdings nur bei wenigen Projekten angefragt bzw. analysiert - eine nähere Betrachtung zur Motivation zur Teilnahme an Citizen Science Projekten findet sich in Kapitel 7.2.1. Gründe für die eher geringe Datenlage in Bezug auf die Motivation sind z.B. im Datenschutz der Freiwilligen zu finden, aber auch um Einstiegshürden zur Beteiligung niedrig zu halten. Dadurch werden allerdings Rückschlüsse auf die Beziehung zwischen Beteiligung, Datenqualität und Demografie sowie dem Verständnis motivierender Faktoren erschwert. Fehlende Informationen machen jedoch Entwicklung und den Zuschnitt von Forschungsdesigns für Citizen Science Projekten schwieriger, ebenso wie die Wahl der Mittel zur Wissenschaftskommunikation oder das Werben für neue Beteiligte, die sich je nach Aufgabenbereich, Komplexitätsgrad der Aufgabe und der eingesetzten Technik unterscheiden vermögen (vgl. See, Mooney et al., 2016: S. 17).

Ein weiterer Einflussfaktor ergibt sich hinsichtlich der Sicherung von Datenqualität, die einen grundlegenden Anspruch wissenschaftlicher Forschung betrifft und für Glaubwürdigkeit, Reputation und Vertrauenswürdigkeit der Ergebnisse unabdingbar ist. Und wengleich die Sammlung großer Datenmengen (räumlich, zeitlich,...) angestrebt wird, stellt sie für Datenspeicherung, Interpretation, Wissensextraktion und Visualisierung unter Umständen eine Herausforderung dar (vgl. See, Mooney et al., 2016: S. 17).

7.7.5 Aspekte des Datenschutzes von Beteiligten

Mit dem steigenden Datenbeitrag von BürgerInnen werden auch die Berücksichtigung von Copyright und die Anforderungen den Datenschutz betreffend relevanter. Gesetze zum

Datenschutz wie die Europäische Datenschutzgrundverordnung erfordern jedenfalls den Schutz personenbezogener Daten, so auch Informationen, über die einzelne Personen identifiziert werden können (vgl. Europäisches Parlament und Europäischer Rat, 2016, Artikel 1). Gerade georeferenzierte Daten könnten nicht intendierte Rückschlüsse auf persönliche Informationen ermöglichen, wenn nicht ausreichend Wert auf Anonymisierungsstrategien gelegt wird.

Daher ist bei der Konzeption des Lärm-Moduls in Bezug auf den Datenschutz - gerade bei SchülerInnen der Sekundarstufe, besondere Sensibilität gefordert. Um sicherzustellen, dass **Anonymisierung** und **Datenschutz** der teilnehmenden SchülerInnen gewährleistet ist, werden folgende Maßnahmen ergriffen:

- Es wird jedenfalls auf die Verwendung persönlicher technischer Geräte der Jugendlichen verzichtet. Stattdessen werden Tablets bereitgestellt, mit denen die Lärmanwendung ausgeführt und der Citizen Science Ansatz erprobt werden kann.
- Die Teilnehmenden werden dediziert darauf hingewiesen, keine personenbezogenen Daten in eventuell auszufüllende Felder einzugeben. Stattdessen kann auf selbstgewählte, kreative Gruppennamen zurückgegriffen werden.
- Möglichkeiten und Grenzen von Citizen Science werden besprochen. Dabei wird auch die Datenschutz-Thematik angesprochen.

Verstöße gegen die Datenschutzgrundverordnung sollen auf jeden Fall vermieden werden: Die Verwendung von Standards zur Datenverschlüsselung, von Random Identifiers (RI) anstelle der UUID (Universally Unique Device Identifier), das Unterbleiben von Audio-Aufzeichnungen, Spracherkennung werden von Seite des Noise Planet Projektes zugesagt - wenngleich die Einhaltung für den Endnutzer selbst schwer zu überprüfen ist (vgl. Noise Planet, 2017).

8 Modulentwicklung

8.1 Pädagogisches Konzept und didaktische Methodik

SchülerInnen der Sekundarstufe II verfügen bereits über einen erheblichen Schatz an Alltagserfahrungen, aber auch theoretische Kenntnisse der Geografie, Physik und Akustik, die in der Schule vermittelt wurden. Die Inhalte des Lärm-Moduls stellen eine Brücke zwischen diesen Fächern dar. Gleichzeitig bietet der Citizen Science-Ansatz Einblicke in die Möglichkeiten und den Umgang mit nutzergenerierten Daten. Als außerschulisches Angebot kommt den Aspekten Bewusstseinsbildung und Sensibilisierung besondere Aufmerksamkeit zu: Einerseits für das eigene, individuelle Lärmempfinden andererseits für die gesellschaftliche Relevanz von Lärm(empfindlichkeit).

8.1.1 Didaktische Rekonstruktion als Leitbild zur Wissensvermittlung

Eine Inhaltsaufbereitung im klassischen Unterrichtsformat ist für die Durchführung des Lärmmoduls für SchülerInnen ungeeignet, zumal es sich weitgehend an der Legitimation, Auswahl und Methodisierung vorgefundener, für gültig befundener Sachstrukturen orientiert (vgl. Reinfried, Mathis et al., 2009: S. 404): Als außerschulisches Angebot mit Bezug zu Citizen Science und mit Lärm als Thema, das stark mit der individuellen Wahrnehmung der TeilnehmerInnen verknüpft ist, bietet sich das Modell der Didaktischen Rekonstruktion als Format der Wissensvermittlung sehr gut an.

Der Ansatz der Didaktischen Rekonstruktion ist durch eine Wechselwirkung fachlicher und individuumsbezogener Aspekte gekennzeichnet. Ausgangspunkt ist die Überlegung, dass (abstrakte und komplexe) wissenschaftliche Inhalte nicht unverändert in den schulischen Unterricht übernommen werden sollen. Stattdessen werden sie durch Bezüge zu den individuellen, gesellschaftlichen sowie umweltlichen Zusammenhängen, Vorkenntnissen und -erfahrungen der SchülerInnen sowie ihren Interessen und Einstellungen hergestellt und in der Folge zu überfachlichen, interdisziplinären Bezügen verknüpft. Die Verdeutlichung dieser Zusammenhänge begünstigt die Entwicklung fachlicher Vorstellungen und Motivation, zumal sich die SchülerInnen besser mit den Inhalten identifizieren können (vgl. Gomez & Zhuraleva, 2017: S. 3-4; Kattmann, Duit et al., 1997).

Die Übersetzung fachlicher Sachverhalte stark in umweltliche, gesellschaftliche und individuelle Zusammenhänge der SchülerInnen wirkt sich also positiv auf die Lernerfahrung aus. Sie dient auch dazu, die Bedeutung für das Leben des Einzelnen sowie die gesamtgesellschaftliche Einordnung zu reflektieren. Dies bedingt, dass sich der didaktisch zu vermittelnde Gegenstand komplexer gestaltet als der fachwissenschaftliche und erfordert, dass (vgl. Kattmann, Duit et al., 1997: S. 3-4):

- wissenschaftliche Erkenntnisse methodisch angepasst umgesetzt und motivierend eingekleidet werden
- Aus der Fülle des Wissenschaftsbereichs ein angemessener Umfang zur Vermittlung ausgewählt wird
- Inhalt, Form und Darstellung dem Niveau der SchülerInnen angepasst werden, damit die zu vermittelnden Sachverhalte verständlich und fassbar werden

Sowohl „das Herstellen pädagogisch bedeutsamer Zusammenhänge, das Wiederherstellen von im Wissenschafts- und Lehrbetrieb verlorengegangenen Sinnbezügen, wie auch den Rückbezug auf Primärerfahrungen sowie originäre Aussagen der Bezugswissenschaften“ (Kattmann, Duit et al., 1997: S. 4) werden von der Didaktischen Rekonstruktion umfasst. Das Fachdidaktische Triplet beschreibt drei wechselwirkende Aspekte, die eng aufeinander bezogen werden: 1) die fachliche Klärung der Inhalte; 2) die Erfassung von SchülerInnenvorstellungen und 3) die didaktische Strukturierung.

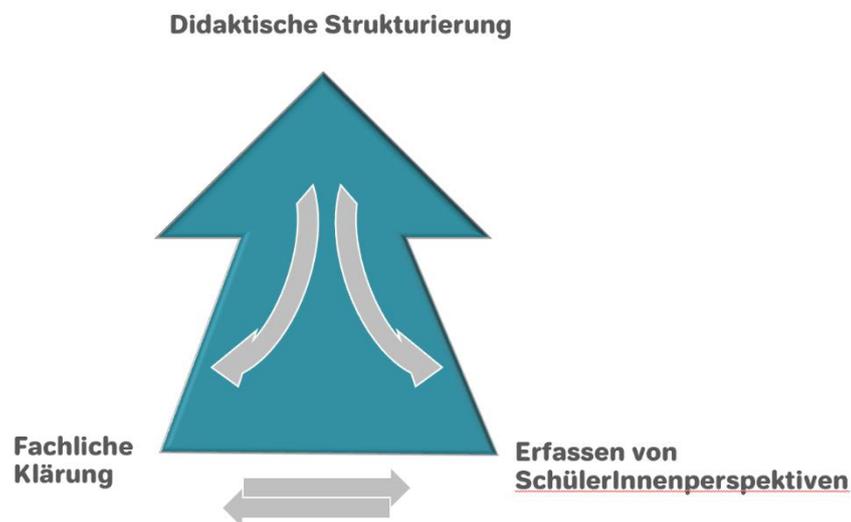


Abbildung 19: Fachdidaktisches Triplet: Beziehungsgefüge der Teilaspekte im Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Quelle: Darstellung angepasst von: Kattmann, 1997: S. 4

Didaktische Rekonstruktionen sollen Kircher zufolge drei Kriterien erfüllen: nämlich fachgerecht, schülergerecht und zielgerecht sein (vgl. Kircher, 2015: S. 111-113):

1. „Fachgerecht“ bezieht sich darauf, dass Inhalte fachlich möglichst korrekt vermittelt werden, allerdings Modellvorstellungen und Analogien zulässig sind, die nur teilweise mit einer physikalischen Theorie übereinstimmen. Zudem sollen sie „fachlich erweiterbar“ sein in dem Sinne, als dass die erworbenen grundlegenden Bedeutungen erhalten bleiben und durch neue Eigenschaften, Gesetze und Begriffe erweitert werden können, anstatt umlernen zu müssen.
2. „Schülergerecht“ bezieht sich auf den angemessenen Umgang mit Alltagsvorstellungen und Vorverständnis der SchülerInnen und die Erarbeitung verständlicher Erklärungsmuster, die auch inadäquate Alltagsvorstellungen berücksichtigen.

3. „Zielgerichtete“ Didaktische Rekonstruktion wiederum berücksichtigt, dass die gesetzten Ziele darüber entscheiden, was in der Inhaltsvermittlung intensiv, nur oberflächlich oder gar nicht behandelt werden soll. Unterschiedliche Ziele führen damit zu unterschiedlicher Gestaltung.

Als Vorgehensweise bieten sich Vereinfachungen komplexer Sachverhalte an, bei denen unterschiedliche Vorgehensweisen möglich sind und folgendermaßen erfolgen können (vgl. Kircher, 2015: S. 118-135). Im Nachfolgenden sind KIRCHERS Vorschläge einigen Beispielen konkreter Berücksichtigung dieser Aspekte im Lärm-Modul gegenübergestellt:

- Nutzung unterschiedlicher Darstellungsformen: Diagramme, Relationen, Übersichtstabellen, Mind-Maps, Begriffsnetze, bildhafte Darstellungen;
Im Lärmmodul kommen zahlreiche bildhafte Darstellungen im theoretischen Teil zum Einsatz, zum Beispiel um Grundlagen zu vermitteln, wie Schall funktioniert, eine Grafik zu den Relationen von Alltagsgeräuschen zu Dezibel-Werten, ... Zudem erfolgt eine kartografische Darstellung der partizipativ erfassten Schalldruckpegel.
- Experimente, um charakteristische Eigenschaften eines Begriffs zu demonstrieren: Im Zuge des Lärmmoduls werden die Schülerinnen mit Hörbeispielen konfrontiert und stimmen anonym ab, ob sie diese als „Lärm“ empfinden. Die statistische Auswertung der Antworten verdeutlicht gut das „individuelle Lärmempfinden“ auch in kleinen Gruppen divergiert. Eine praktische Lernerfahrung ergibt sich auch durch das Durchführen und Diskutieren eigener Lärmmessungen.
- Analogien: Gemessene Lärmwerte können bekannten Referenzgeräuschen gegenübergestellt werden, um den SchülerInnen einen einfachen Vergleich zu ermöglichen, z.B. 70 dBA entsprechen in etwa der Lautstärke eines Staubsaugers. Hierbei wird der Vereinfachungscharakter gleich zweifach deutlich, denn 1. Ist hier eine Abwägung zu treffen, wie „fachgerecht“ physikalischen Begriffe (siehe oben) verwendet werden sollen: Wenn die Begriffe Lärm, Schalldruckpegel (Dezibel), Lautstärke (Amplitude) den SchülerInnen bereits bekannt sind, schafft dies eine andere Voraussetzung, als wenn diese Begriffe im Unterricht noch nicht eingeführt wurden und eventuell für Überforderung oder Verwirrung sorgen. Laut KIRCHER ist es daher akzeptabel, mit umgangssprachlichen Bedeutungen zu arbeiten und diese als „vorrübergehend fachlich relevant“ einzustufen (Kircher, 2015: S. 111-112); 2. Die Modelle unterschiedlicher Hersteller von Staubsaugern können zu verschiedenen Lärmwerten führen.
- Bewusstes und gezieltes Vernachlässigen bzw. Verzicht auf gewisse Inhalte oder begriffliche Differenzierungen zugunsten einer Reduktion auf die prinzipielle Funktion
- Überzeugende Musterbeispiele: Wenn es darum geht, die Subjektivität von Lärmwahrnehmung zu vermitteln, eignen sich Hörbeispiele gut als Diskussionsgrundlage, um

die eigene Lärmwahrnehmung mit jener der anderen ModulteilnehmerInnen zu vergleichen.

- Rückgriffe auf historische Entwicklungsstufen: Ein kurzer Einblick auf den historischen Umgang mit „Lärm“, dessen Wahrnehmung und Veränderung über die Zeit kann für SchülerInnen einen interessanten Aspekt darstellen, um den gegenwärtigen gesellschaftlichen Umgang mit Lärm und dessen Vermeidung im historischen Kontext zu reflektieren.

Weiters hilfreich für den didaktischen Aufbau der Vermittlungsinhalte ist BRUNERS Lerntheorie, der zufolge sich der Wissenserwerb durch „enaktive“, ikonische und symbolische Darstellung gestaltet: Inhalte werden zunächst experimentell handelnd („enaktiv“) erfahren. Ikonische (bildhafte) Darstellungen helfen dem zugrunde liegenden theoretischen Verständnis sowie der Ergebniserfassung - häufig Messdaten - welche grafisch/visuell aufbereitet werden. Die interpretierten Daten wiederum können symbolisch (sprachlich oder mathematisch) zusammengefasst werden (vgl. Bruner, 1970: S. 188-218). Abgesehen von der Diskussion der partizipativen Lärmkarte wäre künftig auch interessant, SchülerInnen die Gelegenheit zu bieten, sich im Rahmen von Vorwissenschaftlichen Arbeiten oder Projektarbeiten und -berichten näher mit der Datenerfassung und Ergebnisauswertung zu befassen.

Didaktisch richtet sich die Methodenwahl nach dem Erfahrungshorizont der SchülerInnen. Deren persönlichen Lärmerfahrungen sind Bestandteil ihrer realen Lebenswelten, die nun im Zuge des Modules durch sensorunterstützte Lärmdatenerfassung mit digitalen Lebenswelten verknüpft und dadurch dargestellt werden können: Nicht nur Profile und Beiträge in Soziale Medien erzeugen digitale Lebenswelten, auch eigene Teilhabe an partizipativer Lärmdatenerfassung. Eine Auseinandersetzung mit dem Verhältnis eigener Datengenerierung (Inklusion als „Citizen Scientist“ in wissenschaftliche Forschung) mit wissenschaftlichen Erkenntnissen kann zu Akzeptanz wissenschaftlicher Erkenntnisse führen, weil diese besser verstanden und in das persönliche Lebensumfeld eingeordnet zu werden vermag.

8.1.2 Citizen Science als Form der politischen Bildung

Bedenkt man die thematische und methodische Vielfalt partizipativer Möglichkeiten, die Citizen Science der Öffentlichkeit bietet, um Interessen und Anliegen mit datenbasierter Argumentationsbasis gegenüber Entscheidungsverantwortlichen zu vertreten, drängt sich ein Zusammenhang mit politischem Bildungsauftrag nahezu auf.

Gerade für SchülerInnen der Sekundarstufe II bietet sich das Zusammenspiel von Citizen Science als praktische Form (auch hinsichtlich des Potenzials für Empowerment) politischer Bildung und Wissenschaftskommunikation an. „*Perhaps the most dramatic development in science communication in the last generation is the rise of citizen science*“, so LEWENSTEIN (Lewenstein, 2016: S. 1). Einerseits wurden wissenschaftliche Forschungen mehr automatisiert und spezialisiert,

andererseits aber auch persönlich und involvierend: Kommunikation von Forschungsmethoden, Daten, Ergebnissen und Diskussionen sind fundamental mit Citizen Science verbunden. Citizen Science dient dabei mehreren Bedürfnissen, sowohl der Forschung als auch der Ausbildung. Die Möglichkeit, eine Vielzahl an Daten in einem erweiterten räumlichen Kontext zu erfassen als dies traditionellen Wissenschaftsteams möglich wäre wurde als wesentlicher Vorteil bereits erwähnt. Citizen Science eröffnet auch neue Wege, Bildungsinformationen zu vermitteln, indem Eigeninitiative und aktive Untersuchungsmöglichkeiten geboten werden (vgl. Lewenstein, 2016: S. 1).

8.2 Zielsetzung für die Zielgruppe Sekundarstufe II

Die Zielsetzungen für das Modul in Bezug auf die Zielgruppe SchülerInnen der Sekundarstufe II wurden im Verlauf der Arbeit bereits kurz erwähnt. Zusammengefasst wird durch das Modul angestrebt:

- Dass SchülerInnen für die Lärmthematik sensibilisiert werden, indem sie Gelegenheit bekommen, ihre individuelle Lärmerfahrung zu reflektieren und in Relation zur Gruppe zu diskutieren.
- Dass das Thema Lärm multiperspektivisch wahrgenommen und ein interdisziplinärer Realweltbezug verschiedener schulischer Fächer erkannt wird (Physik, Musik, Biologie, Psychologie, Geografie und Politische Bildung).
- Die Mitwirkung an der Erstellung einer partizipativen Lärmkarte soll das Potenzial von Citizen Science als Datengrundlage und Argumentationsbasis für Interessensgruppen verdeutlichen.
- Die Schulung des kritischen Denkens: Einerseits durch kritisches Hinterfragen gegebener Entscheidungsgrundlagen - wie der Genese strategischer Lärmkarten; Andererseits die Diskussion selbst erfasster Lärmdaten inklusive der Thematisierung möglicher Bias: Wo war es laut/leise und warum? Was könnten die Messergebnisse verfälschen?
- Motivation zur Partizipation an Citizen Science Projekten, indem das Modul einen Einstieg und eine gewisse Familiarisierung mit partizipativen Wissenschaftsmethoden bietet.

Die Thematik weist darüber hinaus auch durchaus Potenzial auf, abseits des Workshops im schulischen Kontext (Projektarbeiten, vorwissenschaftliche Arbeiten im Maturajahr) weiterverfolgt zu werden.

8.3 Institutionelle Einbettung: Aspern Mobil Lab und iDEAS:lab Salzburg

Das Modul wurde gezielt zur Durchführung am Aspern Mobil Lab in Wien entwickelt, wobei es wiederholt zur Abstimmung mit Dipl.-Ing. Christoph Kirchberger (Projektkoordinator Aspern Mobil Lab) kam. Das Aspern Mobil Lab verfügt über umfangliche Erfahrungen und ein gutes Netzwerk im Bereich Citizen Science, der Beteiligung von BürgerInnen, der Verknüpfung akademischer Forschung mit der Einbindung der Öffentlichkeit sowie der Wissenschaftskommunikation.

Zusätzlich kann das Lärmmodul am Standort iDEAS:lab Salzburg angeboten werden, wo ebenfalls eine etablierte Infrastruktur für Citizen Science existiert und regelmäßige Formate der Wissenschaftskommunikation vom universitären Umfeld für Schulen offeriert werden.

Beide Standorte bieten außerdem eine geeignete Infrastrukturen für Abhaltungen: Präsentationsmittel (Beamer, Projektionsfläche) sowie Geräte zur Lärmdatenaufnahme (Smartphones, Tablets).

Grundsätzlich eignet sich aber jeder Ort, an dem die erforderliche Infrastruktur vorhanden ist bzw. hergestellt werden kann, um das Lärmmodul abzuhalten. So wurde es auch bereits zweimal im Zuge des MINT Ferienprogramms der Arbeiterkammer Salzburg an den Standorten Zell am See und Tamsweg (Salzburg Land) als „Testläufe“ abgehalten und selbstevaluiert (siehe Kapitel 9.3 Modulevaluation).

8.4 Räumliche Dateninfrastruktur: Sensoren, Systeme, Software, Schnittstelle

8.4.1 Sensorbox

Die Sensorbox wird gegenwärtig an der TU Wien entwickelt und dient dazu, mittels unterschiedlicher Sensoren Umweltdaten zu sammeln. So verfügt sie auch über ein Mikrofon und GPS-Modul, die eine geocodierte Lärmdatenerfassung ermöglichen (vgl. aspern.mobil LAB, 2020).

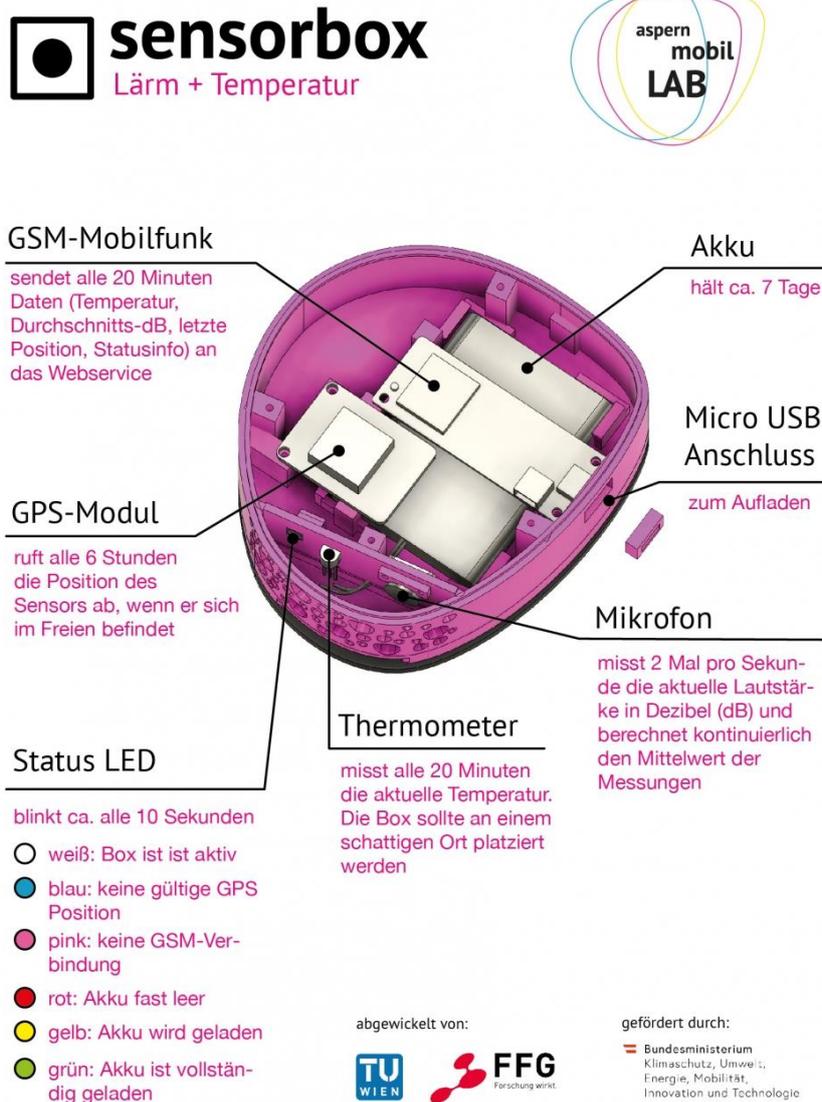


Abbildung 20: Aufbau der Sensorbox, entwickelt an der TU Wien. Quelle: aspern.mobil LAB

Zurzeit (Stand Sommer 2020) wird an der Testung der Sensorbox, sowie an der Implementierung der dazugehörige Datenplattform, Datenbank und (kartografischen) Visualisierung der gespeicherten Werte gearbeitet. Damit könnte sie theoretisch künftig ebenfalls für partizipative Lärmmessungen im Zuge des Moduls zum Einsatz kommen. Im derzeitigen Setting ist allerdings eine Datenübertragung von der Sensebox zum Server im 20-Minuten-Intervall implementiert

(vgl. aspern.mobil LAB, 2020), während für das Lärm-Modul eine real-time Lösung zur sofortigen Visualisierung der erhobenen Messwerte nötig wäre.

8.4.2 Lärmsensor am Smartphone: Testen und Vergleichen unterschiedlicher Modelle

Die nachfolgend genannten Lärm-Apps wurden getestet, um einen Vergleich zwischen Android und iOS-Betriebssystem anstellen zu können, da die Hersteller laut Literatur unterschiedliche Compliance hinsichtlich der Standardisierung ihrer Sensorkomponenten und somit auch in Bezug auf die Voraussetzungen zur Lärmdatenerfassung mitbringen (vgl. Kardous & Shaw, 2014: S. 192):

- Die **Noise Capture App** von Noise Planet, einem Open Project: Auf diese App wird später noch im Detail eingegangen, weil sie sich als am brauchbarsten in Bezug auf die Anforderungen für das Lärmmodul erwiesen hat.
- **Sound Analyzer Lite**: ist eine Open-Source App für iOS-Geräte. Die App wurde für einen Vergleich der Messwerte von iOS- und Android-Geräten verwendet. Auch bei dieser App werden keine Positionsdaten miterfasst.

Grundsätzlich ist für die Moduldurchführung die Verwendung von Android-Geräten geplant. iOS-Geräte mit der Sound Analyzer Lite App können aber – zum Vergleich erfasster Schallpegelmesswerte – eingesetzt werden und in der Folge einen Aspekt der Behandlung von Bias darstellen.

Dokumentation: Noise Capture-App Test mit Apple i-Phone und Android Smartphone

Für das Testen von Lärm-Apps wurden ein iPhone 6 (Model A1586) und ein Sony Xperia XA2 verwendet. Somit sind je ein iOS-Betriebssystem und ein Android-Betriebssystem in Verwendung und tragen dem Umstand Rechnung, dass Apple-Geräte mit einem normierten Sensor ausgestattet sind, wohingegen Smartphones mit dem Android-Betriebssystem verschiedene Sensoren aufweisen. Auch gilt zu beachten, dass Smartphones – je nach Hersteller – über unterschiedliche Bereiche verfügen, in denen eine Dezibel-Messungen sinnvoll sind (vgl. Raphaël Ventura, Vivien Mallet, Valérie Issarny et al., 2017: S. 3091-3092). Dies führt dazu, dass iOS-Geräte eine deutlich höhere Genauigkeit bei der Messung von Schallpegeln aufweist als Android-Geräte. Daher sollten Schallmessungen mit Android-Geräte am besten mit einem externen Mikrophon durchgeführt werden bzw. nach vorheriger Kalibrierung erfolgen.

Einige wissenschaftliche Untersuchungen haben in umfangreichen Testungen – größtenteils unter Laborbedingungen – die Einflüsse von Betriebssystemen sowie Hard- und Software auf die Messergebnisse auf deren Auswirkungen auf Messgenauigkeit nachgewiesen (vgl. Empa Materials Science and Technology, 2018: S. 34; Picaut, Fortin et al., 2019: S. 21; Raphaël Ventura, Vivien Mallet, Valérie Issarny et al., 2017: S. 3084).

1. Test: Vergleich iOS (iPhone 6) mit App Sound Level Analyzer Lite und Android (Sony Xperia XA2) mit Noise Capture App

Diese Feststellungen stimmen mit einem selbst durchgeführten Test mit einem iPhone 6 und einem unkalibrierten Sony Xperia XA2 überein. Dabei wurden die gemessenen Werte an ausgewählten Stellen (die auch bei Moduldurchführungen in Salzburg relevant sind) zwischen den beiden Geräten verglichen. Die Messpunkte wurden so gewählt, dass sie unterschiedliche Schallcharakteristika abbilden: Eine Messstelle lag an einer Straße mit hohem Verkehrsaufkommen, die zweite in einem vergleichsweise ruhigen Innenhofbereich und eine dritte Messung wurde im ruhigen Innenraum des iDEAS:lab durchgeführt.

Die Messung wurde am 14.02.2020 um 9:40-10:00 Uhr parallel über 20 Sekunden durchgeführt. Ein Vergleich der gemessenen Werte ist der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen:

	iPhone 6 (Sound Level Analyzer Lite App)	Sony Xperia XA2 (Noise Capture App)
Innenhof/Garten Techno_Z	Min: 48,1 dBA Mittelwert: 59,4 dBA Max: 73,2 dBA	Min: 61,0 dBA Mittelwert: 66,5 dBA Max: 77,6 dBA
Bushaltestelle Science City Itzling/Rosa-Kerschbaumer-Straße	Min: 65,9 dBA Mittelwert: 73,8 dBA Max: 81,7 dBA	Min: 76,3 dBA Mittelwert: 84,3 dBA Max: 90,5 dBA
Innenraum iDEAS:lab	Min: 32,0 dBA Mittelwert: 35,5 dBA Max: 51,0 dBA	Min: 49,7 dBA Mittelwert: 59,0 dBA Max: 75,7 dBA

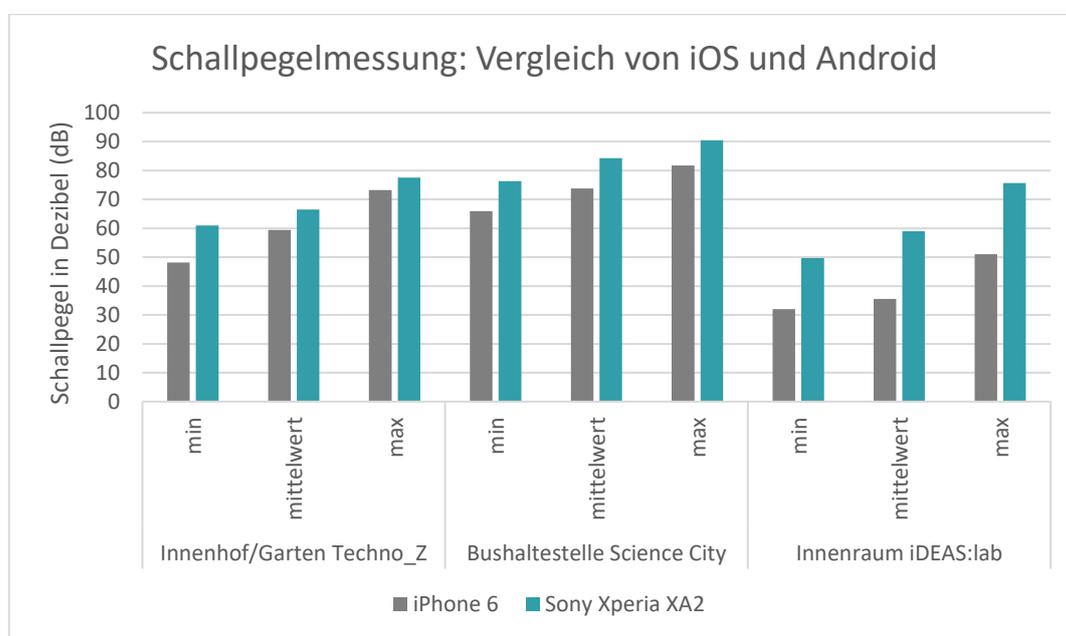


Tabelle 5: Vergleich der Schallpegelmessungen von iOS und Android Smartphones

Der Test zeigte die stärksten Unterschiede an gemessenen Dezibel im vergleichsweise ruhigen Innenraum. Ein Grund dafür könnten in den Android Spezifikationen oder der App-Software liegen: PICAUT et.al. weisen darauf hin, dass das optimale Spektrum für Schallpegelerfassung mit

Android-Geräten und der *Noise Capture* App zwischen 72 und 102 dB liegt, weswegen auch in diesem Bereich Kalibrierungen vorgenommen werden sollen (vgl. Picaut, Fortin et al., 2019: S. 23). Aus diesem Grund empfiehlt *Empa* bei Android-basierter Schallpegelmessung die Verwendung eines externen Mikrofons (z.B. Rode oder i436) sowie eine Kalibration. Bei iPhones hingegen wird eine Kalibration als Absicherung bei Updates stark empfohlen, da diese das Messergebnis beeinflussen können (vgl. *Empa Materials Science and Technology*, 2018: S. 34).

2. Test: Vergleich Android auf Smartphone und Tablet mit und ohne externes Mikrophon

Sowohl die oben genannten Messwerte als auch die Testergebnisse und Empfehlungen aus der Literatur legen nahe, dass es bei der Verwendung eines unkalibrierten Android-Geräts ohne externes Mikrophon zu ungenauen Messungen kommt.

Test am Sony Xperia XA2:

Ein weiterer, am 20.02.2020 im Innenraum des iDEAS:lab durchgeführter Test zum Vergleich der gemessenen Schallpegelwerte mit und ohne externem Rode smartLav+-Mikrophon am Sony Xperia XA2 bestätigt dies:

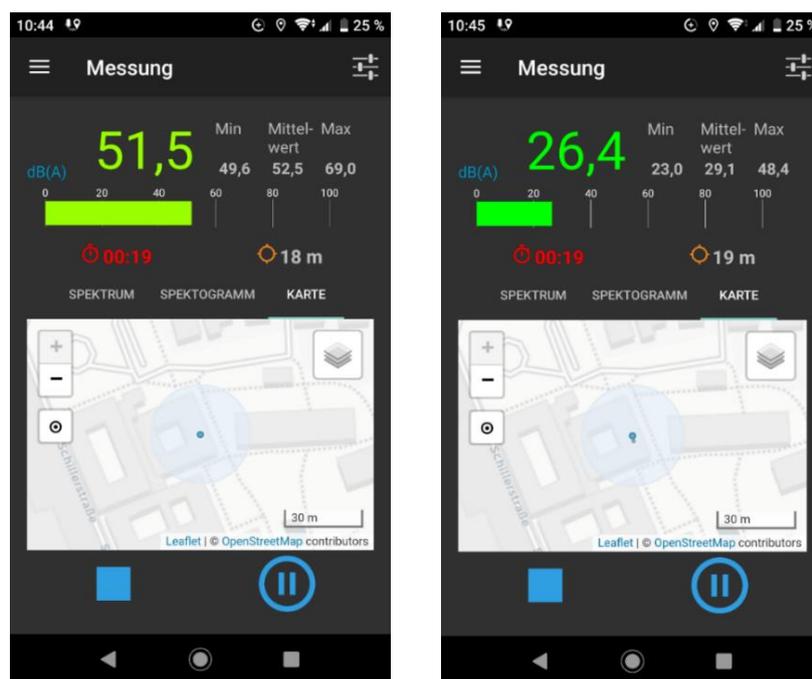


Abbildung 21: Vergleich Schallpegelmessungen mit Sony Xperia XA2 a) ohne externes Mikrophon; b) mit externem Mikrophon

	Sony Xperia XA2 ohne Rode	Sony Xperia XA2 mit Rode
Min	49,6 dBA	23,0 dBA
Mittelwert	52,5 dBA	29,1 dBA
Max	69,0 dBA	48,4 dBA

Schallpegelmessungen am Smartphone mit und ohne externem Mikrofon

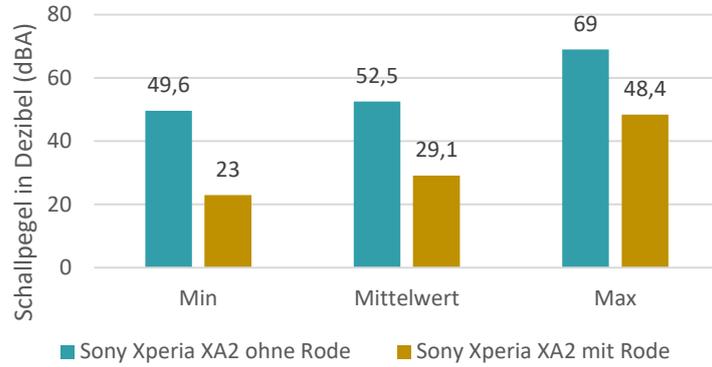
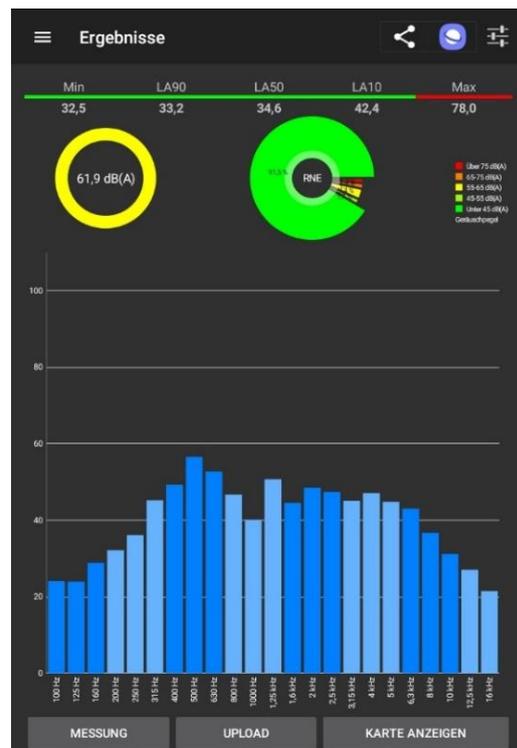
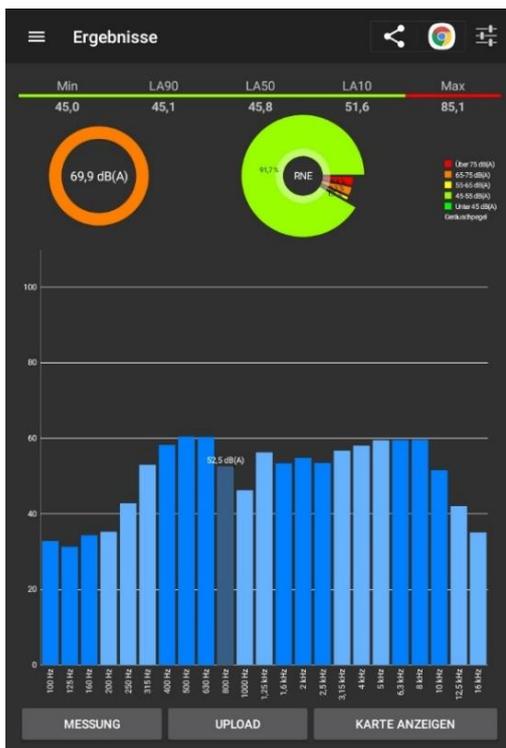


Tabelle 6: Vergleich der Schallpegelmessungen am Smartphone mit und ohne externes Mikrofon

Da dieser Test an einem Gerät nacheinander und nicht gleichzeitig durchgeführt wurde, wurde ein weiterer Test parallel an zwei Tablets durchgeführt, die in Salzburg auch für die Moduldurchführung zum Einsatz kommen.

Test am Samsung Galaxy Tab A:

Ein ähnliches Verhalten war bei einem Vergleich der Schallpegelmessungen zwischen einem mit externem Mikrofon (Rode) und ohne externes Mikrofon ausgestatteten Samsung Galaxy Tab A Tablet zu beobachten. Der Test erfolgte wieder im Innenraum des iDEAS:labs, wobei aber, anders als zuvor, als nur im ruhigen Raum gemessen wurde, auch aktiv Geräusche (Klatschen) produziert wurden.



Auch bei diesen gleichzeitig erfolgten Messungen am Tablet zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen Messwerten, die mit bzw. ohne externes Mikrofon erzielt wurden:

	Samsung Galaxy Tab A ohne Rode	Samsung Galaxy Tab A mit Rode
Min	45,0 dBA	32,5 dBA
LA 90	45,1 dBA	33,2 dBA
Max	85,1 dBA	78,0 dBA

Schallpegelmessungen am Tablet mit und ohne externem Mikrofon

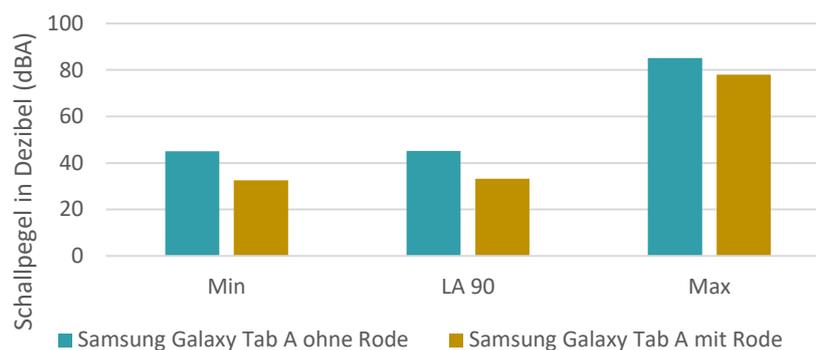


Tabelle 7: Vergleich der Schallpegelmessungen am Tablet mit und ohne externem Mikrofon

Neben den Minimal- und Maximalwerten wurde auch LA 90 angegeben, das ist jener Schallpegel, der in 90% der Messzeit überschritten wurde. Anhand dieser Test-Messungen kann die Empfehlung, zur Lärmerfassung mittels Smartphones auf ein externes Mikrofon zurückzugreifen, bestätigt werden.

8.5 Modulausgestaltung

8.5.1 Lärmmessungen: Routen für Lärmrundgänge vs. Fixer Standort

Die folgende Grafik gibt einen Überblick über die Möglichkeiten an Lärmdatenerfassungen im Zuge des Lärmmoduls: So bietet sich bei geringer Teilnehmerzahl (bis zu ca. 8 Personen) an, lediglich eine Route zur Lärmdatenerfassung abzugehen. Ab 8 Personen kann die Zahl der Routen erhöht werden. Dabei sind gegebenenfalls auch die Aufsichtspflicht gegenüber den SchülerInnen sowie die zur Verfügung stehenden Ressourcen an Begleitungs-/Betreuungspersonal zu berücksichtigen.

Messungen an einem fixen Standort würden sich künftig auch für weiterführende Befassungen im Schulkontext eignen und ausbauen lassen – zB. im Zuge von Schulprojekten oder im Rahmen von Vorwissenschaftlichen Arbeiten.

Praktischer Teil: partizipative Lärmmessungen

	Rundgang: 1 Route	Rundgang: 3-5 Routen	Fixer Standort
»» Anwendungsfall	Lärmmoduldurchführung mit geringer Teilnehmendenzahl	Lärmmoduldurchführung mit geringer Teilnehmendenzahl	Ausblick, zB. für: <ul style="list-style-type: none"> Schulprojekte zum Thema Lärm Befassung im Rahmen von Vorwissenschaftlichen Arbeiten
»» Geräte	Android Smartphones oder Tablets (ohne Hülle!)	Android Smartphones oder Tablets (ohne Hülle!)	Sensorboxen
»» Sensoren	Mikrofon GPS	Mikrofon GPS	Mikrofon GPS
»» Kalibrierung	vor jeder Nutzung der App zur Lärmmessung stark empfohlen	vor jeder Nutzung der App zur Lärmmessung stark empfohlen	
»» Messungen	<ul style="list-style-type: none"> „Momentaufnahme“ der Schallpegel auf der Route Messungen deckt eine definierte Route ab 	<ul style="list-style-type: none"> „Momentaufnahme“ der Schallpegel auf der Route Messungen deckt ein definiertes Gebiet ab 	<ul style="list-style-type: none"> längere und/oder längerfristige Messungen
»» Visualisierung und Auswertung	<ul style="list-style-type: none"> Real-Time Übermittlung zur Visualisierung Identifikation lauter/leiser Stellen Diskussion der Gründe für die Messung hoher/niedriger Werte (Dauerpegel/ Momentaufnahme?) Faktoren ungewollter Beeinflussung (Bias) 	<ul style="list-style-type: none"> Real-Time Übermittlung zur Visualisierung Identifikation lauter/leiser Stellen Diskussion der Gründe für die Messung hoher/niedriger Werte (Dauerpegel/ Momentaufnahme?) Faktoren ungewollter Beeinflussung (Bias) 	<ul style="list-style-type: none"> Visualisierungszeitpunkt nach Bedarf Auswertung lokaler Durchschnitts-/Spitzenwerte Statistische Auseinandersetzung mit den Messergebnissen Diskussion im Klassenverbund, im Rahmen der VWA oder bei einem Termin mit dem Aspern Mobil Lab
»» Genauigkeit und Validität	Besprechung von Genauigkeit und Validität der gesammelten Daten: <ul style="list-style-type: none"> Genauigkeit (Accuracy): Wie genau können Lärm und Position gemessen werden? Was zeigen uns die erfassten Daten (Momentaufnahmen? Dauermessungen?) Und welche Aussagen können auf Basis der Ergebnisse (nicht) getroffen werden? 		

Abbildung 22: Modulausgestaltung und Varianten für den praktischen Teil der Lärmmessungsrundgänge

8.5.2 Partizipative Lärmkartierung und das Auftreten von Bias

Kurz beschrieben bezeichnen Bias eine Verzerrung in der Datenerhebung, die zu fehlerhaften Ergebnissen oder Interpretationen einer Untersuchung führt. Dabei können systematische oder zufällige Bias auftreten. Systematische Bias betreffen beispielsweise die Stichprobenauswahl. Zufällige Bias sind Verzerrungen, die sich nicht auf einen ursächlichen Zusammenhang zurückverfolgen lassen (vgl. Statista). VENTURA et.al. befassten sich mit den durchaus relevanten Einflussfaktoren, die Bias in der Lärmdatenerfassungen mit mobilen Endgeräten ausüben: „Large errors in the mobile observations are due to the microphone inaccuracies, the processing of the mobile operating system, the GPS location errors and the lack of temporal representativeness of the measurements“ (Raphael Ventura, Vivien Mallet et al., 2017: S. 1).

In Bezug auf das Lärmmodul kommen vor allem systematische Bias stark zu tragen. Daher werden die von den TeilnehmerInnen erfassten und auf der partizipativen Lärmkarte visualisierten Werte auch hinsichtlich der möglichen Bias diskutiert:

- **Mangel an zeitlicher Repräsentativität:** Bei Lärmdatenmessungen im Zuge der Rundgänge werden die Schallpegelmesswerte kontinuierlich erfasst, die TeilnehmerInnen sind jedoch in Bewegung und die Lärmwerte werden an jeder Stelle nur kurzzeitig aufgezeichnet. Diese Kurzzeitmessung an einer bestimmten Position zu einem bestimmten Zeitpunkt, an dem vielleicht gerade eine besonders laute Schallquelle (Rasenmäher) aktiv ist, sind nicht geeignet, um auf einen Dauerschallpegel zu schließen.
- **GNSS-Positionierungsfehler:** Bei Smartphones oder Tablets erfolgt die GNSS-Positionierung mit einer ungefähren Genauigkeit von 3-15 Metern (in günstigen Fällen bis nahezu einem Meter, in ungünstigen Fällen aber auch weit höher als 20 Meter). Die Genauigkeit ist abhängig von den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten an Bebauung, Baumbestand mit Belaubung, Verfügbarkeit von Satelliten(positionierungssystemen) zur Positionierung, dem atmosphärischem Zustand (insbesondere der Elektronenkonzentration in der Ionosphäre) und weiteren Faktoren, die alle Einflüsse auf die Genauigkeit der Positionierung haben können (vgl. Warnke, 2020). Werden die erfassten Schallpegel mit den GPS-Koordinaten verknüpft gespeichert, ergibt sich immer eine gewisse Ungenauigkeit in der Kombination von Lärmwert und Standort. Das kann auch dazu führen, dass Schallpegelwerte, die auf dem Gehweg erfasst wurden, mit Koordinaten versehen sind, die sich bei der kartografischen Visualisierung als in Gebäuden befindlich darstellen.
- **Ungenauigkeiten des Mikrofons:** Wenngleich neuere Smartphone-Modelle häufig zwei oder mehr Mikrofone verbaut haben, sind die Mikrofone von Schallpegelmessgeräten hochwertiger. Dies liegt vor allem an der Direktionalität der Mikrofone, die einen wichtigen Parameter darstellt: Schallpegelmessgeräte verfügen über omnidirektionale Mikrofone, die auf eine besondere Sensibilität in alle Richtungen ausgelegt sind. Bei Smartphone-Mikrofone hingegen ist diese Sensibilität reduziert – sie sind häufig direktional ausgerichtet und auch der Smartphone-Körper selbst hat Auswirkungen auf die Mikrofone, insbesondere bei höheren Frequenzen (vgl. Faber, 2017: S. 11). Dieser Umstand unterstreicht, wieso bei Messungen mit mobilen Geräten die Nutzung eines externen Mikrofons angeraten wird.
- **Verarbeitung durch das geräteeigene Betriebssystem:** Es wurde bereits erwähnt, dass das jeweils auf einem Gerät operierende Betriebssystem Auswirkung auf die Schallpegelmessung aufweist. Dennoch lässt sich dieser Aspekt weniger gut durchleuchten und analysieren, zumal hinsichtlich des Betriebssystems nur wenig

Manipulationsmöglichkeiten bestehen, als auch aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Versionen von Android-Geräten (vgl. Celestina, Hrovat et al., 2018: S. 119).

- **Repräsentation der Messwerte auf der partizipativen Lärmkarte:** Im Zuge der kartografischen Repräsentation der erfassten Schallpegelwerte auf einer partizipativen Lärmkarte müssen Abwägungen und Entscheidungen getroffen werden, wie die erfassten Lärmwerte zu visualisieren sind. Dazu gehören die Generalisierung der Werte an gleichen Positionen (Errechnung von Durchschnittswerten), was gleichzeitig einen Verlust der zeitlichen Partikularität bewirkt, sowie Überlegungen hinsichtlich der Möglichkeit von Filterungen (z.B. nach Datum), dem Ausweisen von Maxima und Minima,...

Auf der im Lärmmodul vorläufig verwendeten Karte von *Noise Planet* werden Lärmwerte in skalierbaren Hexagonen (steuerbar über die Zoom-Funktion der Webmap) zusammengefasst. Dies gewährt einen guten Überblick, diese Generalisierung bedeutet aber auch, dass die konkret an einer speziellen Stelle innerhalb des Hexagons erfassten Werte nicht mehr ersichtlich sind.

Viele der oben erwähnten Aspekte von Bias lassen sich am Beispiel der folgenden Testaufnahme mit der *Noise Capture* App nachvollziehen:

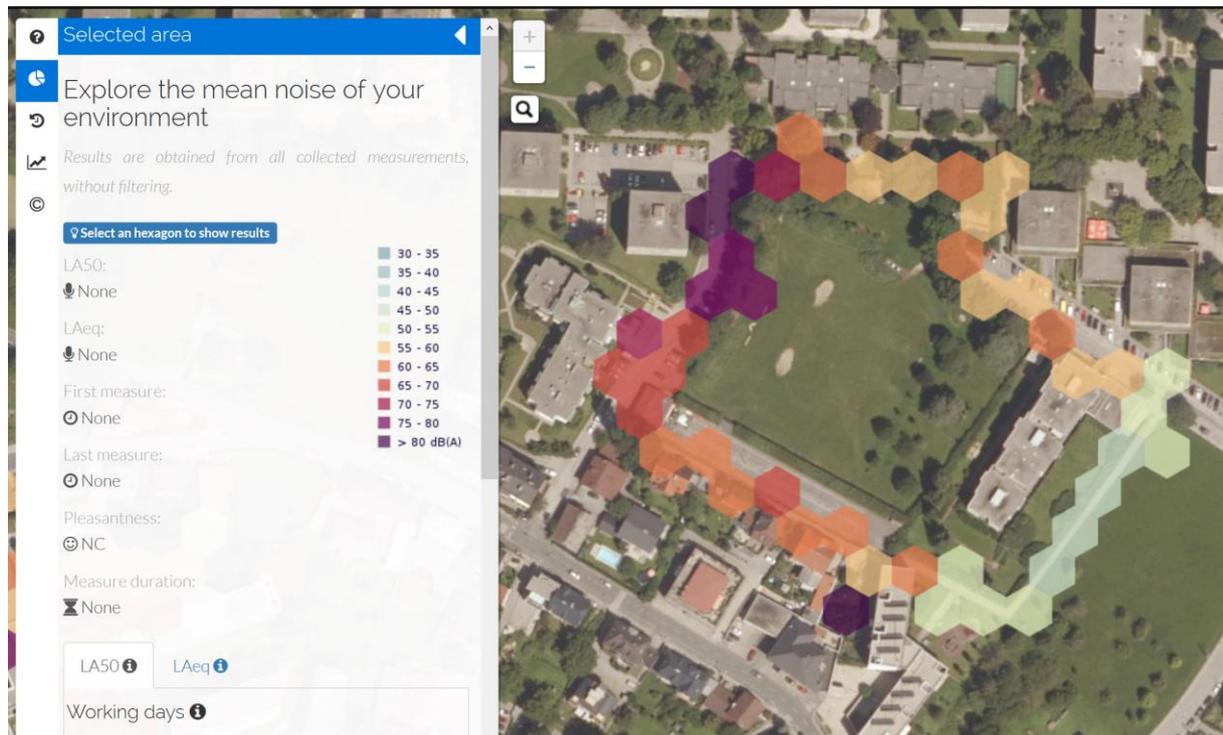


Abbildung 23: Lärmmessungsrundgang zu Testzwecken (eigene Erhebung, Darstellung mittels Noise Map von Noise Planet)

Die hohen Lärmwerte (75- >80 dBA) im Nordwesten sind auf einen Rasenmäher zurückzuführen (kurzzeitiges Phänomen - was mit der Frage der Repräsentativität dieses Wertes verbunden ist). Die ebenfalls eher höheren Werte (60-70 dBA) im südlichen Verlauf der Strecke hingegen sind durch Windgeräusche bedingt, auf die das smartphoneeigene Mikrofon empfindlich reagiert. Ungenauigkeiten in der GNSS-Positionierung sind bei dieser Hexagon-Darstellung weniger eindeutig, aber ebenfalls im Süden sowie Westen zu finden. Diese lässt sich aber bei nachfolgender Abbildung sehr gut beobachten, bei der die *Noise Capture* App zur Erfassung der Lärmsituation an einer Position an der Rosa-Kerschbaumer-Straße erhoben wurde:



Abbildung 24: Positionierungsungenauigkeiten bei Messungen mit der *Noise Capture* App an der Rosa-Kerschbaumer-Straße (Salzburg)

8.5.3 Ergebnisvisualisierung

Gegenwärtig erfolgt die Visualisierung der im Rahmen der Moduldurchführung erhobenen partizipativen Lärmwerte über die *Noise Capture Map*. Diese ist - wie auch die *Noise Capture* App - ein Teil des *Noise Planet* Projects. Dadurch sind App und Visualisierung aufeinander abgestimmt: Die Daten können auf den mobilen Geräten in der App einfach hochgeladen werden und sind - je nach Anzahl der hochladenden Dateien - nach wenigen Minuten auf der globalen Karte ersichtlich: https://noise-planet.org/map_noisecapture/index.html#8/47.595/13.255/.

Hinsichtlich der Visualisierung der partizipativ erhobenen Lärmwerte gab es am 5. Juni 2020 eine Telefonkonferenz mit den Kollegen Gerfried Mikusch und Fabian Fischer vom *Institut für Visual Computing & Human-Centered Technology*. Dabei ging es darum, wie in weiterer Folge partizipativ erfasste Lärmdaten in die AMI Datenplattform, die im Zusammenhang mit den eigens entwickelten Sensorboxes implementiert wird, integriert und in visualisiert werden können. Die Telefonkonferenz diente dem Austausch zu Datenaufnahme, -speicherung und -exportmöglichkeiten der *Noise Capture* App und einer Anforderungsanalyse an die kartografische Darstellung der Lärmwerte. Als Beispiel und Orientierung diente die *Noise Capture Map*: Die Karte fasst die Messwerte in Hexagonen zusammen. Dieser Aspekt wurde von den Kollegen positiv bewertet, weil dadurch eine stärkere Anonymisierung der gemessenen Daten gewährleistet werde.

Als Lösungsmöglichkeit, die von den Mobilgeräten erfassten Daten in die Datenbank zu übernehmen und anschließend zu visualisieren wurde vorgeschlagen, die gespeicherten Daten per Mail an eine Cloud-Storage Lösung (wie Google Drive, Nextcloud, etc.) zu senden. Die übermittelten Daten werden dabei als gezippte JSON-Dateien übermittelt und abgelegt. Ein (Python-)Script kann anschließend die Emails auszulesen und die Inhalte der JSON-Dateien in der Datenbank ablegen. Zur kartografischen Visualisierung wurde die Verwendung von Leaflet JS

vorgeschlagen bzw. als Alternative eine QGIS-Visualisierung. Aus Sicht des Lärmmoduls wäre die Variante, eine Webapp mit Leaflet JS Darstellung zu verwenden, deutlich zu bevorzugen, zumal diese einfach als iFrame in die ArcGIS Storymap des ausgearbeiteten Lärmmoduls integrierbar und auf dynamische Inhaltsvermittlung gegenüber dem Kartenbetrachter ausgelegt ist, während QGIS primär auf die Produktion statischer (Print)Karten ausgelegt ist.

Neben der Gesamtansicht aller bisher erfassten Werte wurde auf den Vorteil von Filtermöglichkeiten hingewiesen. Dadurch können beispielsweise Messungen nach Datum unterschieden werden, damit die SchülerInnen die an ihrem Tag getätigten eigenen Messungen reflektieren und auch im Vergleich zu den gesamt gemessenen Werten einzuordnen vermögen. In der Diskussion kann somit zu Ausreißern und Extremwerten der Messungen sowie mögliche Bias überleitet werden.

8.6 Technisches Moduldesign und Adaptierbarkeit von Modulkomponenten

Dieses Kapitel gibt eine Übersicht darüber, welche Softwarekomponenten zur Modulerstellung verwendet wurden, wieso diese Auswahl getroffen wurde und wie in weiterer Folge Anpassungen, Änderungen, Updates oder Erweiterungen des Moduls möglich sind.

Format und Plattform für das Lärm-Modul wurden ausgehend von Anforderungen gewählt, die an die Präsentation und Präsentierbarkeit gestellt wurden. Diese bezogen sich auf folgende Aspekte:

- **Nutzergruppenspezifisch:** Die Präsentationsunterlagen sollen von zwei unterschiedlichen Gruppen von Nutzenden verwendet werden können:
 - WorkshopleiterInnen an den Standorten Aspern Mobil Lab / iDEAS:lab Salzburg, die mit der Materie vertraut sind
 - Zurverfügungstellung für LehrerInnen, die das Modul an ihren Schulstandorten durchführen können und somit einen Multiplikatoreffekt erzeugen: einerseits in Bezug auf die Popularität des Moduls, andererseits hinsichtlich eines Beitrags weiterer Messwerte zur Lärmkartierung.

Die Ausarbeitung ist primär für eine Face-to-Face Situation in einem Workshop konzipiert. Während sich Storymaps generell auch für eine eigenständige Auseinandersetzung mit einem Thema eignen, ist die derzeitige Aufbereitung nicht primär darauf ausgerichtet - kann aber für künftige Adaptierungen als Ausgangsbasis zur Verfügung stehen.

- **Integratives Design:** Das Präsentationsformat soll im günstigsten Fall gewährleisten, dass sämtliche präsentablen Modulinhalte in einer Datei - nämlich der Präsentationsdatei - abrufbar sind und nicht zwischen mehreren Programmen gewechselt werden muss. Somit wird die Vorbereitungszeit verkürzt und die

Moduldurchführung selbst und stressfreier, zumal nicht vorbereitend unterschiedliche Programme geöffnet und zum richtigen Zeitpunkt angewählt werden müssen. Dies senkt die Fehleranfälligkeit und gewährleistet, dass der Rote Faden durch die Präsentation nicht beeinträchtigt wird.

- **Usability:** Die Bedienung muss für die WorkshopleiterInnen intuitiv möglich sein und sich für die WorkshopteilnehmerInnen trotz Integration von Umfragen als roter Faden durch den Workshop abzeichnen. Leitgedanke der Präsentationsaufbereitung ist daher, die Präsentation so selbsterklärend wie möglich zu halten. Die Aufmachung verzichtet dabei bewusst auf viel erklärenden Text (dieser findet sich im User Manual zur Präsentation wieder).

Innerhalb einer Präsentation sind sowohl theoretische Inhalte, Umfragen und Hörbeispiele, die Darstellung der partizipativen Lärmkarte als auch die Diskussion dazu innerhalb eines Formats abzuhandeln. Die Wahl dieses Formats ist demnach mit Abwägungen zu den Möglichkeiten und Einschränkungen diverser Alternativen verbunden. Ein klassisches Format (wie Power Point oder PDF) hat zwar den Vorteil, dass quasi jedermann mit der Bedienung und - falls erforderlich - Bearbeitung der Inhalte vertraut ist. Es bietet hingegen nur eingeschränkt bis kaum Möglichkeiten, Inhalte interaktiv zu vermitteln oder externe Ressourcen reibungslos einzubetten (Links lassen sich nicht öffnen, etc.). Aus diesem Grund wurde für mehrere Formate das Für und Wider abgewogen.

Zur Modulaufbereitung fiel die Entscheidung schließlich auf ArcGIS Storymaps, da diese die Möglichkeit bieten, externe Ressourcen direkt einzubetten und anzuzeigen beziehungsweise abspielen zu lassen. Und wenngleich Storymaps ein Produkt aus dem Hause ESRI ist, sind Story Maps als Open Source Produkte zur Verfügung stehend. Überdies bietet ein Free ArcGIS Online Account die Möglichkeit, Storymaps zu erstellen, zu teilen und in weiterer Folge auch, bestehende Storymaps (wie die im Rahmen des Lärm-Moduls erstellte) abzuändern.

Vergleich von Präsentationsformaten

»» MS Powerpoint

Proprietäres Format, dessen Bedienung nahezu jeder/m bekannt ist (de facto Präsentationsstandard)

- ⊕ leichte Bearbeitbarkeit des Präsentationsformats
- ⊖ schlechte Einbindbarkeit externer Links (iframes) zu einer interaktiven Karte, die direkt in der Präsentation geöffnet werden soll
- ⊖ weniger für interaktive Präsentationszwecke geeignet

»» H5P

Auf HTML5 basierende Software zur Erstellung interaktiver Lernformate, hauptsächlich im Webkontext.

- ⊕ Einbettung externer Webinhalte via iframe möglich
- ⊕ Präsentation mit interaktiven Elementen kombinierbar
- ⊖ Möglichkeit zum Teilen oder Download der H5P-Packages ist gegeben, allerdings wird zum bearbeiten eine H5P Umgebung (Wordpress-Plugin, Moodle, Blackboard,...) benötigt (die Website zu H5P offeriert eingeschränkte Möglichkeiten)

»» ArcGIS Storymaps

ArcGIS Storymaps (ESRI-Software) ist ein Präsentationsformat, das auf die Kombination aus Karten mit Erzählungen, Bildern und interaktiven Inhalten abzielt.

- ⊕ Einbettung externer Webinhalte via iframe möglich
- ⊕ hohes Potenzial hinsichtlich Interaktivität und Möglichkeiten, Umfragen direkt einzubetten
- ⊕ Öffentliches Teilen, Kopieren und Weiterbearbeiten mit einem Free ArcGIS Online Account möglich bzw. auch als Open Source App downloadbar (auch für Github)
- ⊖ Beta-Version derzeit im Auf-/Ausbau, Formatierungsmöglichkeiten derzeit eher limitiert

Abbildung 25: Eignung unterschiedlicher Präsentationsformate zur Moduldurchführung

Die Adaptierbarkeit kann von Interesse sein, wenn Vortragende eigene Ideen haben, die Inhalte zu adaptieren oder upzudaten, sowie für Anpassungen an alternative Zielgruppen. Wichtig ist daher eine Nachvollziehbarkeit, mit welcher Software gearbeitet wurde, wo man ansetzen muss und wie vorzugehen ist, wenn die Materialien abgeändert werden sollen. Denn das Design der Storymap ermöglicht die integrative Einbettung verschiedener externer Ressourcen als Content-Elemente in einer Präsentationsdatei. Was hinsichtlich der Präsentation des Moduls angenehm ist und durchgängig designt wirkt, ist bei der Manipulation der Dateien mitunter etwas herausfordernd: Denn je nachdem, was geändert werden soll, beeinflusst in welchem Programm dies zu bewerkstelligen ist.

Die folgende Grafik gibt dabei einen Überblick über die verwendeten Programme und welche Inhaltsart sie beinhalten.

Storymap Design

ein Design um alle Inhalte zu integrieren

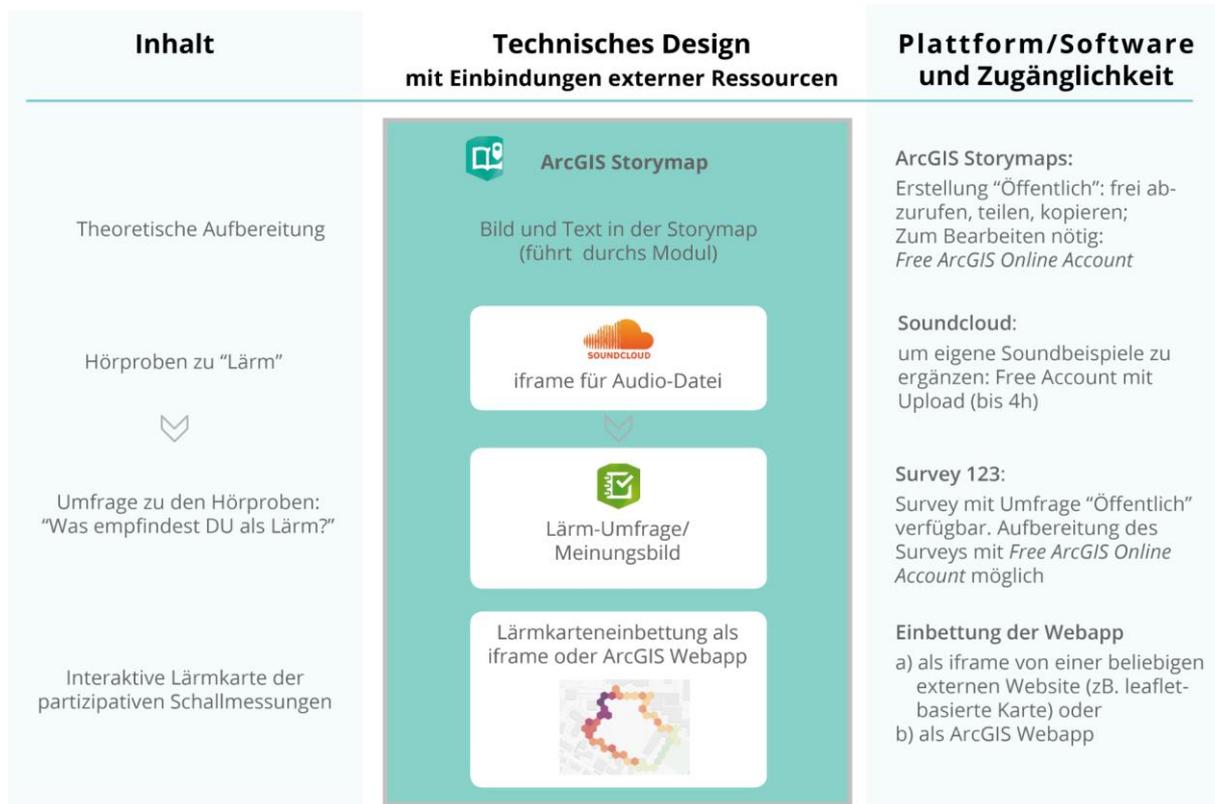


Abbildung 26: Zusammenhang zwischen Modulinhalt - Technischem Design und Software inklusive deren Zugänglichkeit für Anpassungen

Nachfolgend wird dargelegt, wie die jeweiligen Inhaltstypen angepasst werden können:

- ArcGIS Storymap als Präsentationsformat:** Das Zusammenstellen der Inhalte erfolgt in ArcGIS Storymaps: Hier wird die Präsentation mit klassischen Elementen wie Bildern und Texten zusammengestellt und mit interaktiven Elementen - wie Karten oder Audiofiles - komplettiert. Durch iFrames wird eine visuelle Integration dieser externen Dokumente ermöglicht. Durch die Isolierung vom ursprünglichen Dokument gelten iFrames als besonders sichere Methode, dynamische Inhalte wiederzugeben (vgl. Detmar, 2019). Im konkreten Fall werden die folgenden externe Ressourcen in die Präsentation eingebettet:
 - Hörproben von Soundcloud zum Thema Lärm
 - Umfrage/Meinungsbild zu den Hörproben: ArcGIS Survey 123 zum Erfahrungsaustausch eigener Lärmwahrnehmung
 - Partizipative Lärmkartierung: Visualisierung der aufgenommenen Lärmdaten (in ArcGIS Online oder als externe Leaflet-Website)

Die Einbettung und Anpassung von iFrames erfolgt in Storymaps unter Eigenschaften/Properties.

- **Einbettung von Hörproben bei auf *Soundcloud*:** *Soundcloud* bietet die Möglichkeit, mit einem Gratisaccount Audiofiles (bis zu 4 Stunden) hochzuladen und zu hosten. Diese können dann via iFrame in die Storymap eingebunden werden. Der Vorteil gegenüber dem (direkt in ArcGIS Storymaps möglichem) Einbetten von Audio-Inhalten, dass *Soundcloud* erweiterte Möglichkeit zur Kontrolle über das angezeigte Design bietet, die Darstellung des eingebetteten Clips individuell anzupassen und mit einem Bild zu kombinieren. Dabei muss in *Soundcloud* nicht lange mittels API herumprobiert werden, denn die Embed-Funktion der Clips in der grafischen Benutzeroberfläche bietet direkt die Möglichkeit, hier Anpassungen vorzunehmen.

Sollte die Nutzung von *Soundcloud* später für Vortragende nicht in Frage kommen, können die betreffenden Passagen schnell gelöscht und/oder - bei Wunsch - durch Audiofiles, die direkt in ArcGIS Storymap hochgeladen werden, ersetzt werden.

- **Survey 123 Umfrage zum Meinungs austausch:** ArcGIS Survey 123 Umfragen können ebenfalls direkt in Storymaps eingebunden werden. Auch hierfür ist ein kostenloser ArcGIS Online Account ausreichend.
- **Einbettung der partizipativen Lärmkarte als Webapp:** Die im Rahmen des Workshops erfassten Lärmdaten können schnell in ein Online-Format hochgeladen und visualisiert werden, indem die lokal auf den Geräten erfassten Werte geteilt bzw. gesendet werden. Da die Daten mit der *Noise Capture* App erfasst werden, ergeben sich grundsätzlich mehrere Möglichkeiten zur Einbettung:
 - Die künftig angestrebte Version einer Leaflet-basierten Webapplikation zur Lärmkartierung wird vom *Institut für Visual Computing & Human-Centered Technology* in Kombination mit der Visualisierung der Sensorbox-generierten Lärmdaten implementiert. Dabei sollen die von der *Noise Capture* App generierten Daten (gezippte JSON-Dateien) an eine definierte Adresse oder Applikation gesendet und gespeichert werden. In der Folge werden die ZIP-Folder mittels Python-Scripts automatisch entpackt und die Daten in die Projektdatenbank eingelesen, von wo aus sie automatisch in einer Leaflet-basierten Webapp kartografisch visualisiert werden.

Von Lärmdaten zur Visualisierung und Einbettung in ArcGIS Storymaps



Abbildung 27: Vorschlag zum künftigen Ablauf von der Lärmdatenerfassung bis hin zur Visualisierung und Integration ins Präsentationsformat des Lärmmoduls. Quelle: eigene Darstellung

- ArcGIS Online: Ein Export der Lärmdaten als gezipptes JSON-File, zB. via Mail, wäre als Provisorium bis zur Verfügbarkeit der Leaflet-basierten Webapp ebenfalls möglich. Hierbei müssen die gesendeten ZIP-Ordner extrahiert, die JSON-Dateien manuell in ArcGIS Online geöffnet und die Symbolik angepasst werden. Ist die Karte in eine ArcGIS Online Webapp eingebettet, die via iFrame in der Storymap verankert ist, können die neuen Werte auch gleich in der Präsentation angezeigt werden.
- *Noise Capture Map*¹⁰ ist die partizipative Lärmkarte, die im Rahmen des *Noise Planet Projects* (zu dem auch die App *Noise Capture* gehört) im Web abrufbar ist. Nach dem Teilen der erfassten Werte (setzt WLAN-Zugang des mobilen Gerätes voraus) sind diese sofort online abrufbar. Dies stellt die vorläufige Lösung dar, solange keine Leaflet-basierte Webversion verfügbar ist.

¹⁰ Abrufbar unter: https://noise-planet.org/map_noisecapture

9 Praktische Moduldurchführung und Evaluierung

9.1 Beschreibung des Materialpools

Im Rahmen der Modulaufbereitung wurden mehrere Materialien erstellt, die für eine Durchführung verwendet - und bei Bedarf nach den eigenen Wünschen adaptiert - werden können. Die Materialien werden offen zur Verfügung gestellt.

Ein öffentliches Gitlab-Repository zum Lärmmodul stellt einfachen Zugriff auf die Materialien über das Web sicher: https://gitlab.com/Eva_Steinbacher/laermmodul/-/wikis/home

Nachfolgend werden die unterschiedlichen Komponenten des Materialpools vorgestellt:

- Die ArcGIS **Storymap zum Lärmmodul** bildet das Herzstück des Präsentationsmaterials: Sie ist das für die TeilnehmerInnen sichtbare Element, das durch den Workshop leitet. Die Storymap ist abrufbar unter:
<https://storymaps.arcgis.com/stories/378fcd99c1b4479da4ff931bac47dc8b>
oder über das Gitlab-Repository. Es ist darauf hinzuweisen, dass Internetempfang zur Durchführung des Moduls mit Storymap aufgrund der Umfrageelemente und Einbettungen externer Websites erforderlich ist.
- Eine zweite, kurze Storymap mit den **Hörbeispielen zum Thema Lärm** wird ebenfalls öffentlich zur Verfügung gestellt. Diese ist selbst wiederum in die oben genannte Storymap zum Lärmmodul eingebettet.
- Als „offline-Alternative“ wird auch eine **Power-Point-Präsentation zum Lärmmodul** zur Verfügung gestellt, die der Storymap nachempfunden ist, aber weniger stark auf interaktive eingebettete Elemente setzt. Anstatt der Umfragen mittels Survey 123 können die Antworten auch in direktem Austausch mit dem Vortragenden diskutiert werden. Die Power-Point-Version des Moduls empfiehlt sich wenn: a) SchülerInnen und/oder Vortragende nicht gut mit dem Umgang digitaler Medien vertraut sind; b) die Zeit für die Moduldurchführung begrenzt ist; c) Anpassungen des Moduls gewünscht sind und diese rasch und einfach umgesetzt werden sollen.
- Eine zweiseitige Word-Vorlage mit **Anleitung für den praktischen Teil des Lärmmessungsrundgangs**: Auf der ersten Seite sind Info-Punkte zur Handhabung der Noise Capture App zur Lärmaufnahme gelistet. Die zweite Seite beinhaltet eine Karte mit den unterschiedlichen Routen für die Lärmmessungen (individualisierbar).
- Ein **User Guide zur Abhaltung des Lärmmoduls**: In diesem erfolgt eine detaillierte Beschreibung notwendiger Vorbereitungen sowie Inhalte, die im Workshop besprochen werden können.

9.2 Praktischer Modulablauf

Der nachfolgende Inhalt dieses Unterkapitels ist als User-Guide für die praktische Moduldurchführung zu verstehen (und wird auch im Gitlab-Repository bereitgestellt):

Anleitung – User Guide zur praktischen Moduldurchführung

Sehr geehrte/r WorkshopleiterIn,

dieser User Guide ist als Vorschlag für die Abhaltung des Lärmmoduls zu verstehen und adressiert die Vortragenden/WorkshopleiterInnen des Moduls.

Das Lärmmodul kann SchülerInnen einen interessanten Querschnitt über mehrere Schulfächer anhand eines Leitthemas bieten: Das Phänomen „Lärm“ wird sowohl physikalisch (Fach Physik), akustisch (Fach Musik), im Hinblick auf anatomische Reizweiterleitung (Fach Biologie) sowie in Bezug auf die individuelle Lärmwahrnehmung (Fach Psychologie) beleuchtet. Auch können bei Interesse mit der Thematik zusammenhängende Themenschwerpunkte vorbereitend oder im Anschluss an die Modulabhaltung im schulischen Umfeld vertieft werden. Das Modul kann außerdem als Anregung für eine weitere Befassung mit dem Thema oder Teilbereichen des Themas – z.B. in Form Vorwissenschaftlicher Arbeiten, Referate,... - verstanden werden.

Im Folgenden wird der Ablauf des gesamten Moduls vorgestellt, wobei sich die Erläuterungen auf die einzelnen Folienabschnitte der Präsentation beziehen.

Da zur Moduldurchführung einige Vorbereitungen nötig sind, empfiehlt es sich, jedenfalls 30 Minuten vorab mit den Einstellungen zu beginnen. Der User Guide beinhaltet nachfolgend Anregungen zur den Präsentationsinhalten des gesamten Moduls, inklusive Vortragsnotizen. Das Skript hält außerdem noch einige Hintergrundinformationen bereit, die für eine tiefere Diskussion oder bei eventuell auftretenden Fragen von Interesse sein können.

Viel Spaß und Erfolg bei der Durchführung!

Eckdaten:

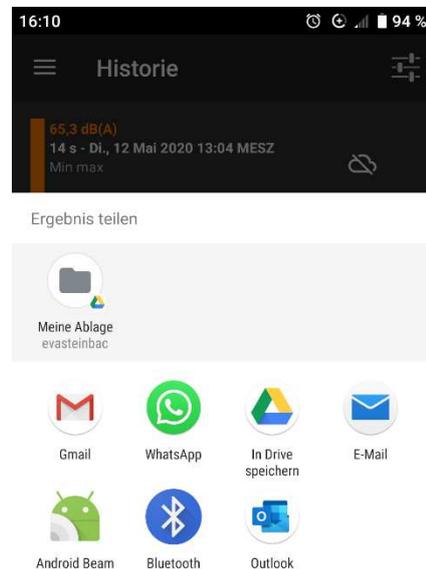
Zielgruppe:	SchülerInnen Sekundarstufe II
Dauer der Moduldurchführung:	je nach verfügbarem Zeitbudget 60-80 Minuten
Erforderliches Vorwissen:	grundlegende digitale Kompetenz, grundlegendes Wissen in Physik
Gruppengröße:	10-30 SchülerInnen
Benötigtes Equipment:	Laptop, Beamer, Projektionsfläche, WLAN Android Smartphones oder Tablets (Orientierungswert: 1 Stück pro 2 SchülerInnen)

Vorbereitungen und nötiges Equipment:

- **Mobile Devices (Smartphones oder Tablets) zur Lärmdatenerhebung:** Android ist als Betriebssystem die Voraussetzung, um mit der *Noise Capture* App (siehe unten) arbeiten zu können. Es empfiehlt sich, die Gruppengröße vor Moduldurchführung zu erfragen um – nach Möglichkeit – ausreichend Geräte bereitstellen zu können. Zweiergruppen funktionieren für die Moduldurchführung in der Regel gut.
 - **QR Code Scanner:** im theoretischen Modulteil sind Umfrageelemente (auf Basis ArcGIS Survey 123) eingebettet, die über Abrufen des QR-Codes gestartet werden. (Sollen die Fragen „nur“ persönlich diskutiert werden, kann die Online-Umfrage auch weggelassen werden). Das Abrufen der Survey-Ergebnisse erfordert außerdem einen (kostenlosen) **ArcGIS Online Account**.
 - **Verwendung der Noise Capture App:** Zur Lärmdatenerfassung sicherstellen, dass auf den Mobiltelefonen bzw. Tablets die *Noise Capture* App vorinstalliert ist. Wenn dies noch nicht erfolgt ist, bitte die **Noise Capture** App (von Ifsttar) installieren. Diese kann über den Google Play Store downgeloadet werden.



- Sofern eine Anbindung an die Datenbank des *Institut für Visual Computing & Human-Centered Technology* gegeben ist: In der *Noise Capture* App unter *Historie* einen Kanal definieren, über den die Lärmdatens exportiert werden sollen: Dabei die E-Mailadresse, Google Drive Namen, etc. vorab eingeben, damit hier von den SchülerInnen anstatt einer fehleranfälligen manuellen Eingabe später die Autofill-Funktion genutzt werden kann.



- **Internetzugang wird benötigt:**
 - 1) Für den **Laptop**, von dem aus die Präsentation gehalten wird: Sowohl die Präsentation selbst als auch die eingebettete partizipative Lärmkarte sind als Online-Formate konzipiert.
 - 2) **Mobiltelefone/Tablets:** Internetzugang ist während des theoretischen Modulteils und zum Abschluss der Lärmdatenerhebung erforderlich. Die Lärmmessung mit der *Noise Capture* App selbst benötigt keinen Internetzugang. Im Anschluss müssen die Daten aber geteilt/gesendet werden, wofür eine Internetverbindung nötig ist.
- **Schallpegelmessgerät:** Zur Kalibration der Mobile Devices, bevor diese zur Schallpegelmessung verwendet werden können.
- **Festlegung der Routen im Vorhinein:** Auf welche Route/n in der Umgebung sollen Lärmdatens erfasst werden? Diese sind in der Präsentation (Story Map im Editiermodus) und in der druckbaren Kurzanleitung anzupassen, sofern Abweichungen von den vorgeschlagenen Routen (verfügbar für Seestadt Aspern und iDEAS:lab Salzburg) bestehen.

MODULDURCHFÜHRUNG

- Präsentation (StoryMap oder PowerPoint) starten
- Begrüßung der TeilnehmerInnen
- Austeilen der Mobiltelefone/Tablets
- Ggf. Hinweis, dass abgelegte Kleidung in der Nähe behalten werden soll, da man dann ins Freie gehen wird
- Gleich beim Einstieg ins Thema auch den persönlichen Erfahrungshorizont der SchülerInnen ansprechen

In der kommenden Stunde gehen wir dem Phänomen „Lärm“ auf den Grund - und dabei werdet auch ihr stark gefragt sein. Wir sehen uns an, was Lärm eigentlich ist, was er bewirkt - auch im Hinblick auf unsere Gesundheit; Was Lärm für mich und andere bedeutet - hier ist es ganz spannend zu sehen, dass das nicht jeder gleich empfindet. Wir sehen uns an, was „Lärmkarten“ sind und wofür sie verwendet werden. Und: Wir werden auch selbst Lärmmessungen durchführen, uns im Anschluss die Ergebnisse gleich auf einer Karte ansehen und diskutieren, was daran auffällt.

Ich nehme an, jeder/m von euch ist „Lärm“ ein Begriff und hat Erfahrungen mit Lärm gemacht. Lärm ist etwas, das wir alle kennen. Vielleicht habt ihr auch heute schon/bei der Anreise hierher Lärm erlebt.

Wenn wir aber mehr darüber nachdenken, was „Lärm“ eigentlich ist, fällt uns vermutlich spontan einiges ein, was man als Lärm bezeichnen kann. In anderen Fällen ist es manchmal vielleicht gar nicht so leicht, abzugrenzen und zu unterscheiden, ob das „Lärm“ darstellt oder nicht. Und da werden wir vermutlich auch nicht alle dieselbe Meinung dazu haben.

Nehmt jetzt bitte die Tablets zur Hand und scannt den QR-Code ein. Es öffnet sich dann eine Umfrage mit einer ganz einfachen Frage:

Was bedeutet Lärm für dich? Bzw. Was verursacht Lärm?

Das ist eine einfache Brainstorming Übung und es reicht da völlig aus, wenn ihr ein paar Schlagworte eingibt.

Hinweise:

Um ernsthafte Antworten bitten - uU. Ist bei dieser anonymen Umfrage mit unliebsamen „Scherzantworten“ zu rechnen. Alternativ können die Inputs auch verbal gesammelt und diskutiert werden.

Der QR-Code verweist auf eine ArcGIS Survey123-Umfrage. Die gegebenen Antworten können durch Klick auf den Link abgerufen werden.

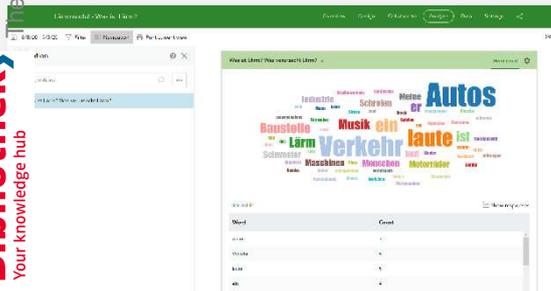
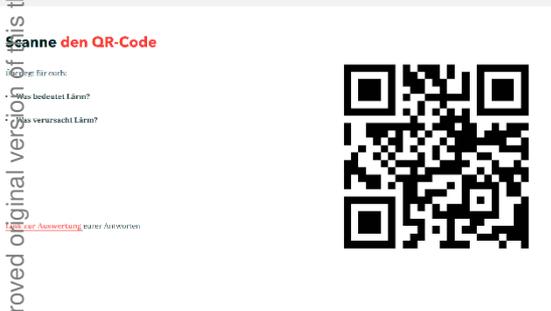
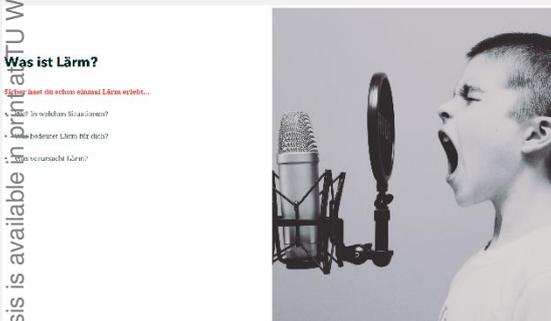
Mit den SchülerInnen die gegebenen Antworten diskutieren. Auf gleiche Nennungen, individuelle Nennungen hinweisen. Es kann auch zwischengefragt werden, ob man denkt, dass andere auch so empfinden würden.

Hinweise:

Die Übersichtsansicht zeigt sämtliche eingegebenen Antworten. Es bietet sich an, die am jeweiligen Abhaltungstermin gegebenen Antworten im Datumsfenster links oben zu Filtern.

Und wenn ihr euch jetzt die unterschiedlichen Antworten ansieht: Könnt ihr versuchen, eine Definition von Lärm zu geben, was Lärm ist?

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

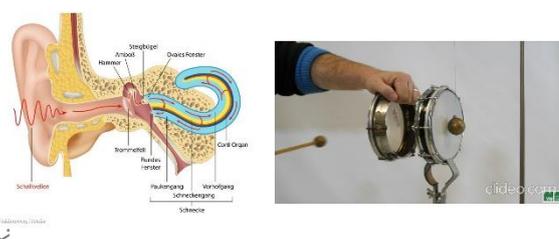




Lärm ist definiert als Schall, der störend oder belastend ist, beunruhigt, aufregt, ablenkt oder nervös macht.

Das kennt sicher jeder von uns – Lärm ist also jedenfalls etwas, das uns unangenehm ist.

Es gibt dann noch einen Teilbereich, den Umgebungsgeräusche: Dieser bezieht sich auf jene unerwünschten Geräusche, die im Freien stattfinden und vom Menschen verursacht werden. Dazu zählt z.B. Verkehrslärm, Baustellenlärm,... aber nicht Donner oder der Nachbar, der seinen Fernseher laut aufgedreht hat – was aber natürlich auch störend sein kann.



Wir haben gerade gehört, dass Lärm störender Schall ist. Wenn wir von umgangssprachlich von Schall reden, sagen wir meist Töne, Klänge oder Geräusche dazu.

„Lärm“ an sich wird immer subjektiv wahrgenommen, aber Schall können wir auch physikalisch verstehen:

- Schall ist mechanische Schwingungen, die sich -beim Hören zumeist in Luft – ausbreiten.
- Diese Schwingungen breiten sich als Schallwellen aus, die Druck- und Dichteschwankungen aufweisen.

Druck- und Dichteschwankungen klingt ja erst mal ziemlich theoretisch. Das rechte Video zeigt einen Versuchsaufbau, bei dem man aber erkennen kann, was das Prinzip dahinter ist:

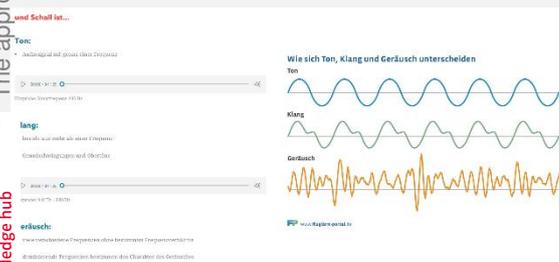
- Das linke Tamburin wird geschlagen, stellt also die Schallquelle dar
- Zwischen linkem und rechtem Tamburin ist ein Abstand von einigen Zentimetern. Die Schallwellen breiten sich aus und ihre Druckschwankungen versetzen die Bespannung des rechten Tamburins in Bewegung. Das sehen wir noch nicht unbedingt aber:
- dadurch wird das Pendel angestoßen und ebenfalls in Bewegung gesetzt.

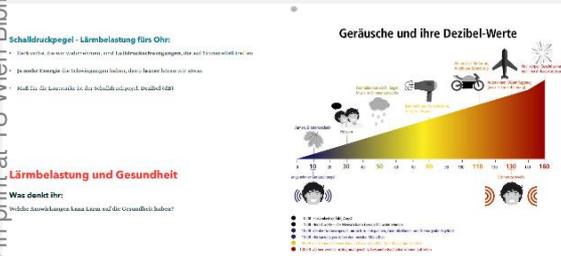
Einen ähnlichen Vorgang haben wir, wenn es um unser Gehör geht:

- Es gibt eine Schallquelle, von der ausgehend Schallwellen zu unserem Ohr gelangen. Die Schallwellen durchqueren den Gehörgang und treffen auf unser Trommelfell, das nun in Schwingung versetzt wird. Und – ähnlich dem rechten Tamburin – werden dadurch auch die drei Gehörknöchelchen im Mittelohr in Schwingung versetzt.
- Diese Schwingungen werden vom Gehirn in eine komplexe akustische Welt rekonstruiert. Dabei werden die Schallinformationen nicht nur dazu verwendet, zur analysieren woher das Geräusch kommt, sondern auch mit Erfahrungswerten, Emotionen und weiteren Sinneindrücken verknüpft.

Umgangssprachlich verwenden wir also Wörter wie „Ton“, „Klang“ oder „Geräusch“ anstelle von „Schall“. Ton, Klang und Geräusche unterscheiden sich in ihrem Aufbau:

- Beim Ton lässt sich der Schalldruckverlauf mit einer Sinuskurve beschreiben. Ein Ton hat immer genau eine bestimmte Frequenz. Frequenz sind die Schwingungen pro Sekunde, die in Hertz angegeben werden. Je größer die Frequenz, desto höher ist der Ton. (Die Lautstärke hingegen wird über die Amplitude bestimmt.) – *Hörbeispiel abspielen*





- Beim Klang gibt es einen Grundton, dem weitere Töne mit einem Vielfachen der Grundfrequenz überlagert sind, auch Obertöne genannt. Die Frequenz des Grundtons bestimmt die Tonhöhe des Klanges, während die Obertöne die Klangfarbe ausmachen. Klänge werden klassischerweise durch Musikinstrumente erzeugt.
- Geräusche enthalten eine Vielzahl verschiedener Frequenzen und auch die Frequenzverhältnisse sind chaotisch. Bei Geräuschen gibt es auch oft keine sich wiederholenden Teile, wodurch eine eindeutige Tonhöhe fehlt. Geräusche entstehen durch das Zusammenspiel vieler Schallquellen und Reflexionen und Brechungen von Schallquellen in der Umgebung. Oft ist eine Frequenz im Vordergrund, die dem Geräusch einen speziellen Charakter verleiht und es von anderen Geräuschen unterscheiden lässt.
In unserem täglichen Leben sind wir zumeist mit Geräuschen konfrontiert, in der Natur und unserem Lebensumfeld ist es unnatürlich, „nur“ Töne oder Klänge zu hören.

Versuch: An dieser Stelle kann die Noise Capture App geöffnet und das Ton-Hörbeispiel noch einmal gespielt werden. Die SchülerInnen werden sehen, dass unter „Spektrum“ der Balken bei 400 Hz zwar hervorsteht, aber auch andere Frequenzen (gleichmäßig) vertreten sind.

Wir haben ja schon gehört, dass Geräusche, die wir wahrnehmen, Luftdruckschwankungen sind, die aufs Trommelfell treffen.

Je mehr Energie die Schwingungen haben, desto lauter hören wir etwas. Das klingt jetzt wieder eher theoretisch, ist aber praktisch einfach erklärt: Tappen wir leicht mit den Fingern auf die Tischplatte/mit den Zehen auf den Boden, hören wir das leise Klopfen. Schlagen wir aber mit der Hand auf den Tisch/treten wir mit dem Fuß auf den Boden, dann ist das Geräusch laut - und wir haben merkbar mehr Energie aufgewandt.

Das Maß für die Lautstärke ist der Schalldruckpegel, angegeben in Dezibel (dB). Wir haben hier jetzt eine Grafik, die uns zeigt, welche Lärmquellen in etwa welchen Dezibelwerten zugeordnet werden können:

- Ein Blätterrascheln oder Atemgeräusche haben ca. 10 dB
- Wenn wir Flüstern ca. 30 dB
- Normale Gespräche kommen auf ca. 50-60 dB
- Ein Staubsauger oder Verkehrslärm nahe der Straße sind da schon lauter und kommen auf ca. 80 dB - und das sind dann auch dazu schon häufig Schallquellen, die wir als „Lärm“ wahrnehmen.
- Ein Motorrad, Motorsäge, eine Autohupe oder auch Disco-Musik kommen auf ca. 100-100 dB
- Düsenflugzeuge oder Autorennen auf 130 dB und bei Schüssen oder Knallkörpern auf 160 dB. Wir sehen auch hier, dass das mit „Schmerzschwelle“ angegeben ist, also wo die Geräusche dem Gehör auch schon wehtun. Und das ist auch gut so, weil es eine eindeutige Warnung und ein Schutzmechanismus ist.
- Auf der anderen Seite noch der Hinweis auf 0 Dezibel: Was denkt ihr, wie der Mensch das empfinden wird?

Lärmbelastung und Gesundheit

Was denkt ihr:
Welche Auswirkungen kann Lärm auf die Gesundheit haben?

Ab 40 dB: Tinnitus- und Konzentrationsstörungen möglich
Ab 50 dB: Hörschäden auch längerer Einwirkung möglich
Ab 55 dB: 20% Nervenzellen können für Stress-Signale auf Umweltsituationen bei längerer Einwirkung
Ab 65 dB: Schlafstörung möglich, vor allem im ländlichen Arbeitsraum
Ab 70 dB: Hörschäden schon nach kurzer Einwirkung möglich

Geräusche und ihre Dezibel-Werte

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120

flüsterndes Gespräch
leises Gespräch
normales Gespräch
Lautgespräch
Straßenlärm
Lärm von Baustellen
Lärm von Fabriken
Lärm von Flugzeugen
Lärm von Motoren
Lärm von Musikinstrumenten
Lärm von Schüssen
Lärm von Feuerwerkskörpern
Lärm von Raketen

● 40 dB: Tinnitus- und Konzentrationsstörungen möglich
● 50 dB: Hörschäden auch längerer Einwirkung möglich
● 55 dB: 20% Nervenzellen können für Stress-Signale auf Umweltsituationen bei längerer Einwirkung
● 65 dB: Schlafstörung möglich, vor allem im ländlichen Arbeitsraum
● 70 dB: Hörschäden schon nach kurzer Einwirkung möglich

Individuelle Lärmwahrnehmung

Dr. phil. Barbara Glöckl
Wie wird Lärm wahrgenommen?

In unserer Lebensrealität ist es so, dass wir eine völlig ruhige Umgebung nicht gewohnt sind, auch nicht in der Nacht. Und üblicherweise befinden wir uns auch nicht in einem isolierten Schallraum, in dem sämtliche Geräusche vermieden werden sollen. 0 Dezibel führen tatsächlich dazu, dass wir uns unruhig fühlen, Einsamkeitsgefühle oder Angst aufkommen.

Exkurs:

Ein Zustand völliger Ruhe (0 dB) wird bei der Ausschaltung von Sinneseindrücken, zB. in bei extremer Isolationshaft erreicht (auch als „Sensorische Deprivation“ bezeichnet). Ein solcher Sinnesentzug hat psychische Auswirkungen wie Unruhe, Einsamkeit, Angst, Aggressivität (kurzfristig) bis hin zu langfristigen Folgen wie Persönlichkeitsänderungen, Halluzinationen, psychischen Störungen und Verhaltensstörungen und Veränderungen biologischer Prozesse wie des Schlafverhaltens. (vgl. Margraf, 2016)

Offene Diskussion in der Gruppe:

Was denkt ihr, welche gesundheitlichen Auswirkungen Lärm haben kann?

- Direkte Auswirkungen (wirken direkt auf den Körper): Gehörschädigungen, Taubheit, Tinnitus, z.B. bei plötzlichem, lautem Lärm (Knall,...) oder bei Dauerbelastungen → darum ist bei bestimmten Berufen oder Tätigkeiten auch das Tragen eines Gehörschutzes vorgeschrieben; Besonders lärmgefährdete Berufe: MitarbeiterInnen der Flugzeugabfertigung, Straßenbauarbeiter, Barkeeper, ArbeiterInnen in Fabriken und landwirtschaftlichen Betrieben, OrchestermusikerInnen, LehrerInnen und KindergärtnerInnen
- Indirekte Auswirkungen (wirken über die vom Gehirn verarbeiteten Schallinformationen): Nervosität, Unruhe, Konzentrations-schwierigkeiten, Schlafstörungen, Herz-Kreislaufkrankungen, Bluthochdruck

Exkurs:

Im Vergleich zu Industrielärm führt Orchestermusik zu deutlich weniger starker Auswirkung auf die Gehörleistung trotz ähnlichem Lärmexpositionspegels. Erklärt wird das in der Medizin damit, dass klassische Musik von sinusförmigen, langsam an- und ab-schwellenden Signalen geprägt ist, während Industrielärm impulsartig auftritt. Auch folgen Pegelschwankungen in der klassischen Musik eher einer natürlichen Normalverteilung, als in der Industrie, wo die Energie eher auf konstante Pegel begrenzt ist. Damit ist Hörverlust bei klassischen Musikern weniger stark ausgeprägt, als dies medizinisch aufgrund der Exposition zu erwarten wäre.(vgl. Feldmann, 2012: S. 257)

Wir haben zuvor schon einmal kurz angesprochen, dass jeder von uns eine andere Vorstellung und Wahrnehmungen von „Lärm“ hat. „Lärm“ ist etwas, das jede/r für sich bewertet und empfindet. Und das können wir jetzt auch gleich noch einmal austesten.

Scannt bitte den QR-Code. Wir hören jetzt gleich wieder ein paar Hörbeispiele. Zu jedem dieser Beispiele gibt es die Frage, ob das, was ihr gerade hört, für euch „Lärm“ ist. Ihr könnt da ganz intuitiv antworten, ohne langes Nachdenken. Und auch ganz wichtig: Es gibt hier kein richtig oder falsch.



Abspielen der Hörbeispiele und Hinweis, jeweils ja/nein zu wählen und weiter zu klicken.

Anschließend „**Zu den Ergebnissen**“ anklicken. Es öffnet sich ein neuer Browser-Tab mit den Ergebnissen. Dieses kann wieder links oben nach Datum gefiltert werden, um nur die zum jeweiligen Abhaltungstermin gehörigen Werte zu erhalten.

Wir sehen also, wir haben unterschiedliche Wahrnehmungen, was Lärm für uns bedeutet. Und weil das jedem Menschen so geht, muss es gewisse Kompromisse im Zusammenleben geben. Durch diese soll sichergestellt werden, dass jede/r einen gewissen Spielraum für seine/ihre Bedürfnisse und Aktivitäten bekommt.

Im Hinblick auf Lärm sind die jeweils geltenden Ruhezeiten ein Mittel, um einen Kompromiss zu finden. Häufig sind diese mit einer Nachtruhe von 22 Uhr bis 7 Uhr festgelegt, zusätzlich kann es in Gemeinden zu gesonderten Ruhezeiten an Sonn- und Feiertagen oder um die Mittagszeit kommen.

Nehmen wir jetzt an, das ist dasselbe Haus: einmal um 22 Uhr und einmal um 7 Uhr:

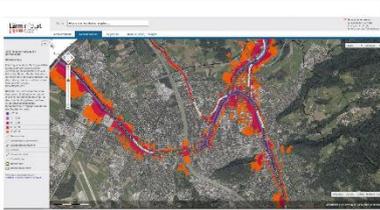
- Um 22 Uhr haben wir hier folgende Interessen von Menschen: Es gibt Jugendliche, die gerne den Fußballplatz nebenbei nutzen möchten. Es gibt Senioren und Familien, die sich zu der Zeit ins Bett begeben möchten, es gibt eine Wohngemeinschaft die gerne eine Party schmeißen möchte und eine/n SchülerIn, die auf eine Prüfung lernen will.
Würde in diesem Setting jede/r machen, was er/sie will, hätten die Fußballspielenden und Partywilligen, die zufrieden wären (*grün markiert*). Pensionisten, Familien und SchülerIn/Studentin hingegen wären vom Lärm gestört (*rot*).
- Sehen wir dasselbe Haus jetzt um 7 Uhr noch einmal an: Familien und Pensionisten stehen auf, Frühstücken, fahren zur Arbeit. Draußen kommt die Müllabfuhr und Vögel zwitschern. In diesem Setting werden sich nun eher die Partyleute – sowie (wieder) der/die Lernende durch Lärm gestört fühlen.

Generell sind auch weitere Hintergründe der persönlichen momentanen Verfassung mitausschlaggebend, ob etwas als „Lärm“ empfunden wird oder nicht, zB.:

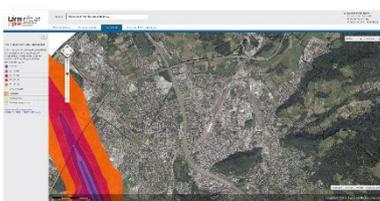
- Ruhebedürfnis: will ich schlafen? Lernen oder mich konzentrieren? Mich entspannen?
- Persönliche Einstellung zur Schallquelle: positive oder negative Assoziationen mit der Schallquelle beeinflussen ebenfalls das individuelle Lärmempfinden
- Dauer der Exposition: Ein einmaliges, kurzes Hämmern, Bohren oder Alarmgeräusch (Autoalarmanlage, Brandmelder,...) wird eher akzeptiert als wiederkehrende Exposition.
- ...



2017 Schienenverkehr: 24h-Durchschnitt



2017 Flugverkehr: 24h-Durchschnitt



Wir haben gerade Ruhezeiten als Lärmschutz vor nachbarschaftlichen Aktivitäten besprochen. Aber wie werden wir sonst noch vor Lärm geschützt?

Lärmkarten werden für Städte mit mehr als 100.000 Einwohnern erstellt (und auch entlang von Bahntrassen und Flughäfen). Diese dienen als Einschätzung für den zu erwartenden Lärm, meist als Durchschnittswert für einen bestimmten Zeitraum wie 24 Stunden.

Wie werden Lärmkarten erstellt?

- Üblicherweise werden die auf der Karte gezeigten Lärmwerte errechnet, also nicht direkt gemessen, was für jeden einzelnen Punkt ja auch schwer möglich wäre.
- Die Berechnung erfolgt standardmäßig für 4m über dem Boden
- Berechnet werden die Dezibelwerte auf Grundlage der Verkehrsstärke (die durch Zählungen, Messungen und weiter Modellierung bekannt sind) sowie unter Einbezug von Gelände und Bebauung.
- Sie stellen aber tatsächlich keine richtigen, gemessenen Werte dar und werden auch immer nur für bestimmte Lärmerreger, nämlich Straßenverkehr, Eisenbahnverkehr, Luftverkehr und bestimmte Industrieanlagen erstellt.

Was kann man hier erkennen?

Die höchste Lärmkonzentration erfolgt entlang der Autobahn und Hauptverkehrsachsen.

Hier sieht man noch einmal separat, wie sich der Lärm entlang von Eisenbahnstrecken ausbreitet.

Lärmkarten für Eisenbahnen erlauben es, gezielt an den Bahnstrecken Maßnahmen zum Lärmschutz für AnrainerInnen zu treffen, wie z.B. Lärmschutzwände oder eine niedrige Fahrgeschwindigkeit.

Beim Flugverkehr sehen wir eine starke Lärmkonzentration im Bereich des Flughafens. Da die Berechnung standardmäßig für 4m über dem Boden durchgeführt wird, ist beispielsweise die Lärmbelastung von Einflugschneisen nicht repräsentiert.

Die Lärmbelastung durch Flugverkehr ist im Übrigen ein häufiger Grund dafür, dass sich BürgerInnen zu Bürgerinitiativen zusammenschließen und auch selbst Lärm messen.

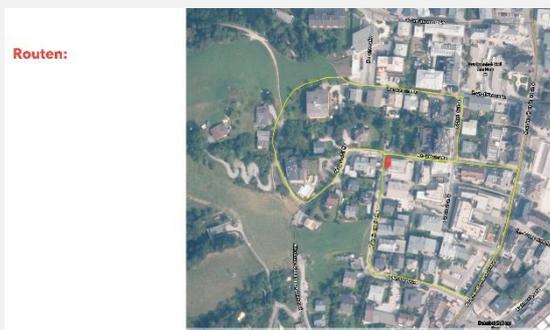
Es gibt hier einige Initiativen und Projekte, bei denen sich BürgerInnen als „Citizen Scientists“ - also BürgerwissenschaftlerInnen - beteiligen, um Lärmdaten aufzunehmen und diese als Argumentationsbasis für Diskussionen mit Politik und Verwaltung nutzen.

Solche gemeinsam erfassten Daten können auch zur **Erstellung partizipativer Lärmkarten** genutzt werden. Partizipativ bedeutet, dass die Betroffenen oder Interessierten an der Kartenerstellung mitwirken. Das hat den Vorteil, dass wir nun tatsächlich Werte messen, die real existieren - und nicht berechnet sind.

Partizipative Lärmkartierung -

It's your turn!

- Verwendung von Smartphones/Tablets
- Noise-Capture App
- Kalibrierung!
- Rundgang mit Lärmmessung (Schallpegelmessung)
- Im Anschluss: Diskussion der Ergebnisse

Und genau das machen wir jetzt auch: Wir werden jetzt auch Lärmdaten erheben, mit denen wir zu einer partizipativen Lärmkarte beitragen.

Das heißt, wir gehen jetzt dann hinaus, messen den Schallpegel und können uns gleich im Anschluss, wenn wir zurückkommen, ansehen, welche Daten ihr erhoben habt.

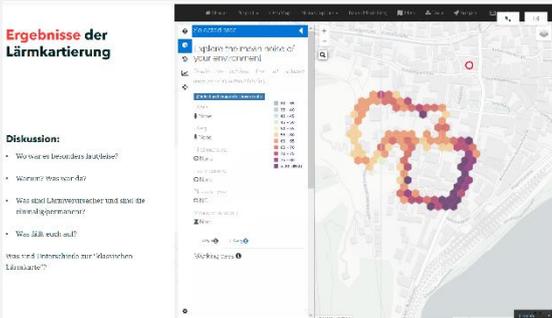
Nehmt dazu bitte die Tablets mit und öffnet die *Noise Capture App*.

Hier seht ihr die Routen, die wir gehen werden.

Es können dazu ggf. noch die Anleitungsblätter mit den Routen ausgeteilt werden, wenn diese für den Standort vorbereitet wurden.

Ganz wichtig sind bei der Datenaufnahme ein paar Regeln:

- Auch wenn es schwierig ist: während des gesamten Rundgangs NICHT SPRECHEN – das verfälscht das Ergebnis.
- Eigene Lärmverursachung ist zu vermeiden
- Das Gerät vor euch halten, das Mikrofon muss frei bleiben
- Langsames Fortbewegen oder Verweilen an einem (insbesondere ruhigen) Ort ist für die Schallpegelmessung von Vorteil.



Nach dem Zurückkehren: Aufnahme stoppen und hochladen (Messung gültig). Darauf hinweisen, dass die „Beschreibung“ zu den Messungen ausgefüllt werden. Die Beschreibung erlaubt die Annotation von Messbedingungen (Wind, Regen, Innenmessung,...) sowie Hauptlärmquellen (Straße, Industrie, Arbeitsumgebung,...).

Besprechen der Ergebnisse:

- Was sehen wir hier? Was bedeuten die Farben? Was bedeuten die Werte?
- Was fällt uns hier auf: Wo ist es besonders laut? Wo ist es besonders leise?
- Was war an den Stellen, wo es besonders laut/leise war?
- Was bedeuten die Werte beispielsweise für Leute, die hier wohnen? Wo ist es schätzungsweise teurer/billiger zu wohnen?
- Was könnte Einfluss auf die Messungen haben, dass diese so nicht stimmen?
 - Geräusche, die man selbst verursacht z.B. gehen über Kies (lassen sich Geräusche kaum vermeiden) - Messungen im (still) Stehen wären hier besser;
 - Windgeräusche
 - Tablets/Smartphones messen nur auf einige Dezibel genau
 - Smartphones/Tablets haben Mikrofone, die monodirektional aufnehmen. Externe Mikrofone nehmen die Geräusche aus allen Richtungen besser auf und reagieren auch nicht so sensibel auf Windgeräusche
 - GPS-Position wird nicht genau erfasst: manche Messzellen sind über Häusern abgebildet, wenngleich wir uns dort nie befunden haben (könnte man fälschlicherweise als Indoor-Messung annehmen)
- Wie ist die Aussagekraft einer solchen partizipativen Lärmkarte im Vergleich zu einer traditionellen Lärmkarte?
Zusammenfassend noch einmal auf die Charakteristika partizipativer Lärmerhebung im Vergleich zu errechneten/modellierten Lärmkarten eingehen
 - Kurzzeitige Lärmphänomene identifizieren (Rasenmäher)
 - Tendenziell eher konstante Lärmverursacher identifizieren

Anmerkungen:

Der Upload von Messungen mehrerer TeilnehmerInnen auf die Noise Capture Map benötigt unter Umständen einige Minuten!

Diese Karte kann - bei Fertigstellung - durch eine andere Webapp ersetzt werden.

9.3 Feldtest und Selbstevaluation

Um sicherzustellen, dass das Modul nicht nur in einer theoretisch ausgearbeiteten, benutzungsfertigen Version vorliegt, sondern sich auch tatsächlich in der praktischen Durchführung bewährt, wurde eine mehrstufige Selbstevaluation vorgenommen und das Modul nach ersten Erkenntnissen für Verbesserungen angepasst. Die Selbstevaluation bestanden aus Testabhaltungen, probenhaften Abhaltungen vor Kollegen sowie dem Feldtest, bei dem das Modul zweimal mit SchülerInnen abgehalten wurde. Außerdem wurde von zwei Kollegen, die jeweils während der Moduldurchführungen assistierend anwesend waren, ex-post kollegiale Hospitationen durchgeführt.

9.3.1 Methodische Grundlagen der Selbstevaluation

Der methodische Ansatz der Selbstevaluation besteht darin, das eigene professionelle Handeln zum Gegenstand der Evaluation zu machen: Jene, die ein Programm durchführen, sind zugleich auch EvaluatorInnen. Der praxisgestaltende und evaluierende Akteur bestimmt also die Evaluationszwecke, Fragestellungen, Design sowie Durchführung der Evaluation als auch die Verwendung der Ergebnisse. Die Methode ist seit den 1990er Jahren im Bildungsbereich (im schulischen Bereich, zunehmend aber auch im Hochschulbereich) verbreitet (vgl. Schobert, 2019).

Die Logik der Selbstevaluation knüpft dabei an die Leitideen der rekonstruktiven („qualitativen“) Sozialforschung an. Analytisch kann zwischen einer tendenziell forschungsorientierten und praxisorientierten Selbstevaluation unterschieden werden, wobei letztere für die Selbstevaluation des Lärmmoduls von Interesse ist (vgl. Schobert, 2019). Im deutschsprachigen Raum wurde der Ansatz durch Arbeiten zu den Methoden und Verfahren der Kompetenzbilanzierung aufgegriffen. PREIBER nennt dabei zwei Alternativen, die in der Praxis häufig kombiniert werden (vgl. Preißer, 2007: S. 5-6):

- die Fremdbeobachtung/-bewertung: typische Verfahren sind dabei Präsentationen, Arbeitsproben, Tests, Prüfungen,...
- Selbstbeobachtung/-bewertung: typisch zur Kompetenzbilanzierung durch Selbstbewertung sind hierbei häufig narrative Verfahren

Im englischsprachigen Raum wird die angewandte Selbstevaluation mit der Ausrichtung der *Empowerment*¹¹ Evaluation nach FETTERMAN in Verbindung gebracht werden (VGL. FETTERMAN & WANDERSMAN, 2005: S. 2). Der *Empowerment Evaluation* Ansatz dient Einzelpersonen oder Gruppen dazu, die eigene Performance zu evaluieren und die gesteckten Ziele zu erreichen. Dabei gibt es zwei Strömungen: die praxisorientierte und die transformative.

¹¹ *Empowerment* bezeichnet Strategien und Maßnahmen, welche den Grad an Selbstbestimmung für Menschen oder Gemeinschaften erhöhen sollen und dadurch ermöglichen, die eigenen Interessen selbstverantwortlich und selbstbestimmt zu vertreten. Prozess und Unterstützung zur Selbstbemächtigung sollen dazu dienen, (gefühlte) Macht- und Einflusslosigkeit zu überwinden, indem Gestaltungsspielräume und Ressourcen aufgezeigt, wahrgenommen und genutzt werden.

- Die *Practical Empowerment Evaluation* weist ähnliche Züge auf wie die formative Evaluation, die zur Bewertung und Verbesserung von Prozessen in einem definierten Zeitraum zu vorab definierten Kriterien eingesetzt wird, z.B. Was ist das Lernziel? Was hat man schon erreicht? Was benötigt es noch zur Zielerreichung? Die formative Ausrichtung setzt eine Akzentuierung auf individuelle Entwicklungsprozesse und ist häufig im pädagogischen Bereich zu finden. Tendenziell handelt es sich um nicht-standardisierte („qualitative“) Verfahren der Kompetenzerfassung die eine aktivitätsfördernde Selbststärkung (*Empowerment*) betont (vgl. Fetterman, 2017; Preißer, 2007: S. 6).

Die praktische *Empowerment Evaluation* ist auf Problemlösung ausgerichtet, wie ein Programm oder eine Performance bzw. das Output zu verbessern. Damit ist diese Strömung auch gut geeignet, um die Performance der Lärmmodulabhaltung zu evaluieren.

- Die *Transformative Empowerment Evaluation* hebt Aspekte der psychologischen, sozialen und politischen Macht von Befreiung und Selbstbestimmtheit hervor. Der Fokus liegt dabei auf dem Aufbrechen konventioneller Rollen und Organisationsstrukturen oder der Weise, wie Dinge erledigt werden. In dieser Strömung ist der *Empowerment*-Gedanke expliziter und wesentlich stärker ausgeprägt (vgl. Fetterman, 2017).

Damit ist diese Strömung weniger für die Modulevaluation interessant, im Hinblick auf Citizen Science Projekte und insbesondere deren organisatorische Ausgestaltung, die wesentlich für die Aufrechterhaltung der Teilnahmemotivation mitverantwortlich ist, kann diese Methode aber hilfreiches Input liefern (vergleiche Kapitel 7.2.1).

Im Zuge der Empowerment Evaluation wird die Praxis (*the real*) gegenüber dem gewünschten Output bzw. der Zielsetzung (*the ideal*) abgeglichen. Dies stellt einen iterativen Prozess dar. Nach einem ersten Vergleich wird Bilanz gezogen und das Produkt abgepasst, um die Diskrepanz zwischen Bestand und Zielzustand zu verringern (vgl. Fetterman, 2017). FETTERMAN benennt fünf Schlüsselkonzepte für *Empowerment Evaluation*, wovon auf drei hier besonders eingegangen wird (vgl. Fetterman, 2017):

1. **Einen kritischen Freund:** dieser begleitet das Vorankommen des Programms, glaubt an seinen Nutzen und bietet konstruktives Feedback.
Dieses Konzept fand im wiederholten Feedback durch den Co-Betreuer der Diplomarbeit Dipl.Ing. Christoph Kirchberger, sowie Arbeitskollegen Entsprechung. Zur praktischen Modulabhaltung wurde außerdem im Zuge einer kollegialen Hospitation das Feedback von zwei Kollegen eingeholt (im Anhang).
2. **Zyklen der Reflexion und Aktion** in denen das Programm analysiert, geändert und aufs Neue erprobt wird.
3. **Reflexive PraktikerInnen**, die ihre Entscheidungen zur Aktivitätsausgestaltung auf selbstreflexive Überlegungen gründen. Damit geht einher, die eigene Arbeit kritisch

zu betrachten, zu hinterfragen und Entscheidungen zu treffen, in welchen Bereichen noch Verbesserungspotenzial besteht.

Einhergehend mit den Prinzipien der *Practical Empowerment Evaluation* nach FETTERMAN baut die Selbstevaluation des Lärmmoduls auf die Aspekte Fremdbeobachtung/-bewertung durch kollegiale Hospitation sowie Selbstbewertung, wie nachfolgend näher dargelegt wird.

9.3.2 Von der Probe zum Feldtest: Erkenntnisse aus Selbst- und Fremdevaluation

Testweise Abhaltungen:

In einem fortgeschrittenen Stadium der Modulausarbeitung wurden drei Abhaltungen ohne Publikum zu Testzwecken getätigt. Diese dienten:

1. Zur Überprüfung, ob die technische Ausarbeitung – insbesondere im Hinblick auf diverse Einbettungen (iFRAMES externer Webinhalte, Links, Survey, Abspielen der Audiofiles,...) – reibungslos funktioniert.
2. Zur Identifikation fehlender oder überflüssiger Präsentationselemente, um eine thematische Abrundung zu erreichen.
3. Zur Überprüfung der Moduldauer: Das Modul soll binnen von max. 60 Minuten abgehalten werden können. Davon entfallen ca. 25 Minuten auf die Einleitung und den theoretischen Teil, ca. 15 Minuten (je nach Ausgestaltung der Route und Gehgeschwindigkeit) auf die praktische partizipative Lärmmessung und ca. 15 Minuten auf die folgende Nachbesprechung der Ergebnisse und Diskussion.

Bei der dritten Testabhaltung wurde der theoretische Rahmen binnen 23 Minuten abgehandelt, wodurch sich ausreichend Zeit für den praktischen Teil ergeben hat. Für den praktischen Teil wurden zwei kleinere Rundgänge absolviert, und nach Ende der Datenaufnahmen ein direkter Upload an die *Noise Capture* Datenbank geschickt. Die Werte konnten im Anschluss sofort auf der *Noise Map* begutachtet werden.

Probeabhaltung:

In einer Probeabhaltung vor Kollegen wurde noch einmal überprüft, ob das Modul technisch reibungslos funktioniert, der theoretische Teil verständlich vermittelt werden konnte, die Modulpräsentation im Zeitrahmen bleibt und wo gegebenenfalls noch Verbesserungsmöglichkeiten bestehen.

Die technische Handhabung funktionierte reibungslos, die Verwendung unterschiedlicher Medien und der Miteinbezug durch Abstimmungen und Diskusionselemente wurden positiv gesehen. Kleinere Inputs zu den Präsentationsinhalten wurden aufgenommen und in den Materialien angepasst. Die Moduldauer blieb wiederum im geplanten Rahmen.

Selbstevaluation der beiden praktische Moduldurchführungen:

Aufgrund der Corona-Situation verzögerte sich die praktische Moduldurchführung. Ein ursprünglich für Ende Juni 2020 geplanter Workshop in der Seestadt Aspern musste abgesagt werden. Die Gelegenheit, das Modul praktisch abzuhalten, ergab sich im Rahmen der MINT Ferienprogramme von Arbeiterkammer und BFI an den Standorten Zell am See am 27.08.2020 sowie Tamsweg am 8.09.2020. Das Modul wurde jeweils mit Unterstützung eines Kollegen durchgeführt, der bei Bedarf Hilfestellung bei der technischen Handhabung der Tablets und Apps bot und die Begleitung einer der beiden vordefinierten Routen zur Lärmmessung übernahm. Bereits im Zuge der Vorbereitungen auf die Workshops wurde durch Anfragen vorab sichergestellt, dass WLAN an den Standorten verfügbar ist.

Für die Gruppen mit acht (Zell am See) und zehn (Tamsweg) Kindern wurden 15 Tablets mitgenommen (um ggf. Reserven bei Ausfällen ausgleichen zu können), auf denen ein QR-Scanner und die Noise Capture App vorinstalliert waren.

Nachfolgend die selbstevaluierenden Einschätzungen zum Modul:

- **Technischer Ablauf:**

Zell am See: der technische Ablauf gestaltete sich im Großen und Ganzen fließend. Zwei jüngere Teilnehmer waren etwas unsicher im Umgang mit den Tablets hinsichtlich QR-Codes scannen und dem freien Ausfüllen des ersten Surveys (Was ist Lärm? Was sind Lärmverursacher?). Das Ausfüllen des zweiten Surveys (Hörbeispiele: Was sagst DU - ist das Lärm für dich?) auf Basis von ja/nein Antworten funktionierte reibungslos. Die Aufnahme der Lärmdaten bei den Rundgängen mittels Tablets und Noise Capture App funktionierte für alle TeilnehmerInnen ohne Probleme. Hinsichtlich der technischen Komponenten gab es lediglich ein nennenswertes Manko: Das Hochladen der Lärm-messwerte auf die Noise Capture Map dauerte deutlich länger als bei zuvor durchgeführten Tests (ca. 7 Minuten).

Tamsweg: der technische Ablauf funktionierte, bis auf ein Tablet, das aufgrund einer sehr schlechten Verbindung zum schwachen WLAN getauscht wurde, gut. Das Laden der Umfragen (Survey123) beanspruchte etwas mehr Zeit als üblich (bei schlechtem WLAN-Empfang). Die Lärmdatenaufnahme funktionierte reibungslos. Auch in Tamsweg dauerte das Hochladen der Lärmdaten länger als bei den Einzeltests (ca. 15 Minuten). Auch das Einrichten eines mobilen WLAN-Hotspots über Smartphone brachte keine Beschleunigung, das Problem scheint daher auf Seiten der *Noise Map* Infrastruktur zu liegen.

- **Mitwirkung der Beteiligten:**

Zell am See: Die Bereitschaft, sich aktiv auf die Fragestellungen und in die Diskussionen des Moduls einzulassen war sehr hoch. Es kam zu einem intensiven Austausch von

Meinungen und Erfahrungswerten. Der didaktische Bezug zur Lebensrealität der TeilnehmerInnen (didaktische Rekonstruktion) kann als sehr gut gelungen bezeichnet werden, worauf die regen Wortmeldungen und Erzählungen von Begebenheiten aus dem eigenen Erfahrungsschatz schließen lassen. Positiv aufgefallen ist, dass die Überleitung von den Hörbeispielen zu den Kompromissen im Lebensalltag durch die TeilnehmerInnen selbst vorgenommen wurde, indem das Thema bei der Diskussion der Hörbeispiele bereits aufgebracht wurde. Dies wird als Hinweis auf einen funktionierenden „roten Faden“ durchs Modul gewertet.

Tamsweg: Die Motivation zur Diskussion und Austausch war wieder sehr hoch; Im Vergleich zu Zell am See war der Altersschnitt etwas niedriger und die Abhaltung insgesamt ein wenig unruhiger. Möglicherweise ist dies auch darauf zurückzuführen, dass zuvor bereits ein Modul abgehalten wurde und nur eine kurze Pause vor dem Lärmmodul möglich war.

- **Lärmmessungen** - Rundgang: Aufgrund der geringen Teilnehmerszahlen sowie um Aufsicht und Betreuung der jungen Altersklasse sicherzustellen wurden für die Rundgänge jeweils zwei Routen ausgewählt. Die Auswahl erfolgte anhand der Überlegung, Streckenabschnitte mit verschiedenen Qualitäten in die Route miteinzubeziehen: Hauptstraßen, Wohngebiete, Wiesen und Parks sollten für eine abwechslungsreiche Lärmumgebung sorgen.

Zell am See: Eine Route führte den Stadtrand entlang auf Seitenstraßen und über ein Wiesengrundstück. Die zweite Route durch städtisches Gebiet zur Hauptstraße und zurück. Die zuvor besprochenen Anleitungen zum Lärm messen (selbst keine Geräusche machen, reden, Haltung des Tablets - um keine Verfälschung der Ergebnisse zu bewirken) wurden von den TeilnehmerInnen auf dem gesamten Rundgang konsequent eingehalten.

Tamsweg: Es wurde durch die TeilnehmerInnen großes Interesse daran bekundet, selbst Messungen durchzuführen. Die Anleitungen zum korrekten Lärm messen wurden allerdings nur zum Teil eingehalten (Reden, Kichern am Rundgang). Obwohl bei der Wahl der Strecken Wert auf eine abwechslungsreiche Strecke (Hauptstraße, Nebenstraßen, Park) gelegt wurde, kam diese in den erhobenen Werten weniger stark zum Ausdruck als erwartet.

- **Diskussion der Ergebnisse:** Die Wartezeit, bis die Lärm messwerte auf der Noise Capture Map erschienen, wurde mit einer kurzen Pause überbrückt. Diese tat dem Interesse an den visualisierten selbst gesammelten Messwerten keinen Abbruch: Besprochen wurde, was der Lärmkarte generell an Informationen zu entnehmen ist, Streckenabschnitte die tendenziell lauter/leiser waren; Auf besonders hervorstechende - laute sowie leise - Punkte wurde näher eingegangen indem die Frage aufgebracht wurde, ob

sich die TeilnehmerInnen erinnern können, welche Bedingungen an diesen Stellen herrschten und was dort passierte. Diesen Faktoren auf den Grund zu gehen stieß bei beiden Moduldurchführungen auf besonders großes Interesse. Darüber hinaus wurden auch weitere potenzielle Einflussfaktoren besprochen, die sich gegebenenfalls verfälschend auf die Ergebnisse und die kartografische Darstellung auswirken können: Windgeräusche, Gehgeräusche, Sprechen, aber auch ungenaue Positionierung (Werte, die Häusern anstatt der begangenen Route auf dem Gehsteig zugewiesen wurden).

Zell am See: Die charakteristischen Unterschiede der beiden gewählten Routen kamen in der kartographischen Visualisierung gut zum Vorschein: Die innerstädtische Route erbrachte wie erwartet deutlich höhere Schallpegelwerte als die Route am Stadtrand. Mit den TeilnehmerInnen konnte dazu auch über den vermuteten Einfluss auf dort wohnende Personen und Immobilienpreise diskutiert werden.

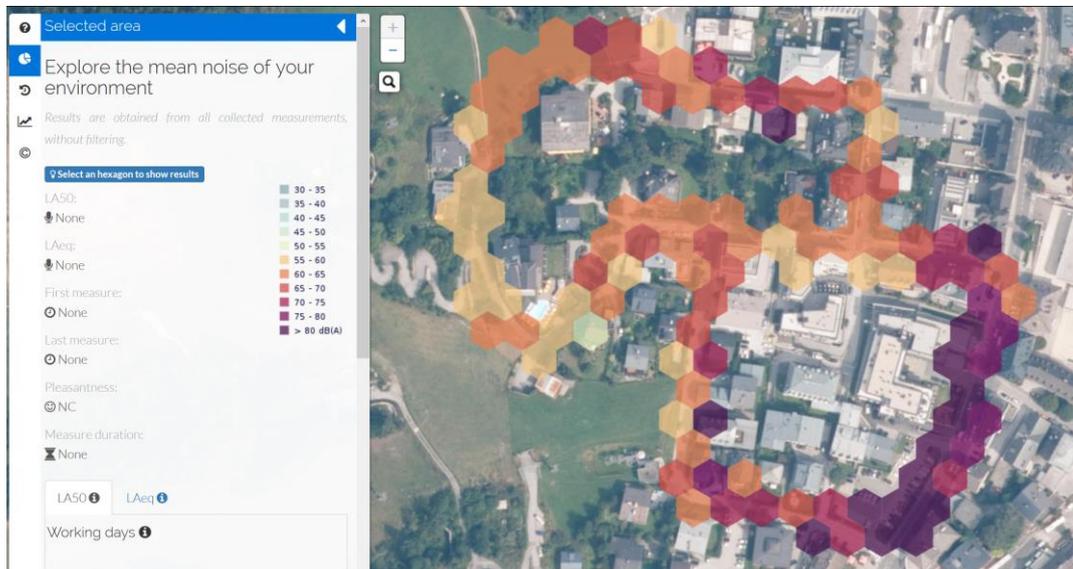


Abbildung 28: Partizipative Lärmkartierung der TeilnehmerInnen vom MINT Ferienprogramm in Zell am See vom 27.08.2020 im Bereich Brucker Bundesstraße bis Nikolaus-Gassner-Promenade. Quelle: Noise Planet, o. D.

Tamsweg: Die Charakteristika der Routen traten weniger stark zum Vorschein als erwartet, vermutlich auch teils bedingt durch eine reduzierte Aufnahmedisziplin. Das Interesse der TeilnehmerInnen an der Diskussion und Interpretation der gesammelten Werte war aber (trotz der nahenden Mittagspause) sehr hoch, sodass neben den selbst gesammelten Werten zum Vergleich auch die Werte der Gruppe aus Zell am See angeregt diskutiert wurde.

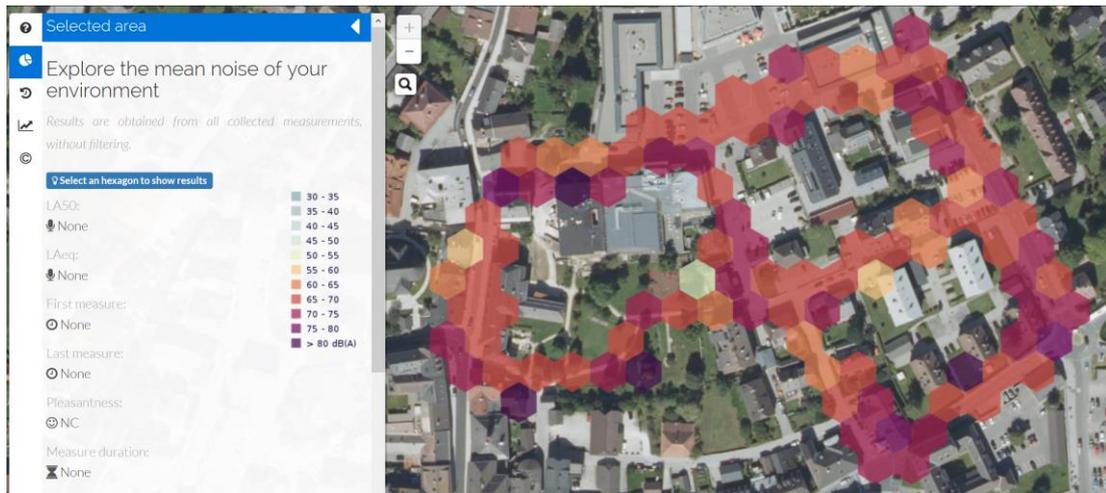


Abbildung 29: Partizipative Lärmkartierung mit TeilnehmerInnen des MINT Ferienprogramms in Tamsweg vom 08.09.2020 im Bereich Kirchengasse bis Friedhofsstraße. Quelle: Noise Planet, o. D.

Kollegiale Hospitation:

Im Zuge der Nachbereitungen der Moduldurchführungen wurden zwei kollegiale Hospitationen durchgeführt. Diese dienen der professionellen Rückmeldung auf Basis der Unterrichtsbeobachtung und trägt zur Neubewertung der eigenen Arbeit durch einen Blickwinkel von außen bei. Das kollegiale Feedback wird als wirksame Methode gesehen, mehr über den eigenen Unterricht zu erfahren. Sie baut dabei auf eine Kultur gegenseitiger Unterstützung und ist dann erfolgreich, wenn Offenheit und Bereitschaft zum Annehmen von Kritik gegeben sind. Die kollegiale Evaluation wird durchgeführt, indem der Unterricht einer/s KollegIn besucht wird und Feedback zu vorab festgesetzten Beobachtungsschwerpunkten geleistet wird. Dabei können sich die Beobachtungen auf die Häufigkeit eines bestimmten Verhaltens beziehen (quantitative Form) oder die Art des Verhaltens und das Wechselspiel zwischen den Personen betrachtet werden (qualitative Form) (vgl. Bundesministerium für Bildung und Frauen, 2018: S. 1-3).

Die kollegiale Hospitation des Lärmmoduls erfolgte durch eine qualitative Workshopbeobachtung.¹² Dabei wurde das Beobachtungsraster des BUNDESMINISTERIUMS FÜR BILDUNG UND FRAUEN herangezogen (vgl. Bundesministerium für Bildung und Frauen, 2018: S. 4). Die ausgefüllten Beobachtungsraster befinden sich im Anhang.

Aus den Erfahrungen lassen sich folgende Empfehlungen für die Moduldurchführungen geben:

- Die TeilnehmerInnen haben an beiden Abhaltungsterminen eine sehr hohe Motivation an Mitwirkung und Diskussionsbereitschaft gezeigt. Im Hinblick auf das Alter der TeilnehmerInnen, die mit 11-15 Jahren doch jünger waren als die angestrebte Zielgruppe

¹² Die quantitative Form der Unterrichtsbeobachtung ist eher selten, kann im Hinblick auf klar definiertes Verhalten aber ebenfalls sinnvoll sein und durch qualitative Beobachtungen supplementiert werden (Bundesministerium für Bildung und Frauen, 2018: S. 4).

der 14-19-jährigen, hat sich gezeigt, dass ausreichend Pausen und Erholungszeit vor der Moduldurchführung förderlich sind.

- Ein guter WLAN-Empfang ist empfehlenswert: Während die Storymap mit den Präsentationshinhalten sich auch bei niedrigem Empfang normal verhalten hat (keine deutlich verlängerten Ladezeiten, Einfrieren, ...) benötigt das Öffnen und Senden der Umfragen (Survey123) über QR Codes einige Sekunden länger als gewöhnlich.
- Die Aufnahmedisziplin der TeilnehmerInnen ist ausschlaggebend dafür, wie genau die Schallpegelmesserte erfasst werden (Gefahr der Verfälschung durch eigene Geräuscherzeugung) und wie aussagekräftig die Ergebnisse sind, die im Anschluss diskutiert werden. Hier bedarf es den Willen der TeilnehmerInnen, sich an die Regeln zu halten. Gegebenenfalls muss hier überdacht werden, wie mit unkooperativem (Aufnahme)Verhalten zu verfahren ist, damit Einzelfälle nicht die (aggregiert dargestellten) Messergebnisse hinsichtlich der Aussagekraft negativ beeinflussen.
- Die *Noise Capture Map* sollte erfasste Lärmmessungen in „real-time“ hochladen: Bei einzelnen, kürzeren Messungen passiert dies tatsächlich nahezu unmittelbar nach dem Upload. Bei mehreren Messungen auf längeren Routen benötigt der Upload einige Minuten (was sich verzögernd auf den Modulabschluss auswirken kann), der Erfahrungswert liegt hier bei 7-15 Minuten Uploadzeit für rund zehn Kinder und einen Rundgang von ca. zehn Minuten. Hier kann gegebenenfalls das Ersetzen der *Noise Capture Map* durch die erwähnte Leaflet-Webmap zu einer Beschleunigung führen.
- Das Modul bietet großes Potenzial, einzelne Aspekte der Präsentation ausgiebig zu diskutieren, persönliche Erfahrungen zu teilen und zusätzliche Inputs einzubauen. Wichtig ist jedenfalls, aufgrund der zur Verfügung stehenden Zeit abzuschätzen, wieviel Raum man der Diskussion lassen möchte, um im Zeitrahmen zu bleiben.

10 Resultate

Partizipative Lärmkartierung kann ein interessanter Ansatz sein, um konventionell erstellte, auf Modellierung beruhende strategische Lärmkarten zu komplementieren. Ihren Nutzen können sie im Bereich der Bewusstseinsbildung, aber auch zur datenbasierten Argumentation in der Kommunikation mit Verantwortlichen aus Politik und Verwaltung entfalten. Die Recherche hat aber gezeigt, dass sich Citizen Science, die in Partnerschaft mit Behörden stattfindet und auf ein gemeinsames Ziel ausgerichtet ist, bewähren kann. Als Best-practise-Beispiel wurde hier auf das SONYC Projekt aus New York verwiesen (vgl. Bello, Silva et al., 2018).

Die im Zuge der Arbeit durchgeführten Testaufnahmen mit unterschiedlichen mobilen Endgeräten verdeutlichen aber auch eine Problematik, auf die auch in der wissenschaftlichen Literatur häufig hingewiesen wird: Die Genauigkeit von Aufnahmen mit Smartphones (oder Tablets) erreicht unter realen Bedingungen zumeist nicht jene, wie sie professionelle Schallmessgeräte aufweisen (vgl. Celestina, Hrovat et al., 2018; Kardous & Shaw, 2014). Bei den eigenen Messungen variierte die Messung per Smartphone/Tablet variierte der Dezibelbereich im Vergleich zu einem Schallpegelmessgerät (Klasse 2) um bis zu +12 dBA (im Bereich bis 50 dBA), während es im Bereich 80-100 dBA eine Abweichung von +4-8 dBA kam. Die Verwendung eines externen Mikrofons kann das Messergebnis verbessern, externe Mikrofone werden aber bei den Moduldurchführungen nicht für alle TeilnehmerInnen verfügbar sein. Laut Literatur sind hierfür die unterschiedlichen Hard- und Softwarekomponenten der Hersteller und ihrer Gerätemodelle, sowie vor allem die fehlende Einhaltung von Sensor-Standards verantwortlich (vgl. Celestina, Hrovat et al., 2018: S. 119; Kardous & Shaw, 2014: S. 191-192; Raphaël Ventura, Vivien Mallet, Valérie Issarny et al., 2017: S. 3084).

Zudem werden in der Regel bei partizipativen Messungen der A-bewertete Schallpegel gemessen (dbA), während zur Erstellung von Lärmkarten der energieäquivalente Dauerschallpegel L_{eq} ausgezeichnet wird. Ein einfacher Umrechnungsfaktor zwischen den beiden existiert jedoch nicht, dies wäre nur bei der Messung einzelner Frequenzen möglich (vgl. Sengpiel, o. D.). Hinsichtlich der menschlichen Lärmwahrnehmung - und dem Ziel der Lärminderung zur Vermeidung negativer gesundheitlicher Auswirkungen - ist jedoch die Angabe des A-bewerteten Schallpegels, der auch den Einfluss auf die menschliche Wahrnehmung abbilden soll, durchaus als relevant zu erachten.

So zeigt sich auch bei der Gegenüberstellung und dem Vergleich der unterschiedlichen Lärmerhebungsmethoden eine gewisse Varianz in den gemessenen Werten: Die mit dem Schallpegelmessgerät (Klasse 2) erhobenen dbA-Werte liegen unter den dB Werten, die auf der Lärmkarte ausgewiesen sind (wobei dbA-Werte insbesondere bei lauten Geräuschen immer zu niedrig gemessene Werte ergeben). Die Messung von dbA per Tablet ergab wiederum Werte, die über jenen der Lärmkarte lagen. Die Berechnung der dB-Werte nach RVS kam - trotz der geringen

Stichprobe der Verkehrszählung (15 min vormittags zwischen 10:00 Uhr und 11:30) überraschend nahe an die in der Lärmkarte ausgewiesenen Werte heran. Die Tendenz zu etwas höheren Werten könnte darauf zurückzuführen sein, dass das in den 15 min erfasste Verkehrsaufkommen auf einen Tageswert hochgerechnet wurde, wenngleich das nächtliche Verkehrsaufkommen in der Realität deutlich niedriger ausfallen wird.

Messungen Salzburg Itzling

Ortsbereich	24h-Wert:			
	Schallpegelmessgerät (Trotec, Klasse 2)	Tablet mit Noise Capture App	Berechneter Wert nach Verkehrszählung und RVS	Lärmkarte
Rosa-Kerschbaumer-Straße	70,6 dBA	82,5 dBA	78,8 dB	70-75 dB
Austraße 3	59 dBA	75,1 dBA	66,23 dB	65-70 dB
Austraße 35	42 dBA	66,7 dBA	61,11 dB	55-60 dB

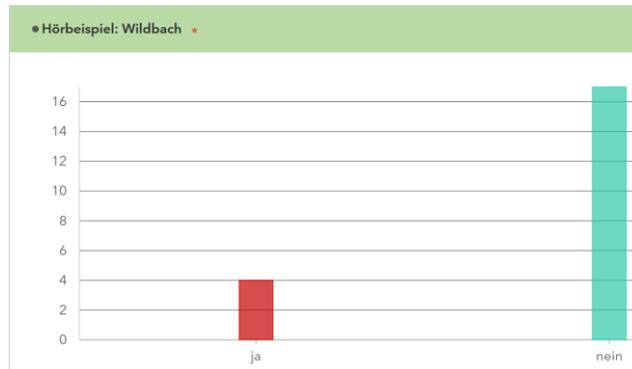
Abbildung 30: Gegenüberstellung unterschiedlicher Lärmmessmethoden. Quelle: eigene Messungen, Berechnung nach RVS sowie der Lärmkarte 2017 für Salzburg entnommen)

Das größte Output der Arbeit aber betrifft den Materialpool, der für die Abhaltung des Lärmmoduls erstellt wurde: https://gitlab.com/Eva_Steinbacher/laermmodul/-wikis/home. Dieses Produkt ist die praktische Antwort auf die Forschungsfrage wie ein Workshop für SchülerInnen der Sekundarstufe II didaktisch und technisch aufbereitet werden kann, um Lärmbewusstsein und den Wert von Citizen Science zu vermitteln.

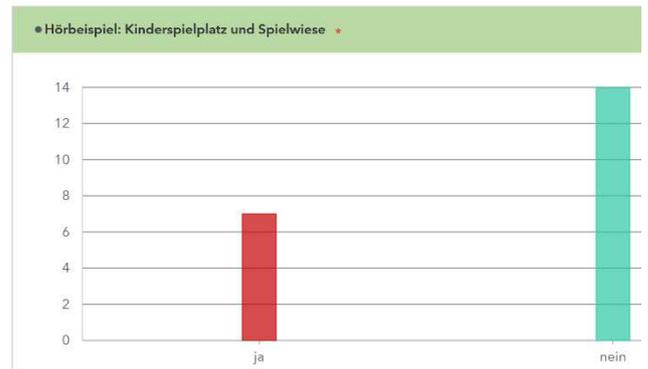
Im Zuge der Moduldurchführung werden Lärmrundgänge immer wieder stattfinden, was die Lärmkarte sukzessive erweitert. Durch die eingebetteten Umfragen wird außerdem die Beteiligung der SchülerInnen dokumentiert. Dabei zeigen sich interessante Statistiken zu den Divergenzen individueller Lärmwahrnehmung in der Gruppe. Die Abfrage der individuellen Lärmwahrnehmung wird dabei durch die Bewertung von Hörbeispielen in einer Umfrage (ArcGIS Survey123) vorgenommen, die jede/r SchülerIn für sich auf den bereitgestellten Tablets ausfüllt. Die Antworten zeigen, dass bei manchen Hörproben, mit denen die SchülerInnen konfrontiert werden, innerhalb der Gruppe große Einigkeit bei der Lärmwahrnehmung besteht, während bei anderen Hörbeispielen die Meinungen divergieren. Die Diagramme zu den jeweiligen Hörbeispielen werden den SchülerInnen im Anschluss präsentiert und noch einmal diskutiert (z. B. dass Lärm von Kinderspielplätzen häufiges Thema von Beschwerden von Anrainern aus der Nachbarschaft darstellen und dies teils sogar bis vors Gericht gebracht wird).

Die bisherigen Antwortstatistiken, die mit jeder Moduldurchführung ergänzt werden (und für die Diskussion im Modul auch nach Datum filtern lassen) finden sich nachfolgend:

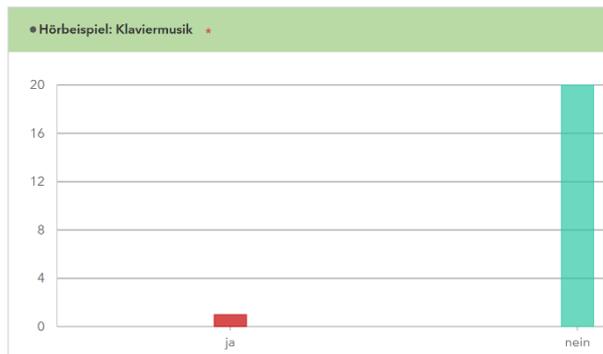
Was findest DU - ist das Lärm?



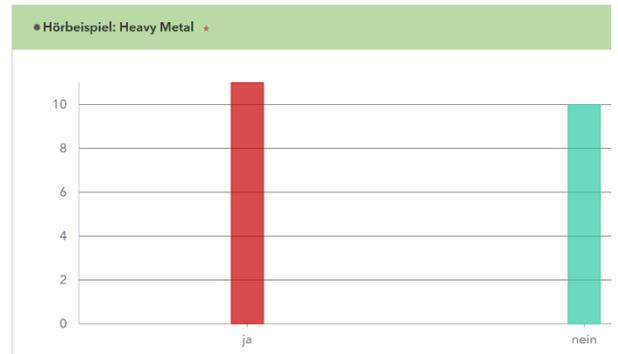
Was findest DU - ist das Lärm?



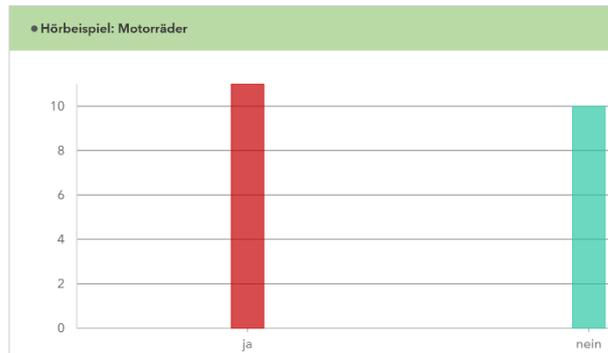
Was findest DU - ist das Lärm?



Was findest DU - ist das Lärm?



Was findest DU - ist das Lärm?



Was findest DU - ist das Lärm?

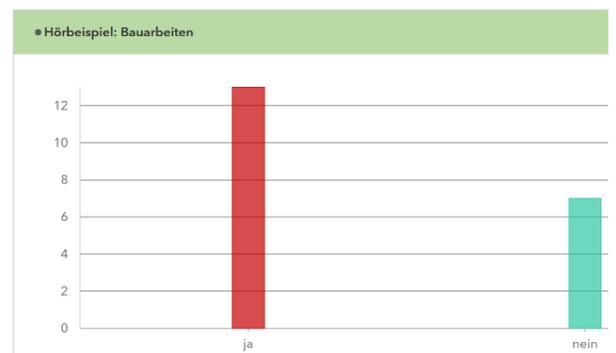


Abbildung 31: Antworten der SchülerInnen zu ihrer individuellen Lärmwahrnehmung auf Hörbeispiele im Zuge der ersten beiden Abhaltungen des Lärmmoduls im Rahmen der MINT Ferienwoche in Zell am See/Tamsweg im August und September 2020

Folgende Beiträge zur partizipativen Lärmkartierung (vorerst noch basierend auf der *Noise Capture Map* des Open Source Projektes *Noise Project*) wurden dabei im Zuge der bisherigen Moduldurchführungen erstellt:

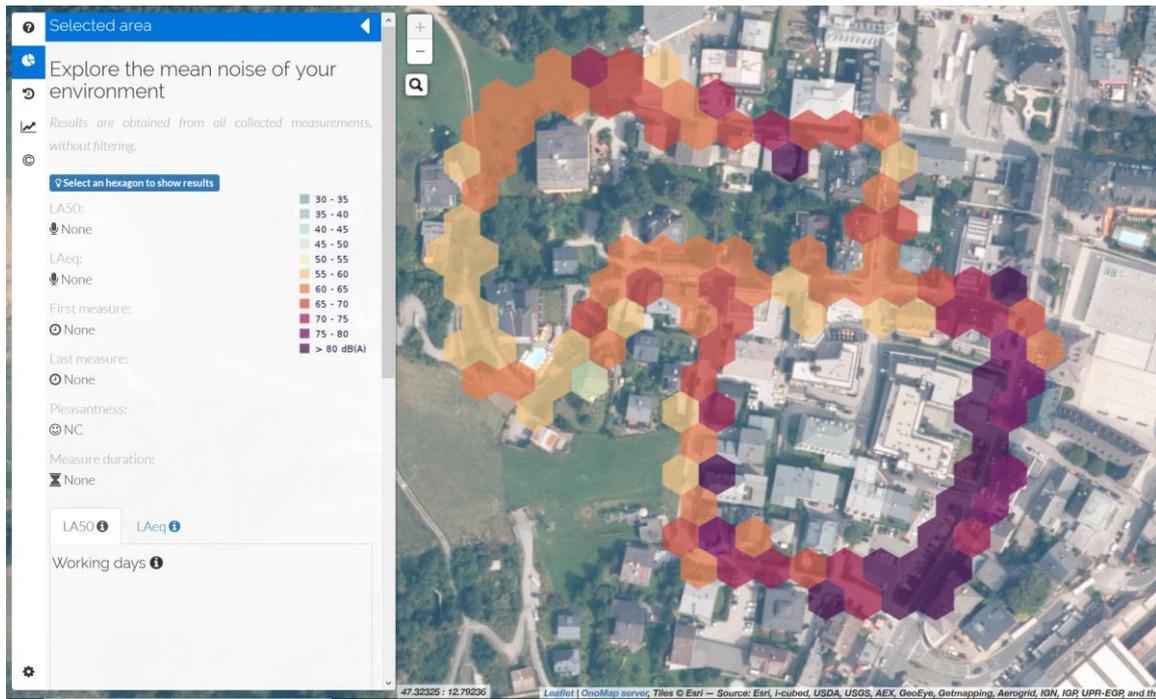


Abbildung 32: Partizipative Lärmkartierung im Rahmen des Lärmmoduls bei der MINT Ferienwoche in Zell am See. Quelle: Noise Planet, o. D.

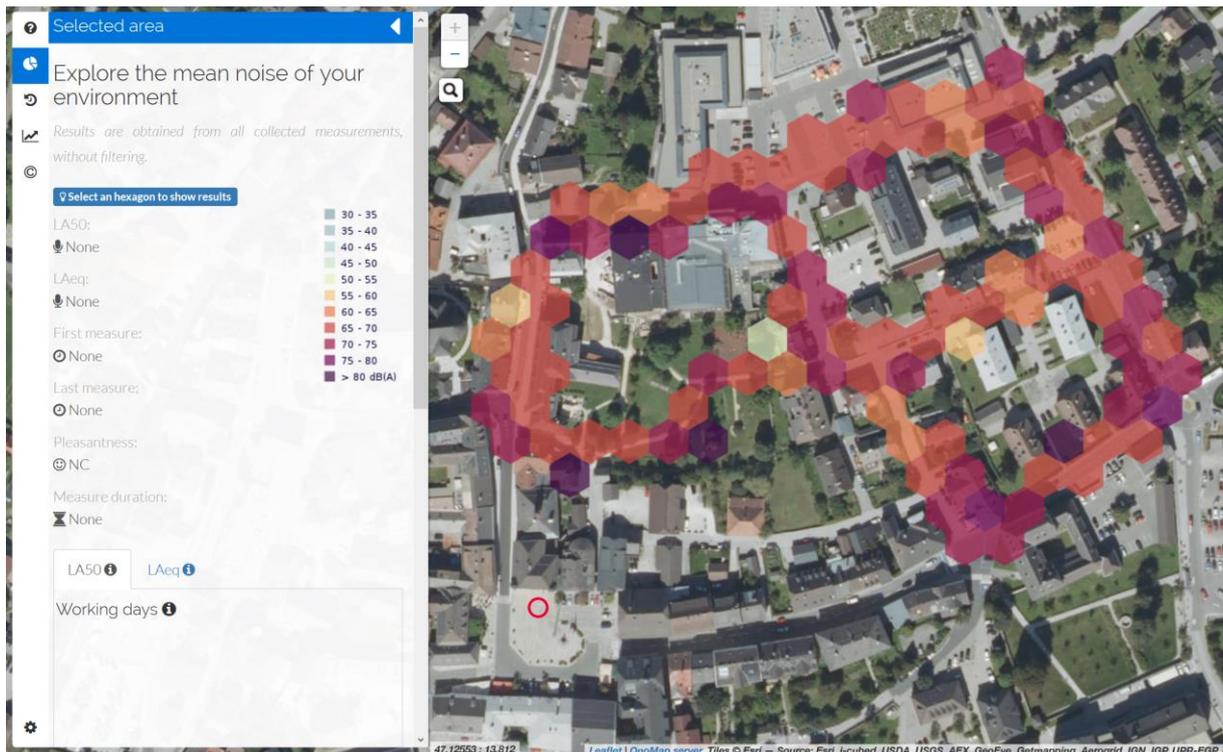


Abbildung 33: Partizipative Lärmkartenerstellung im Rahmen des Lärmmoduls bei der MINT Ferienwoche in Tamsweg. Quelle: Noise Planet, o. D.

Die SchülerInnen zeigten bei der anschließenden Diskussion der erhobenen Werte ein gutes Reflexionsvermögen in Bezug darauf, welche Faktoren die Erfassung hoher bzw. niedriger Lärmwerte bedingen.

Es wurde auch angesprochen, dass für SchülerInnen das Wissen um eine tatsächliche Verwendung ihrer erhobenen Werte schätzen. Der tatsächlichen Verwendbarkeit partizipativer Lärmkartierung im Planungskontext wird in Österreich derzeit allerdings wenig Relevanz zugeschrieben. Ein Interview mit dem Leiter Bereich Schallschutz der MA 22 hat ergeben, dass Potenzial hier vorrangig im Bereich der Bewusstseinsbildung gesehen wird. Als Gegenposition wurde das Projekt SONYC (Sounds of New York City) vorgestellt, das in Zusammenarbeit mit der öffentlichen Verwaltung entwickelt wird. Dieses nützt einen integrierten Ansatz, der auf einem Sensornetzwerk aufbaut und in dem das Potenzial von Citizen Science nicht nur in Bezug auf Schalldatenerfassung, sondern auch vorbereitend auf Machine Listening Prozessierung genutzt werden kann. Das Resultat - eine interaktive 3D-Karte, in der Daten in real-time upgedated werden können - kann seitens der Verwaltung für mehrere Verwendungszwecke genutzt werden: der raumzeitlichen Exploration von Lärmphänomenen in der Stadt, dem Planen von Kontrollen bei Lärmbeschwerden, zur datengestützten Raum- und Verkehrsplanung sowie zu Planungsverfahren, die BürgerInnenbeteiligung inkludieren.

Ein generelles Anliegen des Lärmmoduls - abseits der Bewusstseinsbildung für die Lärmthematik - bezieht sich darauf, SchülerInnen mit dem Konzept von Citizen Science vertraut zu machen. Die erste „Schnuppererfahrung“ kann dazu beitragen, Vorbehalte und Barrieren zur Mitwirkung zu reduzieren. Im Rahmen der Arbeit wurde dargelegt, dass es wichtig ist, für eine (längerfristige) Mitwirkung auf die Vorstellungen und Motivationen potenziell interessierter Personen einzugehen. Dies ist jedenfalls auch bei der Involvierung junger Citizen Scientists oder - wie FÜCHSLIN sie nennt - dem Segment der „faszinierten Jugend“ - der Fall (vgl. Fuchslin, Schäfer et al., 2019: S. 660). Das Lärmmodul bietet derzeit allerdings (noch) keine Organisationsstruktur zur Lärmdatenaufnahme im Rahmen einer längerfristigen deklarierten Citizen Science Initiative. Zu Bedenken ist aber auch, dass Teilnahme von SchülerInnen am Lärmmodul in der Regel durch Lehrpersonen organisiert wird, wodurch die Freiwilligkeit an der Teilnahme nicht immer gegeben ist.

So gestaltet sich die die Zielgruppenansprache meist derart, dass weniger SchülerInnen als direkte Adressaten des Moduls involviert sind, sondern LehrerInnen durch direkte Kontaktierung (über Partnerschulen) oder Weiterempfehlungen auf das Angebot aufmerksam werden. Die Möglichkeiten zur Dissemination werden im Anschluss besprochen.

11 Disseminationsstrategie

Digitale Technologien bieten neue Wege für die Kommunikation wissenschaftlicher Inhalte und die Möglichkeit, auch Personengruppen, die über traditionelle Kanäle und Methoden nicht erreicht werden würden, zu adressieren (vgl. Ross-Hellauer, Tennant et al., 2020: S. 1). Kommunikations- und Disseminationsaktivitäten sind stark projektabhängig und können nur in direkter Bezugnahme zum jeweiligen Vorhaben formuliert werden.

Bei der Ausrichtung der Dissemination des Lärmmoduls sind Überlegungen anzustellen, um Richtung, Möglichkeiten und Umfang festzulegen. Damit eine Dissemination erfolgreich sein kann, sind vorab einige Punkte abzuklären, die sich auf die zukünftige Verwendung, Verbreitung und Präsentation des Materials beziehen. Diese werden nachfolgend behandelt.

11.1 Voraussetzungen für eine erfolgreiche Dissemination

- **Lizensierung/Urheberrecht:** Eine Festlegung auf eine Creative Commons Lizenz kann sinnvoll sein. Da im Rahmen der Modulaufbereitung auf einige Inhalte (Bild- und Audio-dateien) zurückgegriffen wurde, die ebenfalls einer Creative Commons Lizenz unterliegen (CC0, CC-BY-NC, CC BY-NC-ND), ist eine solche auch für die Materialsammlung zu empfehlen.
- **Materialpool und Wiederverwendbarkeit:** Der Materialpool wird öffentlich via Gitlab zur Verfügung gestellt, um einfachen Online- Zugriff auf die Materialien zu gewähren.
- **Hinsichtlich der vortragenden Personen:**
 - **Personalressourcen:** Gibt es eine oder mehrere Personen, die mit Zeitressourcen ausgestattet sind, um das Modul auf Anfrage abzuhalten?
 - **Durch die öffentliche Zurverfügungstellung des Materialpools** können an der Vermittlung interessierte Personen (LehrerInnen,...) dieses ebenfalls nutzen. Die Präsentation unterstützende Dokumente zur Modulabhaltung sind beigefügt. Aufgrund der Verwendung von Creative Commons Inhalten ist von einer kommerziellen Nutzung abzusehen.
- **Örtlichkeit und Räumlichkeit der Abhaltung:** Zu beachten ist, dass je nach Örtlichkeit der Abhaltung passende Routen zur partizipativen Lärmmessung vorab überlegt und festgelegt werden müssen. Für die Standorte Aspern Mobil Lab und iDEAS:lab Salzburg stehen diese im Rahmen des Materials zur Verfügung. Für alternative Routen ist gegebenenfalls der sichtbare Kartenausschnitt (Boundingbox) der Lärmkarte anzupassen.

Im Kontext von Open Science wird eine breite Dissemination und Miteinbezug der Öffentlichkeit zunehmend als wichtig erachtet. Nach Wilson (vgl. Wilson, Petticrew et al., 2010: S. 2) ist die Dissemination ein geplanter Prozess, in dem Überlegungen zur Zielgruppe angestellt und das Setting, in dem Inhalte behandelt werden, ebenso wie die Kommunikation und Interaktion mit

einer breiten Zielgruppe in derart gestaltet sind, dass Aufnahme und Verständnis ermöglicht werden: „Innovative dissemination, then, means dissemination that goes beyond traditional academic publishing [...] to achieve more widespread research uptake and understanding. Hence, a citizen science project, which involves citizen in data collection but does not otherwise educate them about the research, is not here considered innovative dissemination“ (Ross-Hellauer, Tennant et al., 2020: S. 2). Ausgangsüberlegungen rund um innovative Dissemination beziehen sich auf die Zielgruppe abgestimmte Methoden und Tools sowie deren Fähigkeiten und Anforderungen. Für ForscherInnen liegt der Vorteil einer breiten Dissemination in einer gesteigerten Anerkennung und sozialer Wirkung ihrer Arbeit (vgl. Ross-Hellauer, Tennant et al., 2020: S. 2).

11.2 Faktoren, die eine erfolgreiche Dissemination unterstützen können

Im Nachfolgenden werden einige Punkte vorgestellt, die eine erfolgreiche Dissemination unterstützen sollen (vgl. Ross-Hellauer, Tennant et al., 2020: S. 2-12):

- **Zielsetzung - Was soll mit der Dissemination erreicht werden?** Das Modul soll der Bewusstseinsförderung für die Lärmthematik dienen und die Zielgruppe zu Engagement und Partizipation im Kontext von Citizen Science motivieren.
- **Überlegungen zur Zielgruppe:** SchülerInnen der Sekundarstufe II im Altersbereich 14 bis 19 Jahre. Da das Lärmmodul in der Regel aber durch LehrerInnen gebucht wird, sind diese hinsichtlich der Zielgruppenansprache auf jeden Fall als primäre Adressanten zu verstehen.

Zukünftig potenzielle weitere Zielgruppen sind darüber hinaus wie folgt identifiziert: interessierte Öffentlichkeit, Betroffene und BürgerInneninitiativen

Hinsichtlich der Zielgruppenadressierung sind einige Aspekte zu reflektieren:

- Ist ein gewisses Grundwissen in Physik vorhanden?
- Sensibilisierung für Lärmthematik und die Einordnung subjektiven Lärmempfindens in einen gesellschaftlichen Kontext als Zielsetzungen
- SchülerInnen wollen die Resultate ihres Mitwirkens sehen (Lärmkarte und ggf. wie ihr Mitwirken weiterverwendet wird)
- Bevorzugte Kommunikationskanäle: Neue Technologien können sowohl bei der Dissemination als auch bei der Modulpräsentation unterstützen. Bei letzterer nicht nur durch die Lärmdatenaufnahme, sondern auch durch anonyme Umfragen gepaart mit Diskussionen, die dazu beitragen können, dass sich auch eher ruhigere SchülerInnen beteiligen.
- Betroffenheit: Nahezu jede/r ist bereits mit Lärm in Kontakt gekommen. Im Modul wird konkret auf das individuelle Lärmempfinden eingegangen, da dieses

die Möglichkeit zur Reflexion eigener und fremder Empfindungen ermöglicht. Durch diese unterschiedlichen Wahrnehmungen folgt eine Überleitung, verschiedene Ansprüche in der Raumnutzung und Lärmverursachung anzusprechen (Konfliktpotenziale zwischen Wohnen, Sport, Unterhaltung, Verkehr, Industrie,...)

- **Förderung von Partizipation:** In Zeiten von Open Science geht es nicht allein um das passive broadcasten von Forschungsergebnissen. Die Zielgruppe soll auch aktiv zur Teilnahme eingeladen werden, wobei breites und interaktives Engagement erstrebenswert sind. Solche partizipativen Aktivitäten können durchaus kreativ aufbereitet sein (vgl. Ross-Hellauer, Tennant et al., 2020: S. 5). Aktives Involvieren der SchülerInnen geschieht im Lärmmodul durch den Ansatz der didaktischen Rekonstruktion, der zum Teilen eigener Erfahrungen ermutigt, als auch Citizen Scientists zur Schallpegelaufnahme und Analyse der Ergebnisse einlädt. Des Weiteren schätzen es TeilnehmerInnen, Fortschritte in Bezug auf ihre Involvierung zu sehen und bewerten narrative Formen positiv (vgl. Ross-Hellauer, Tennant et al., 2020: S. 5). Auch diesen Aspekten wird durch den Konnex zur eigenen Lebenswelt und durch die partizipative Lärmkartierung Rechnung getragen.
- **Open Science für Impactförderung:** Die öffentliche Zurverfügungstellung der gesamten Modulmaterialien ist im Sinne von Open Science Formaten. Um die Wiederverwendbarkeit zu ermöglichen, stehen offene Lizenzen zur Verfügung. Für innovative Disseminationsformate werden Materialien in der Regel einem möglichst breiten Publikum zur Verfügung gestellt. Creative Commons Lizenzen stehen in vielen Varianten mit unterschiedlichen Einschränkungen zur Verfügung (vgl. Creative Commons, , o. D.).
- **Mischung innovativer und traditioneller Formate:** Zur Bekanntmachung und Bewerbung des Angebots empfiehlt sich eine Aufbereitung speziell zur Mediendistribution: Für Medienkanäle, die an wissenschaftsbezogenen Beiträgen interessiert sind, beispielsweise lokale Printausgaben (Bezirksinformationsblätter,...) kann sich das Verfassen eine Pressemitteilung - im Vorfeld oder als nachträgliche Information - lohnen. Diese kann (ggf. auch in gekürzter, abgewandelter Form) auch über die eigenen Social Media Kanäle verbreitet werden: Einerseits um Aufmerksamkeit für das Projekt zu generieren, andererseits auch, um über Zwischenstände, Resultate oder Events im Zusammenhang mit dem Modul zu informieren.
- **Live-Events - Workshop Modulabhaltung:** Diese stellen den Kern der Dissemination dar. Es geht dabei um die tatsächliche Durchführung des Lärmmoduls. In den meisten Fällen wird die Modulabhaltung für SchülerInnengruppen stattfinden. Für Demonstrations- oder Einschulungszwecke richtet sich das Modul aber auch an Lehrpersonen z.B. im Rahmen der LehrerInnenfortbildung. LehrerInnenfortbildungen haben sich als erfolgreiche Möglichkeit mit Multiplikatoreffekten erwiesen, das Interesse für das Angebot zu

wecken: Einerseits bei den SchülerInnen, wenn diese dann das Modul ebenfalls besuchen dürfen, andererseits auch durch Weiterempfehlungen an KollegInnen.

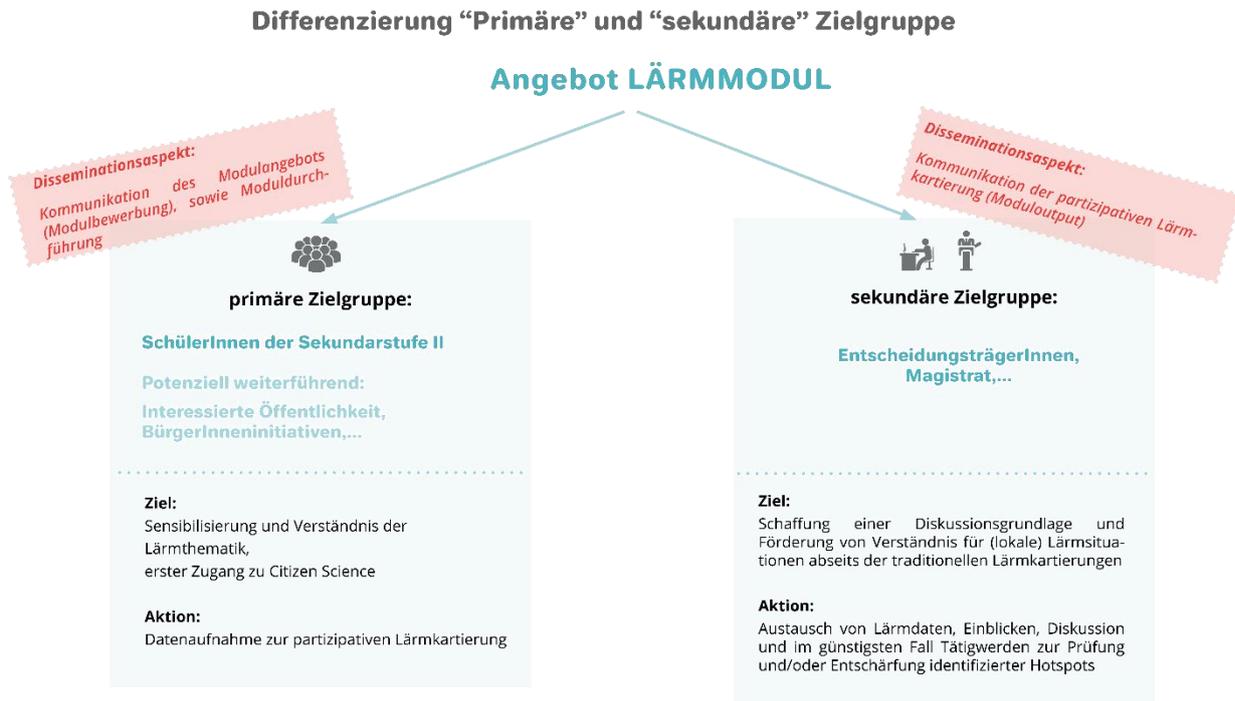


Abbildung 34: Differenzierung von "primärer" und "sekundärer" Zielgruppe für die Inhalte des Lärmmoduls

In Bezug auf die Ausdifferenzierung der Zielgruppe sollte nicht vergessen werden, dass diese einerseits - als „primäre“ Zielgruppe - SchülerInnen und LehrerInnen beinhaltet, wobei LehrerInnen in der Regel das Angebot buchen und SchülerInnen das Angebot wahrnehmen. Andererseits kann die Sensibilisierung durch das Lärmmodul dazu führen, dass Ergebnisse, konkret die Messungen der Lärmkarten, in weiterer Folge als Argumentationsbasis die Kommunikation mit politischen Entscheidungsträgern oder Verwaltungsorganen unterstützen. Darum können diese als „sekundäre“ Zielgruppe, in Bezug auf die Ergebnisse (partizipativen Lärmkarten), gesehen werden.

Hilfreich ist auch, wenn das Angebot in bereits bestehende Disseminationsstrukturen integriert werden kann. In der Stadt Salzburg sind die Angebote des iDEAS:labs in das Programm MINT-woch beziehungsweise die MINT:labs Initiative eingebettet und werden dadurch regelmäßig (circa monatlich) beansprucht (MINT:labs Science City Itzling, 2020).

12 Diskussion und Ausblick

Nachfolgend wird die Verknüpfung der anfangs formulierten Forschungsfragen mit den Erkenntnissen der Arbeit, insbesondere auf künftige Entwicklungsmöglichkeiten und Potenziale diskutiert. Hier befindet man sich in einem besonders interessanten, weil interdisziplinär verwobenem Feld, in dem partizipative Lärmkartierung mit technologischen Trends wie Sensornetzwerken, Machine Learning oder Big Data Processing kombiniert werden kann. So transformiert und komplementiert können Citizen Science und partizipative Lärmkartierung künftig Forschungsvorhaben unterstützen und neue Erkenntnisse ermöglichen, die ohne BürgerInnenbeteiligung gar nicht möglich wären. Dies gilt insbesondere dann, wenn nicht nur objektive Messungen oder modellierte strategischer Lärmkarten im (verkehrs)planerische Überlegungen mit einbezogen werden, sondern auch Informationen zur subjektiven Lärmwahrnehmung Berücksichtigung erfahren: Traditionellerweise werden objektive Verfahren zur Lärmerfassung – nämlich Schallpegelmessungen, bei denen sich die physikalischen Eigenschaften von Schall als objektive Kennzahl festhalten lassen, oder Modellierungen durch Berechnungen auf Basis von Verkehrsaufkommen, Topographie, Bebauung,... - als Grundlage für behördliche Lärmschutzmaßnahmen angesehen. Die individuelle Lärmwahrnehmung, die sich das subjektive Belästigungs- oder Wohlempfinden gegenüber einer Schallquelle bezieht, bleibt in der Regel unbeachtet. Dies stellt insofern ein Dilemma dar, als dass das Ziel von Lärmschutzmaßnahmen – nämlich der Schutz der menschlichen Gesundheit vor schädigender Lärmeinwirkung – die Wahrnehmungen ebendieser ausblendet. In Bezug auf die raumplanerische Relevanz partizipativer Lärmkartierung wird weiter unten noch ein Ausblick gegeben, wie eine mögliche Integration subjektiver Wahrnehmung in innovative Citizen Science Projekte aussehen kann.

Nachfolgend wird nun hinsichtlich der Forschungsfragen ein Abriss über die Erkenntnisse, welche im Zuge der Arbeit erarbeitet wurden, sowie zu möglichen künftigen Entwicklungen gegeben.

Didaktische Modulimplementierung und künftige Weiterentwicklungsmöglichkeiten des Lärmmoduls

Das Diplomarbeitsziel einer durchführungsbereiten Modulaufbereitung zum Thema Lärm wurde erreicht. Die Modulbereitstellung als ArcGIS Storymap ist so weit gediehen, dass eine Abhaltung des Lärmmoduls mit nur geringfügiger Änderung der Routenführung für Lärmrundgänge in den bereitgestellten Materialien möglich ist. Alle dazugehörigen Unterlagen sind in einem Gitlab Repository abrufbar: https://gitlab.com/Eva_Steinbacher/laermmodul

Bei der Vermittlungsstrategie der theoretischen Grundlagen zum Thema Lärm wurde mit der didaktischen Rekonstruktion (Reinfried, Mathis et al., 2009: S. 404-414) ein Ansatz gewählt, der den persönlichen Erfahrungshorizont der SchülerInnen als Ausgangspunkt nimmt. Auf Basis deren Alltagswissen und -erfahrungen wird zum aktiven Erfahrungsaustausch angeregt und durch

diskursive Herleitungen Zusammenhänge zu wissenschaftlichen Inhalten hergestellt, wobei sich Bezüge zu gleich mehreren Schulfächern auftun: Elemente aus Physik, Musik, Geografie, Psychologie aber auch Biologie finden sich im Lärmmodul wieder. Hier können künftig eigene Varianten entwickelt werden, bei denen WorkshopleiterInnen oder LehrerInnen dediziert einen Themenaspekt hervorheben und vertieft behandeln (z.B. in Form von Projektarbeiten oder Vorwissenschaftliche Arbeit). Ebenso können einzelne Aspekte der Storymap an die jeweiligen Interessengebiete angepasst werden, beispielsweise über die Anpassung der Auswahl an Hörbeispielen. Die derzeitige Lösung mittels Einbettung von Samples, die auf der Plattform *Soundcloud* gehostet sind, kann aber auch durch direktes Hochladen von Audio-Files in die ArcGIS Storymap ersetzt werden. Zu beachten gilt dann, dass sich die Form der Visualisierung ändern wird. Für die erste Survey123-Umfrage zu Lärmerregern kann ein Umstieg auf *menti.com* überlegt werden. Die konkreten Möglichkeiten für eine Integration wurden jedoch noch nicht getestet, zumal der Modulaufbau nicht durch eine weitere externe Einbettung verkompliziert werden sollte.

Ausblick auf Optimierungsmöglichkeiten der technischen Modulimplementierung und der Messgenauigkeit mobiler Endgeräte

Die Implementierung in Form einer ArcGIS Storymap mit integrierbaren Inhalten aus weiteren Internetquellen (Hörbeispiele, Webmaps) hat sich gut bewährt. Im Hinblick auf das technische Setting des Lärmmoduls können künftig noch weitere Adaptionen vorgenommen werden. Der Präsentationsaufbau wurde grundsätzlich so gestaltet, dass Änderungen in bestimmten Abschnitten hinsichtlich der inhaltlichen Komposition und Durchgängigkeit als auch der erforderlichen technischen Fertigkeiten leicht möglich sind. Folgende Aspekte bieten dabei Anhaltspunkte für potenzielle Verbesserungen bzw. Alternativen in der Abhaltung:

- **Sensorbox als Alternative:** Sobald die Sensorbox und dazugehörige SDI, die von Seiten der TU Wien und dem *aspermobil LAB* entwickelt wird, zur Verfügung steht, könnten Lärmmessungen auch mit dieser (anstelle von Smartphone oder Tablet) stattfinden. Dazu ist es aber nötig, dass die erhobenen Daten am Abschluss des Lärmrundgangs sofort visualisiert werden können und nicht wie bisher Updates in 20-Minuten-Abstand stattfinden.
- Die Sensorbox könnte auch hinsichtlich der **Genauigkeit der Lärmdatenerfassung** eine Optimierung darstellen: So wird die Sensorbox von Kollegen am *Institut für Visual Computing & Human-Centered Technology* der TU Wien auf Messgenauigkeit in unterschiedlichen Dezibel-Bereichen getestet. Hier wäre es vielversprechend, wenn Lärmwerte genauer erfasst werden können, als dies Smartphone oder Tablet vermögen. Bei Tests im Zuge der Diplomarbeit zeigten sich bei der Verwendung der *Noise Capture App* Abweichungen von bis zu +12 dBA im Vergleich zu den Werten, die vom Schallpegelmessgerät Klasse 2 gemessen wurden, obwohl das verwendete Gerät (Samsung Galaxy Tab A)

völlig neuwertig und im Zuge des Moduls zum ersten Mal praktisch in Verwendung war. Tests zur Genauigkeit von Schallpegelmessungen, die unter Laborbedingungen durchgeführt wurden, kamen hingegen zu dem Resultat, dass mit Smartphones eine Genauigkeit bis zu +2 dBA zu erreichen ist (vgl. z.B. Raphaël Ventura, Vivien Mallet, Valérie Issarny et al., 2017: S. 3084). Allerdings wird seitens der an der Implementierung der *Noise Capture App* involvierten Entwickler festgehalten, dass sich der für Schallpegelmessungen optimale Bereich der App zwischen 72 und 102 dBA bewegt (vgl. Picaut, Fortin et al., 2019: S. 23). In Bezug auf Android-basierte Geräte kommt hinzu, dass der Markt hier sehr fragmentiert ist, zumal unterschiedliche Hersteller verschiedene Modelle mit variierender Audioarchitektur vertreiben, welche häufig nicht den IEC/ANSI-Standards (internationale bzw. amerikanische Normen mit Spezifikationen zur Schallpegelmessung) einhergehen und dadurch unterschiedliche Messeigenschaften aufweisen können (vgl. Celestina, Hrovat et al., 2018: S. 119; Kardous & Shaw, 2014: S. 187, 192). Schwierig ist in diesem Zusammenhang vor allem, dass die Gründe für Ungenauigkeit in der partizipativen Lärmkartierung auf vielfältige Ursachen zurückzuführen sein können und auch bereits getätigte Untersuchungen je nach Testbedingungen (Labor, im Feld, untersuchte Dezibel-Bereiche) im Meta-Vergleich keine eindeutigen Bewertung zu Genauigkeitsaspekten zulassen. Beeinflussende Faktoren werden sowohl auf Seiten der Erfassungsgeräte (Hersteller, Modell, Alter des Gerätes, verwendete Mikrofone, Betriebssystem, Updates) als auch bei der Software der Lärmmess-Apps angegeben (vgl. Empa Materials Science and Technology, 2018: S. 34; Kardous & Shaw, 2014: S. 192; Raphaël Ventura, Vivien Mallet, Valérie Issarny et al., 2017: S. 3084) und den umgebenden Messbedingungen (Einhalten der Regeln zum gewissenhaften Messen, Wind, Regen,...) gesehen. In den beiden erstgenannten Bereichen – konkret bei den in Smartphones verbauten Sensoren, als auch der Implementierung der Apps – kann aber angenommen werden, dass viele der technikbezogenen Aspekte von Genauigkeitsbeeinflussung künftig theoretisch bewältigt werden könnten, wenn entsprechenden Anstrengungen seitens der Gerätehersteller unternommen werden. Dazu gehört insbesondere die Entwicklung von Mikrofonen, die den IEC-Richtlinien entsprechen (vgl. IEC - International Electrotechnical Commission, 2013), eine darauf abgestimmte Audio-Verarbeitung und auf der anderen Seite Lärmmess-Apps die in der Lage sind, ein breites Spektrum an Dezibel-Werten mit hoher Genauigkeit zu erfassen.

Für Citizen Science Projekte, die auf partizipative Lärmkartierung ausgerichtet sind, bedeutet dies, dass mit einer gewissen Ungenauigkeit bei der Lärmdatenerfassung zu rechnen ist und man sich dessen bei der Interpretation der erfassten Werte auch bewusst sein muss. Das Vorhaben von vornherein zu unterlassen wäre aber auch überstürzt, den immerhin lassen sich Phänomene mit Raum-Zeit-Bezug mit einer ausreichenden Zahl

partizipativen Messungen besser abbilden als mit herkömmlichen Methoden modellierter Lärmkartierung. Zudem existieren bereits Ansätze, um die Fehlerhaftigkeit von Lärm-messungen per Smartphone zu quantifizieren und in die Berechnungen partizipativer Lärmkartierung miteinfließen zu lassen (vgl. Raphael Ventura, Vivien Mallet et al., 2017: S. 5000). Interessant wäre in diesem Zusammenhang auch die Erstellung von Differenz-karten¹³, die die Abweichungen der unterschiedlichen Erhebungsmethoden für das glei-che Messintervall verdeutlichen. Dazu sind Messungen an verschiedenen Messstandor-ten nötig. Diese haben die jeweiligen Charakteristika der Umgebung abzubilden (z.B. Hauptstraßen, Nebenstraßen, ruhige Innenhöfe). Unter Zuhilfenahme weiterer Daten-layer (z.B. zu Topographie, Bebauung) kann eine Interpolation durchgeführt werden, durch die eine Karte mit flächenhaften Lärminformationen entsteht. Eine weitere Mög-lichkeit, die Ungenauigkeit bei Lärm-messungen zu berücksichtigen, bestünde darin, die Darstellungsintervalle der Lärmkarte anzupassen. Die Darstellungsintervalle müssten da-bei umso größer sein, je ungenauer das Messgerät funktioniert. Um dies beurteilen zu können, müssen die aufgenommenen Daten individuell auf ihre Genauigkeit und Streuung analysiert werden. Die Erstellung eines Histogramms (Mittelwert, Median, Stan-dardabweichung und Konfidenzintervall) kann hier hilfreich sein, um geeignete Intervall-gruppen herauszufinden, zumal es Aufschluss darüber liefert, wie die Daten verteilt sind. Dabei ist ein Kompromiss zwischen logischen und natürlichen Grenzen der Häufigkeits-verteilung zu finden, um hinsichtlich der Klassifizierung eine gute Verständlichkeit für den Kartenleser zu erreichen. Zusätzlich ist zu bedenken, dass es sich bei Dezibel um eine logarithmische Skala handelt, und Unterschiede im Umgebungslärm somit nicht verfälscht in der Kartendarstellung beziehungsweise der Skala kommuniziert werden.

- Eine andere Optimierungsmöglichkeit bezieht sich auf die Einbindung der mit Smart-phones erfassten Lärmdaten in die Datenplattform des *Instituts für Visual Computing & Human-Centered Technology*, die für die Sensorboxes aufgesetzt wird. Dies umfasst den Datenexport der mit der *Noise Capture* App erfassten Messungen (als gezipptes JSON-File) zu einer Cloud-Lösung (Google Drive, ownCloud,...), das Entpacken, Auslesen (via Python-Script) und Ablegen in der Datenbank sowie die Visualisierung der Werte über eine Leaflet-basierte Webmap (diese Umsetzungsvariante wurde in einem Telefonat von Dipl. Ing. Gerfried Mikusch im Mai 2020 in Aussicht gestellt). Sofern diese Schritte rei-bungslos funktionieren und das Ergebnis innerhalb kurzer Zeit (bestenfalls 1-2 Minuten) visualisieren werden, würde diese Alternative einen Vorteil gegenüber der bisherigen Lösung - der Nutzung der *Noise Capture Map* bedeuten. Denn in der derzeitigen Lösung

¹³ Differenzkarten erlauben allgemein, dass die Veränderungen bzw. Unterschiede zweier Zustände dargestellt und vergli-chen werden können. In Bezug auf Lärmkarten kommen sie häufig bei Vorher-Nachher-Vergleichen zu den Auswirkungen von Lärmschutzmaßnahmen zum Einsatz.

sind – je nach Menge der hochgeladenen Daten aus den Wegerouten – einige Minuten Wartezeit erforderlich, bis die Werte auf der Karte aufscheinen. Hinsichtlich des knappen Zeitraumens der Lärmmoduldurchführung ist hier eine zügigere Prozessierung wünschenswert.

Erkenntnisse aus Selbst- und Fremdevaluation des Feldtests für eine künftige Moduloptimierung

Das Modul wurde als Feldtest an zwei Terminen in Zell am See und Tamsweg in der Praxis erprobt. Dabei wurden ex-post eine Selbstbewertung sowie Fremdbeobachtung (kollegiale Hospitation), die häufige Verfahren der Kompetenzbilanzierung im Bildungsbereich darstellen (vgl. Preißer, 2007: S. 5), durchgeführt. Die Reflexion zur praktischen Erfahrung hinsichtlich der Motivation und Mitwirkungsbereitschaft der SchülerInnen war durchwegs positiv und insbesondere die Lärmmessungen und deren Diskussion wurden sehr gut aufgenommen.

Künftige Modulabhaltungen müssen jedenfalls den Zeiträumen berücksichtigen, in dem das Modul durchgeführt werden soll: Danach sollte sich auch die Auswahl und Länge des Lärmrundganges richten. Zeigen Schüler eine hohe Motivation, sich an den Fragstellungen und Diskussionen des Moduls zu beteiligen, findet man mit einer Stunde kein Auslangen. Die Materialien bieten aber die Möglichkeit, sich bereits im Vorhinein zu überlegen, welche Themenaspekte priorisiert und welche gegebenenfalls ausgeblendet werden können.

Sowohl Selbst- als auch Fremdbewertung haben das größte Verbesserungspotenzial in der Darstellung der partizipativen Lärmkarte gesehen, was bereits im vorangehenden Punkt angesprochen wurde: Gegenwärtig wird hier noch per iFrame auf die *Noise Map* von *Noise Planet* zugegriffen. Bei mehreren, zeitgleichen Uploads von Lärmrundgängen (selbst wenn diese nur rund 10 Minuten gedauert haben) hat sich aber gezeigt, dass hier schnell einige Minuten Wartezeit anfallen, bis die Lärmwerte auf der Karte erscheinen und in der Folge diskutiert werden können. Hier ist jedenfalls zu begrüßen, wen künftig seitens des *Instituts für Visual Computing & Human-Centered Technology* der TU Wien eine andere Lösung entwickelt wird, durch die die Lärmwerte rascher visualisiert werden können.

Relevanz und Verwendbarkeit partizipativer Lärmkartierung für die Raumplanung

Hinsichtlich der rechtlichen Grundlagen von Lärmschutz in Österreich wurde aufgezeigt, dass dieser auf Basis zersplitterter Rechtsmaterien vonstattengeht. Eine Folge davon ist, dass sich bestimmte lärmrelevante Rechtsbereiche mit unterschiedlicher Geschwindigkeit entwickelt haben. Während die laut EU-Umgebungslärmrichtlinie zu erstellenden strategischen Lärmkarten und Lärmaktionspläne keine subjektive Rechtswirkung entfalten, hat sich der Verwaltungsgerichtshof in einer Erkenntnis hinsichtlich des gewerbliche Betriebsanlagenrecht dagegen verwehrt, dass Grenzwerten aus bestimmten Richtlinien unkritisch herangezogen werden. In Einzelfällen sei eine individuelle Beurteilung unter Berücksichtigung von Häufigkeit und

Klangcharakteristik der Lärmereignisse erforderlich. Diese Erkenntnis des Verwaltungsgerichtshofs zeigt eine Möglichkeit zur Weiterentwicklung von Lärmschutz auf, sodass subjektive Lärmbelastungssituationen im Zuge künftiger Entwicklungen eventuell auch bei anderen Typen von Umgebungslärm Berücksichtigung erfährt (vgl. VwGH 2001/05/0212, 16.12.2003).

Bis dato wird die Verwendbarkeit von Citizen Science in der Lärmkartierung seitens der im Rahmen der Arbeit befragten Behördenvertreter (Magistrat Wien, Bereich Schallschutz sowie Land Salzburg) eher gering eingeschätzt. Die strategische Lärmkarte, die gemäß EU-Richtlinie zu Umgebungslärm erstellt wird, und auf Basis von Daten der Verkehrszählung, Topographie, Gebäudebestand, erlaubten Geschwindigkeiten, Straßenbelag, etc. berechnet und getrennt nach den Verursachern Straßenverkehr, Schienenverkehr, Flugverkehr und Industrie ausgewiesen wird, dient als zu berücksichtigendes Grundlagendokument für Planungen. Schallpegelmessungen werden in Einzelfällen mit geeichten Schallpegelmessgeräten der Klasse 1 durchgeführt. Der Nutzen partizipativer Lärmmessungen, die diese Kriterien nicht erfüllen können, wird in erster Linie in bewusstseinsbildenden Maßnahmen gesehen (vgl. Schindler, 18.9.2020). In der Schweiz hingegen wurde bereits behördenseitig das Interesse an Smartphones als kostengünstige Schallpegelmessgeräte geäußert und das Bundesamt für Umwelt (BAFU) mit der Evaluierung verschiedener Apps und Smartphone-Modellen (iOS, Android) beauftragt (vgl. Empa Materials Science and Technology, 2018: S. 2).

ADAMS et.al. merken an, dass ein interdisziplinäres Verständnis des Konzeptes *Soundscapes* (zu Deutsch sinngemäß „Klanglandschaften“)¹⁴ effektiv im Planungsprozess Berücksichtigung erfahren kann (vgl. Adams, Davies et al., 2009: S. 1). Wenngleich die Vermeidung gesundheitsschädlicher Lärmexpositionen ebenfalls eine relevante Rolle spielt, geht es hier nicht vordergründig um das Durchsetzen von Minderungsmaßnahmen. Vielmehr wird davon ausgegangen, dass Planungsprozesse schon in frühen Phasen von der Berücksichtigung von *Soundscapes* profitieren können. Dazu gehören zum Beispiel strukturierte Soundwalks mit StadtplanerInnen, Fokusgruppen oder Diskussionsgruppen mit StadtplanerInnen und Laien. Auch bei geplanten Neuentwicklungen wird ein Konsens von BürgerInnen, Planungsautoritäten, ArchitektInnen und Bauträgern angestrebt (vgl. Adams, Davies et al., 2009: S. 2-3). ADAMS merkt an, dass Planungssystemen üblicherweise durch eine Orientierung an wissenschaftlicher Rationalität gekennzeichnet sind, der persönlichen Wahrnehmung von Individuen – ob positiver oder negativer Art – hingegen wenig Beachtung geschenkt wird. Dabei sind es nicht nur einfach Schallpegel, die für die Menschen im urbanen Bereichen relevant sind: Kontext, Quelle, Entfernung, Dauer und die eventuelle Möglichkeit zur Kontrolle des Lärms bestimmen ebenso mit, ob Menschen eine bestimmte Schallquelle aus ihrer *Soundscape* eliminieren wollen (vgl. Adams, Cox et al., 2006: S. 2385). Die Befassung mit *Soundscapes* ist dabei eine interdisziplinäre Angelegenheit: PlanerInnen,

¹⁴ Der Begriff *Soundscape* (als Pendant zu *Landscape*) wurde 1977 vom Komponisten und Autor Murray Schafer geprägt und bezeichnet die akustische Prägung und Ausgestaltung bestimmter Orte

PsychologInnen und SoziologInnen stehen quantitative und qualitative Methoden zur Verfügung, um subjektives Schallempfinden zu untersuchen – welche mit den Erkenntnissen objektiver Schallmessungen kombiniert werden können. Ein großer Vorteil liegt darin, dass nicht nur auf negative Aspekte von Umgebungslärm fokussiert wird, sondern auch auf Aspekte der Geräuschwahrnehmung eingegangen wird, die von Menschen positiv bewertet und daher gefördert werden können (vgl. Adams, Davies et al., 2009: S. 4).

Während die EU-Richtlinie zu Umgebungslärm auf die Verursacher Straße, Schiene, Flugverkehr und Industrie limitiert ist, scheint sich im englischen Planungswesen eine andere Kultur im Umgang mit Lärm abzuzeichnen: So inkludiert das *Noise Policy Statement for England (NPSE)* neben Umgebungslärm auch Nachbarschaftslärm (vgl. Department for Environment Food and Rural Affairs, 2010: S. 8). Hinzu kommen lokale Lärmstrategien, wie von London Westminster, die ebenfalls die Wichtigkeit positiver Geräuschelemente und die Berücksichtigung von *Soundscares* unterstreichen. Dies soll helfen, die kognitive und gesundheitliche Versehrtheit zu stärken, anstatt sich nur auf die Minderung negativer Lärmauswirkungen zu konzentrieren. Zudem wurden Untersuchungen zur Einstellung der BewohnerInnen gegenüber Lärm (Problemareale, angenehme/unangenehme Aspekte,...) sowie Lärmmessungen durchgeführt, die als Grundlage für die Lärmstrategie dienten (vgl. City of Westminster, 2018).

ADAMS merkt aber auch an, dass viele lokale Autoritäten proaktiver an die Involvierung der vielfältigen Aspekte von Lärmverursachung und -wahrnehmung in Planungsprozessen herangehen könnten, bis hin zum Vorschlag, dass die Berücksichtigung von *Soundscares* eine Grundvoraussetzung für die Genehmigung neuer Bauvorhaben sein könnte (vgl. Adams, Davies et al., 2009: S. 6).

Natürlich besteht eine Möglichkeit darin, BürgerInnen zu Workshops einzuladen, Umfragen per Fragebögen oder qualitative Interviews mit BewohnerInnen durchzuführen, um zusätzlich zu den Messwerten von Schallpegelmessungen die subjektive Einstellung gegenüber den Geräuschquellen abzufragen. Diese Vorgehensweise ist jedoch relativ ressourcenintensiv. Eine Abfrage kann aber auch im Zuge partizipativer Lärmkartierung stattfinden. Dies birgt wesentliche Vorteile:

- Die Abfrage nach dem persönlichen Empfinden kann gleich in der Lärmmess-App vorstattengehen, wie es beispielsweise bei der *Noise Capture App* der Fall ist: Hier können Citizen Scientists nicht nur angeben, wie unangenehm oder angenehm die Messsituation empfunden wurde, sondern auch die Hauptquellen der Lärmerzeugung benennen

(wenngleich die Liste keine Vollständigkeit erhebt). Diese Funktionalität der *Noise Capture* App stellt eine Möglichkeit dar, die Brücke zwischen objektiven Messungen und subjektivem Empfinden zu schlagen und PlanerInnen Erkenntnismöglichkeiten und Entscheidungsgrundlagen abseits der traditionellen Lärmkarten zu bieten.

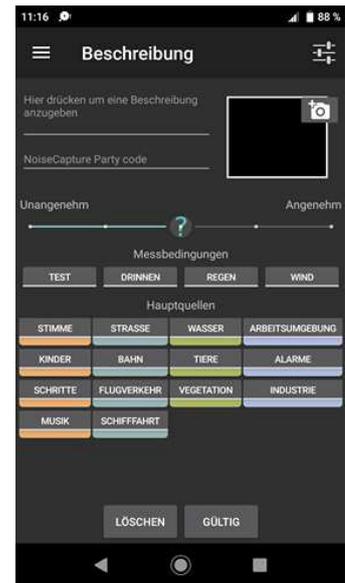


Abbildung 35: Beschreibungs-Fenster für subjektive Lärmwahrnehmung in der *Noise Capture* App

- Die Schallpegelmesswerte werden direkt mit Informationen zur persönlichen Wahrnehmung annotiert und weisen damit einen höheren Zusammenhang zu den objektiven Messwerten auf, als dies bei zwei separaten und unabhängig erstellten Informationsquellen (Lärmkarte und Befragung) der Fall ist.
- Citizen Science Projekte können, sofern sie adäquat (über viele Kanäle unter Berücksichtigung gesellschaftlicher Diversität) bekanntgemacht werden und die BürgerInnen gut informiert sind, die Beteiligung vieler TeilnehmerInnen ermöglichen. Ein Projekt, das neben objektiven Messwerten auch die persönliche Einstellung (d.h. psychologische Aspekte) erfasst, müsste FÜCHSLIN zufolge gleich mehrere Segmente potenziell Interessierter ansprechen (siehe Kapitel 7.2.2).

Partizipative Lärmkartierung kann - insbesondere in Kombination mit weiteren Formaten aktiver BürgerInnenbeteiligung - wertvolle Basisdaten, Erkenntnisse oder auch Empfehlungen für Raumplanungsaufgaben (besonders in Städten) bereitstellen. Werden die in dieser Arbeit vorgestellten Herangehensweisen, Werkzeuge und Funktionalitäten verschiedener Projekte kombiniert, können interessante neue Herangehensweisen entwickelt werden: Diese sollten sich nicht auf das reaktive Heranziehen strategischer Lärmkarten beschränken, sondern neue Technologie nutzen, die Involvierung von Citizen Science als fruchtbar erkennen und objektive Lärm-messungen mit subjektiven Wahrnehmungsmustern komplementieren. Es kann sich empfehlen, neue - für österreichische Verhältnisse noch nicht bekannte - Vorgehensweisen zu erproben: Die Konfrontation von Verwaltungsorganen mit eigenen Messungen bildet Einzelpositionen ab, jedoch keine akkordierte gemeinschaftliche Vorgehensweise oder ein umfassendes Datenbild einer größeren Einheit (räumlich wie gesellschaftlich), wie dies in gut organisierten und koordinierten Citizen Science Projekten zu erreichen ist. Wohl können sie aber (verkehrs)planerische Mängel aufzeigen, bzw. Zustände, in denen Optimierungspotenzial vorhanden ist.

Situationsbeurteilungen auf Basis ausgewiesener Lärmwerte der strategischen Lärmkarte bilden den derzeitigen *modus operandi*, weisen aber auch ein gewisses Dilemma hinsichtlich des Lärmschutzes auf: Strategische Lärmkarte wie auch Lärmaktionspläne dienen dem Ziel, die Bevölkerung vor potenziell schädlichem Umgebungslärm zu schützen (vgl. Europäisches Parlament, 2019, Artikel 1-3). Allerdings entfalten sie keine subjektive Rechtswirkung (vgl. Wiener Landtag, LGBl. Nr. 41/2019, § 15), ebenso wie die individuelle Lärmwahrnehmung in der gegenwärtigen nationalen Lärmschutzstrategie keine Rolle spielt.

Warum sollten partizipative Lärmkarten beispielsweise künftig nicht für Vergleiche auffälliger Hotspots mit der strategischen Lärmkarten zum Einsatz kommen? Hinsichtlich möglicher Aktionsspielräume wäre dabei interessant, zu für bestimmte Orte festzustellen, welche Faktoren zu besonders lärmintensiven oder ruhigen Situationen führen, sowie das individuelle Belästigungsempfinden der BewohnerInnen bewusst zu adressieren. Dabei geht es eben nicht nur um das Aufspüren störender Lärmquellen, sondern auch um darum, positiv wahrgenommene Schallquellen zu identifizieren. Diese Erkenntnisse könnten Raum- und VerkehrsplanerInnen dazu nutzen, um neben Minderungsmaßnahmen zu überlegen, ob positive Elemente von *Soundscapes* verstärkt und gegebenenfalls auch andernorts gefördert werden können.

Das SONYC (Sounds of New York City)-Projekt basiert auf einer umfangreichen, komplexen und zukunftssträchtigen soziotechnischen Herangehensweise partizipativer Lärmkartierung, indem Sensor Networks mit Citizen Science und Machine Listening Ansätzen kombiniert werden (vgl. Bello, Silva et al., 2018: S. 68). Ein stationäres Sensor-Netzwerk, das über die Stadt verteilt Lärmdaten erfasst, wird künftig mit direkt von Citizen Scientists bereitgestellten Messwerten (ein eigenes Gerät hierfür wird gegenwärtig entwickelt) komplementiert. Dies inkludiert auch, dass kurze, 10-sekündige Audio-Mitschnitte nach Verursachern bewertet und durch Citizen Scientists annotiert werden. Die Annotation bezieht sich auf negativ wahrgenommene Schallquellen (Presslufthammer, Hupen, Sirenen,...), die in Klassen unterschieden werden. Auf Basis dieser Einträge, die als Dictionary funktionieren, findet Machine Listening (als Form von Machine Learning) statt: Dabei lernt der Computer, selbstständig ähnliche Muster von Geräuschen den definierten Klassen zuzuordnen (vgl. Bello, Silva et al., 2018: S. 73). Eine interaktive Darstellung der partizipativ erfassten Lärmwerte – in Form einer Webmap oder (wie im SONYC-Projekt) als 3D-Visualisierung – erlaubt, die Annotationen als zusätzliche Informationen ebenfalls abrufbar zu machen. Eine Umsetzung, bei der die Daten in real-time übertragen und permanente Updates der Karte bewirken, bringt zusätzliche Dynamik in die Darstellung und kann gerade in explorativen Settings und zu Kommunikationszwecken zusätzliches Interesse wecken.

Wenngleich sich das Projekt auf störende Lärmquellen konzentriert, könnte es künftig – bei entsprechender sensortechnologischer Voraussetzung – von Interesse sein, *Soundscapes* auch hinsichtlich positiv bewerteter Geräuschquellen zu analysieren. Dies könnte bewirken, dass

planungsrelevante Erkenntnisse und Empfehlungen nicht nur auf Potenziale zu Lärmminde-
rungsmaßnahmen ausgerichtet sind, sondern auch, wo und wie positiv verstärkend eingewirkt
werden kann, um die Wahrnehmung an einem Ort zu verändern. Solche Maßnahmen könnten
auch mit ästhetischen Aufwertungen einhergehen. Beispielsweise wird Blätterrascheln als ange-
nehm empfunden, gleichzeitig haben Begrünungsmaßnahmen weitere positive Effekte auf die
Umgebungswahrnehmung. Bepflanzung wiederum kann weitere positive konnotierte Elemente
- wie Vogelgezwitscher - nach sich ziehen. Gegebenenfalls ist dies förderlich, dass die Wahr-
nehmung von Orten, die mit dem Doppelmerkmal „laut = hässlich“ assoziiert werden, verändert.
Beispielsweise können Anrainer gegenüber eines Tierparks hohen Schallpegelwerte ausgesetzt
sein, werden dies aber vermutlich weniger störend empfinden als Anrainerinnen neben einem
Flughafen.

Um nun positive Merkmale identifizieren zu können, die gegebenenfalls später als Grundlage
für die Klassen für Machine Listening dienen, kann eine qualitative Herangehensweise mit Inter-
views der BewohnerInnen gewählt werden, ebenso wie BürgerInnenveranstaltungen mit outpu-
torientierten Workshops oder Fragebögen. Diese haben den positiven Effekt, dass sich Bürge-
rInnen gehört und beachtet fühlen und Interesse an ihrer Situation erfahren, wohingegen Pla-
nung anhand strategischer Lärmkarten die individuelle Lärmwahrnehmung außen vorlassen.
Solche Veranstaltungen können gleichzeitig auch die Gelegenheit sein, zu einer Beteiligung an
Citizen Science Projekten zur Lärmerfassung zu motivieren und diese zu bewerben (wobei hier
eine Vielfalt an Kanälen genutzt werden sollte, um die Ansprache verschiedener Gruppen zu
gewährleisten). Die partizipative Lärmkartierung selbst kann mit Hilfe mobiler Endgeräte
(Smartphones, Tablets) durchgeführt werden, oder auf eigens entwickelten Sensoren bauen
(Sensorbox der TU Wien oder des SONYC Projects). Möglichkeiten, die individuelle Lärmwahr-
nehmung zu einer bestimmten Lärmsituation abzufragen, könnten wie folgt aussehen:

1. direkt über die Lärmapp (wie bei der Noise Capture App) bei Abschluss der Lärmmes-
sung eingetragen werden. Dies eignet sich eher für Kurzzeitmessungen
2. Eine von den Sensoren der Lärmmessung unabhängige, separate App ermöglicht Ein-
träge oder Meldungen ähnlich einem Lärmtagebuch
3. In einer fortgeschrittenen Anwendung könnten die Messungen von Lärmsensoren (z.B.
am Balkon) über eine Applikation mit dem Mobilgerät verbunden werden und die Citi-
zen Scientists zu Einträgen bei gewissen zeitlichen Phänomenen angeregt werden, z.B.
bei Auffälligkeiten in den Daten, wie Peaks oder auch zur Annotation von Sound-Samp-
les,....

Das Gelingen von Citizen Science ist von der Beteiligung einer großen Zahl, sowie Diversität der
TeilnehmerInnen abhängig, die sich an der Datensammlung beteiligen und damit zum Aufbau
einer umfangreichen Datenbank beitragen (vgl. Del Savio, Prainsack et al., 2017: S. 959), die in

der Folge für Analysen und Visualisierungen zur Verfügung steht. Ist die Rate aktiver Beteiligung hingegen gering, sind aussagekräftige Erkenntnisse und Empfehlungen schwierig. Aus diesem Grund ist großer Wert auf die Projektplanung von Citizen Science Projekten zu legen, die die Motivation, Voraussetzungen und Interessen der (potenziellen) TeilnehmerInnen berücksichtigt (vergleiche Kapitel 7.2). Ist die Beteiligung hoch, erlauben die erfassten Lärmdaten die Generierung einer partizipativen Lärmkarte. Zwar widmeten sich schon einige Forschungsarbeiten der Identifizierung soziodemografischer Charakteristika von Citizen Scientists allgemein und insbesondere hinsichtlich Biodiversitätsthemen (vgl. Füchslin, Schäfer et al., 2019; Merenlender, Crall et al., 2016; Pandya & Dibner, 2018), dedizierte Forschungsergebnisse zu den Charakteristika an partizipativer Lärmkartierung beteiligten Personen waren allerdings nicht zu finden. Weitere Forschungen in diesem Gebiet wären interessant, um die potenzielle Zielgruppe bestmöglich adressieren sowie TeilnehmerInnen zu längerfristigem Engagement motivieren zu können.

Zusammengefasst gesagt erlauben integrierte Herangehensweise partizipativer Lärmkartierung mit technologischen Möglichkeiten von Sensornetzwerken und Machine Learning sowie weiteren BürgerInnenbeteiligungsmethoden einen Zugang, der Eingriffsmöglichkeiten der Raumplanung nicht nur entlang der rationalen, objektiven Messungen und strategischen Lärmkartierung versteht, sondern auch die individuelle Wahrnehmungskomponente miteinbezieht. Solche Möglichkeiten sind also:

- **Soundscape-Rundgänge** mit PlanerInnen, Laien, WissenschaftlerInnen (aus verschiedenen Disziplinen) und Planungsautoritäten, um die Bedingungen vor Ort, die Wahrnehmungen der BürgerInnen zu erforschen, auszutauschen und diskutieren.
- **Bürgerbeteiligungsveranstaltungen**, in denen es um die Identifikation störender und angenehmer Aspekte lokaler *Soundscapes* geht; Gegebenenfalls inklusive Bemühungen zur Konkretisierung und Dokumentation der Diskussionsergebnisse, die in der Folge zur Klassifizierung für Machine-Learning-Ansätze verwendet werden können
- **(Verkehrs)Planungsaufgaben** berücksichtigen nicht nur Fragen, wie Störendes vermindert werden kann, sondern auch, wie positiv wahrgenommene Aspekte in *Soundscapes* gefördert werden können.
- **Citizen Science Projekte** in verschiedener Ausgestaltung, bei denen neben partizipativen Messungen auch Sensornetzwerke eine Rolle spielen (können), Machine Listening sowie Analyse, Ergebnisaufbereitung und Maßnahmenvorschläge. Partizipative Verfahren, die auch in der Lage sind, individuelle Lärmwahrnehmung miteinzubeziehen und bei Raumplanungsagenden berücksichtigt werden, haben bei entsprechender Diversität der teilnehmenden Personen das Potenzial, die wahrgenommene lebensweltliche Realität besser zu berücksichtigen, als dies bei der Zuhilfenahme strategischer

Lärmkarten der Fall ist. Eine solche Vorgehensweise dem *Empowerment*-Ansatz (vgl. Fetterman, 2017) zuzuordnen, zumal die aktive Teilnahme eine Grundlage für Maßnahmen zur Verbesserung der Lebensqualität ermöglicht und das Gefühl vermittelt, wirkmächtig zu sein.

Es zeigt sich also, dass sich ein offenerer Zugang und entsprechende Beteiligungsformate, die das Empowerment von BürgerInnen unterstreichen, gut mit Citizen Science basierter partizipativer Lärmkartierung und neuen technologischen Möglichkeiten kombinieren lässt und die resultierenden Erkenntnisse und Entscheidungshilfen von Raumplanung dadurch profitieren können. Lärminderungsmaßnahmen wie Lärmschutzwände, Fenster oder verkehrsplanerische Maßnahmen wie Temporeduktionen oder (temporäre) Fahrverbote können teuer sein und eine politische Willensäußerung ist manchmal nicht leicht zu erreichen. Weitere Forschung zu Aspekten der *Soundscapes*, die positiv bewertet werden, wäre von Interesse. Eventuell ließen sich manche Maßnahmen vergleichsweise einfach umsetzen, wobei dies nicht als Ausrede für fehlende Anstrengungen im Bereich von Lärmvermeidungs- und -verminderungsmaßnahmen interpretiert werden soll.

Weiters muss festgehalten werden, dass innovativere wissenschaftliche und planerische Herangehensweisen an Lärmbewältigung auch entsprechende Ressourcen und – je nach Projektziel – auch politische Willensbekundung bzw. einen Auftrag oder Interessensbekundung seitens der verantwortlichen öffentlichen Stellen bedarf (z.B.: wenn konkretes planerisches Handeln anvisiert wird). Dazu benötigt es Akteure, die an einem Strang ziehen und neben Interesse auch über Ressourcen verfügen, um das Vorhaben zu unterstützen. Ein Gelingen wird nicht absehbar sein, wenn Beteiligte keinen Willen oder Kapazitäten für eine Involvierung aufweisen. Die Zuteilung von Personalressourcen, die Finanzierung einer deklarierten Stelle, die Zusammensetzung eines Komitees, wie in der City of Westminster (vgl. City of Westminster, 2018) für Lärmagenden der Fall ist, oder starke Partnerschaft zwischen Forschung und Abteilungen der Stadtverwaltung, wie beim SONYC Projekt (vgl. Bello, Silva et al., 2018: S. 69) können eine erste Orientierung bieten, wie dies umgesetzt werden kann.

Aufgrund der Komplexität und Diversität unterschiedlichster Lärmquelle, der Vielzahl auditorischer Szenen und Hintergrundbedingungen ist und wird Lärmdetektion eine Herausforderung bleiben. So werden gewisse Prozessleistungen und Modellierungen weiterhin nötig sein, wenn Schallpegelwerte auf die Fläche ausgelegt werden sollen, zumal es auch in der absehbaren Zukunft nicht möglich sein wird, Messungen an jedem Punkt vorzunehmen.

13 Conclusio

Lärmerfahrungen betreffen quasi jede/n von uns. Für manche in einem solchen Maße, dass er sogar krank macht. So fühlt sich 1/3 der EuropäerInnen tagsüber von Lärm beeinträchtigt, 1/5 leidet unter verkehrsbedingten Schlafstörungen. Die WHO schätzt, dass jährlich es jährlich 1 bis 1,6 Millionen gesunden Lebensjahren durch verkehrsbedingte Lärmbelastung in Westeuropäischen Ländern verloren gehen (vgl. World Health Organization, 2011: S. xvii). Und laut European Environment Agency sind in den EU-28 jährlich 11.702 vorzeitige Todesfälle auf Lärmbelastung zurückzuführen (vgl. European Environment Agency, 2020: S. 30).

Bedenkt man den hohen Siedlungsdruck, mit dem sich Städte konfrontiert sehen, in Kombination mit dem hohen Mobilitätsbedürfnis der Menschen (Pendeln, Freizeit, Einkäufe,...), so ist davon auszugehen, dass das Thema Lärmbelastung weiter aktuell bleibt und sich BürgerInnen nach wie vor beispielsweise in Bürgerinitiativen organisieren, um ihrer Lärmbetroffenheit Gehör zu verschaffen. Zusätzlich entwickeln sich die technischen Möglichkeiten, Lärmdaten zu erheben, zu analysieren und visualisieren. Das Projekt SONYC stellt ein Beispiel dar, in dem eine Kombination eben jener Technologien, denen künftig großes Potenzial und Relevanz zugesprochen wird, zum Einsatz kommt: Sensornetzwerke, Deep-/Machinelearning – hier in der Form von Machine Listening sowie Citizen Science und partizipative Ansätze. Jede dieser Methoden wird vom Open Geospatial Consortium (OGC) als Technological Trend (in den Bereichen Data Science, Societal Geoscience und Sensing & Observation) genannt (vgl. Open Geospatial Consortium, 2020). Es ist daher durchaus denkbar, dass solche Herangehensweisen in der Zukunft vermehrt gewählt werden, um Lärm zu erfassen und zur Diskussion zu stellen.

Die Sensibilisierung zur Lärmthematik für SchülerInnen – als potenziell lärmbeeinträchtigte oder auch als lärmverursachende Personen – lässt sich auch gleichzeitig sehr gut mit einem ersten Einstieg in die Welt von Citizen Science verbinden. Dieser erste Kontakt mit Partizipation vermindert günstigerweise auch die Hemmungen, sich später als aktive BürgerInnen zu engagieren und nach dem Prinzip einer demokratischen Gesellschaft zu handeln.

Die Befassung mit der Thematik Lärm ist – sowohl hinsichtlich der wissenschaftlichen Befassung als auch der didaktischen Aufbereitung – äußerst vielfältig, gerade in Bezug auf die Aufarbeitung als Lärmmodul, in dem viele verschiedene Aspekte unterschiedlicher Wissenschaftsdisziplinen zusammengeführt werden, um den SchülerInnen einen interdisziplinären, realweltlichen Blick auf das Thema und die Möglichkeit zur Reflexion zu gewähren. Diese Komplexität ist äußerst spannend – zugleich aber auch fordernd: So fließt neben den theoretischen Grundlagen von Lärm auch psychologische Komponenten durch ein Experiment zur individuellen Lärmwahrnehmung und deren Reflexion im Plenum ein. Dies leitet zur Gegenüberstellung unterschiedlicher Bedürfnisse an Aktivität und Ruhe über sowie die Notwendigkeit von Regeln – wie Ruhezeiten – als Kompromisse für ein geregelteres Zusammenleben. Ebenso wird auf die (potenziellen)

gesundheitliche Auswirkungen von Lärm eingegangen. Rundgänge auf definierten Routen tragen zur Generierung einer partizipativen Lärmkarte bei, die gleich im Anschluss visualisiert und diskutiert wird. Leitend sind dabei Fragen wie: Wo war es besonders laut und warum? Welche Lärmverursacher waren auszumachen? Damit zusammenhängend werden auch mögliche Bias der Lärmerfassung besprochen: Unzureichende Aufnahmedisziplin, Windgeräusche, Fehler in der GNSS-Positionierung, kurzzeitig auftretende Lärmphänomene vs. Dauerschall, etc.

Nicht zu vergessen ist die am Prinzip der Didaktischen Rekonstruktion orientierte pädagogische Aufbereitung welche die Alltagserfahrungen, Meinungen und Vorstellungen der SchülerInnen bei der Moduldurchführung dediziert miteinbindet, zur Selbstreflexion motiviert und die Erweiterung wissenschaftlichen Vorstellungen der TeilnehmerInnen begünstigt. Neben den offenen Diskussionsmöglichkeiten zum Thema (wozu sich in nahezu jedem Stadium der Präsentation die Möglichkeit bietet) gibt es zwei Kernstücke des Moduls, die auch die Ergebnisse der Mitarbeit dokumentieren: 1. Die auf der individuellen Lärmwahrnehmung beruhenden Bewertungen der Hörbeispielen erfolgt durch eine Umfrage, deren Statistiken auch im Nachhinein abrufbar sind; 2. Die Messeinträge der partizipativen Lärmkartierung auf der *Noise Capture Map* von *Noise Planet* (als derzeitige Variante der kartographischen Repräsentation) sind über das Web öffentlich zugänglich.

Im Zuge der beiden Moduldurchführungen bei den MINT Sommerprogrammen von AK und BFI in Zell am See und Tamsweg, bei denen das iDEAS:lab Salzburg vertreten war, wurde kurz das Feedback der TeilnehmerInnen eingeholt sowie ex-post eine Selbstevaluierung durchgeführt. Grundsätzlich kann die derzeitige Modulausgestaltung als gelungen bezeichnet werden und steht für weiteren Einsatz ohne großen Anpassungsaufwand (abgesehen von einer erforderlichen Routenführung der Lärmrundgänge) bereit. Die Bereitschaft zur Mitwirkung, zum Teilen persönlicher Erfahrungen, zur Beteiligung an Diskussionen, und an der Lärmdatenerfassung war bei den TeilnehmerInnen sehr hoch ausgeprägt.

Als kritischste Punkte identifiziert wurden a) die Einhaltung des Zeitrahmens, der sich bei hoher Diskussionsbeteiligung der SchülerInnen schnell über die veranschlagte Dauer von einer Stunde hinaus erstreckt. Die Lärmerfassungsrundgänge hingegen haben sich bei den ersten Abhaltungen als sehr kompakt durchführbar und der gesteckten Zeitrahmen von 10-12 Minuten als realistisch erwiesen; b) die Visualisierung der erfassten Lärmdaten findet derzeit noch über die *Noise Capture Map* von *Noise Planet* statt. Die Plattform benötigt allerdings nach dem Upload mehrerer Messwerte einige Minuten, bis diese auf der Karte aufscheinen. Hier ist eine zügigere Alternative, günstigerweise durch die Einbettung in die Datenplattform des *Instituts für Visual Computing & Human-Centered Technology*, die im Zusammenhang mit der Sensorbox implementiert wird, zu befürworten.

Zur praktischen Verwendung der partizipativen Lärmdaten und Lärmkartierung ergab die Kontaktaufnahme mit VertreterInnen der Verwaltung (MA 22 Lärm und Schallschutz Stadt Wien sowie Abteilung 5 Natur- und Umweltschutz des Landes Salzburg), dass diese nicht als rechtlich anerkenbare Alternativen zur Strategischen Lärmkarte bzw. Lärmmessungen, die nach genormten Bedingungen (ÖNORM S 5004 - Messung von Schallimmissionen) durchzuführen sind, dienen können. Großes Potenzial wurde allerdings den bewusstseinsbildenden Möglichkeiten eines Lärmmoduls zugeschrieben, zumal hier auch größere Freiheiten in der Herangehensweise zur Thematik möglich sind.

Die weitere Entwicklung aufkommender technologischer Trends, die zurzeit teils noch als cutting-edge gelten, jedoch vom Open Geospatial Consortium als maßgeblich für den künftigen technologischen Wandel identifiziert wurden (vgl. Open Geospatial Consortium, 2020), wird sicher auch für das Thema Lärm einiges an Input in petto haben. Das Projekt SONYC hat bereits gezeigt, wie technologische Trendfelder rund um Sensing, Citizen Science, Data Science und raum-zeitliche Modelle kombiniert und integriert für Lärmanalyse und als Werkzeug zur Entscheidungsunterstützung zum Einsatz kommen können.

Solchen integrierten Betrachtungsweisen und Implementierungen könnte künftig ein beträchtliches Potenzial zukommen, das Lärmforschung und praktisch ausgerichtete Projekte sicher aufzugreifen wissen, um erstens dem Phänomen Lärm auf den Grund zu gehen, zweitens die Entscheidungsfindung für Lärminderungs- und -vermeidungsmaßnahmen zu unterstützen und drittens um zu evaluieren, ob und welche Maßnahmen in der Lärmbekämpfung erfolgversprechend eingesetzt werden können.

Literaturverzeichnis

- ABGB § 364 Abs 2, (Fassung vom 12.10.2020). Verfügbar unter:
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10001622> [12.10.2020]
- Adams, M., Cox, T., Moore, G., Croxford, B., & Refaee, M. (2006). Sustainable Soundscapes: Noise Policy and the Urban Experience. *Urban Studies*, 43.
doi:10.1080/00420980600972504 Verfügbar unter:
https://www.researchgate.net/publication/28578802_Sustainable_Soundscapes_Noise_Policy_and_the_Urban_Experience [07.10.2020]
- Adams, M., Davies, W., & Bruce, N. (2009). *Soundscapes: An urban planning Process Map* (Vol. 1).
- Adelung, J. C. (1823). *Kleines Wörterbuch der deutschen Sprache. Band 2* Wien: Lechner.
- aspermobil LAB. (2020). Sensorbox. Verfügbar unter: <https://www.mobillab.wien/sensorbox-tool/?fbclid=IwAR1mFNjl4vs-WbbG1kmbejEaxcTQyYSCjY7LYOuHoTVDVK6A-Q0JYUkoAac> [03.08.2020]
- Babisch, W. (2011). Cardiovascular effects of noise. *Noise and Health*, 13(52), 201-204.
doi:10.4103/1463-1741.80148 Verfügbar unter:
<http://www.noiseandhealth.org/article.asp?issn=1463-1741;year=2011;volume=13;issue=52;spage=201;epage=204;aulast=Babisch> [23.01.2020]
- Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet*, 383(9925), 1325-1332. doi:[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61613-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61613-X) Verfügbar unter:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014067361361613X> [23.01.2020]
- Basner, M., Müller, U., & Elmenhorst, E.-M. (2011). Single and Combined Effects of Air, Road, and Rail Traffic Noise on Sleep and Recuperation. *Sleep*, 34(1), 11-23.
doi:10.1093/sleep/34.1.11 Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1093/sleep/34.1.11> [23.01.2020]
- Bello, J. P., Silva, C., Nov, O., DuBois, R. L., Arora, A., Salamon, J., . . . Doraiswamy, H. (2018). SONYC: A System for the Monitoring, Analysis and Mitigation of Urban Noise Pollution. *Communications of the ACM*. Verfügbar unter:
<https://cacm.acm.org/magazines/2019/2/234354-sonyc/fulltext> [14.05.2020]
- Bocher, E., Petit, G., Fortin, N., Picaut, J., Guillaume, G., & Palominos, S. (2016). OnoM@p : a Spatial Data Infrastructure dedicated to noise monitoring based on volunteers measurements. doi:10.7287/PEERJ.PREPRINTS.2273V1 [12.05.2020]
- Booney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J. (2009). Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy *BioScience*, 59(11). doi:<https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9> Verfügbar unter: <https://bioone.org/journals/BioScience/volume-59/issue-11/bio.2009.59.11.9/Citizen-Science--A-Developing-Tool-for-Expanding-Science-Knowledge/10.1525/bio.2009.59.11.9.full> [09.06.2020]
- Brozzoli, C., Makin, T., Cardinali, L., Holmes, N., & Farnè, A. (2012). Peripersonal space: A multisensory interface for body-objects interactions.
- Bruner, J. (1970). Gedanken zu einer Theorie des Unterrichts. In G. Dohmen, F. Maurer, & W. Popp (Eds.), *Unterrichtsforschung und didaktische Theorie*. München: Piper.

- Bundesministerium Digitalisierung und Wirtschaftsstandort. (2018). IPPC-Anlagen. Anlage 3 der Gewerbeordnung 1994 - Antworten auf gestellte Fragen.
- Bundesministerium für Arbeit Soziales Gesundheit und Konsumentenschutz. (2018). Was ist Lärm? Verfügbar unter: <https://www.gesundheit.gv.at/leben/umwelt/laerm/was-ist-das> [12.04.2020]
- Bundesministerium für Bildung und Frauen. (2018). Unterricht erforschen - Kollegiale Unterrichtsbeobachtung. Verfügbar unter: <https://www.sqa.at/pluginfile.php/1911/course/section/1047/9204.pdf> [24.08.2020]
- Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Methoden und technischen Spezifikationen für die Erhebung des Umgebungslärms (Bundes-Umgebungslärmschutzverordnung - Bundes-LärmV)
- StF: BGBl. II Nr. 144/2006, (2006). Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20004689> [08.09.2020]
- Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Nukleare Sicherheit. (2014). Was ist Lärm? . Verfügbar unter: <https://www.bmu.de/themen/luft-laerm-verkehr/laermschutz/laermschutz-im-ueberblick/was-ist-laerm/> [12.02.2020]
- Celestina, M., Hrovat, J., & Kardous, C. A. (2018). Smartphone-based sound level measurement apps: Evaluation of compliance with international sound level meter standards. *Applied Acoustics*, 139, 119-128. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.04.011> Verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X17309945> [22.08.2020]
- City of Westminster. (2018). Westminster noise strategy Verfügbar unter: <https://www.westminster.gov.uk/noise-strategy> [12.10.2020]
- Civic Tech Guide. (11.06.2020). SONYC Sounds of New York City. Verfügbar unter: <https://civictech.guide/listing/sonyc-sounds-of-new-york-city/> [12.10.2020]
- Clary, E. G., & Snyder, M. (1999). The Motivations to Volunteer:Theoretical and Practical Considerations. *Current Directions in Psychological Science*, 8(5), 156-159. doi:10.1111/1467-8721.00037 Verfügbar unter: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1111/1467-8721.00037> [15.10.2020]
- Coello, Y., Bourgeois, J., & Iachini, T. (2012). Embodied perception of reachable space: How do we manage threatening objects? *Cognitive processing*, 13 Suppl 1, S131-135. doi:10.1007/s10339-012-0470-z
- Creative Commons. (o. D.). About CC Licences. Verfügbar unter: <https://creativecommons.org/about/cclicenses/> [17.10.2020]
- Creative Commons. (o.D.). Open Data. Verfügbar unter: <https://creativecommons.org/about/program-areas/open-data/> [17.10.2020]
- D'Hondt, E., Stevens, M., & Jacobs, A. (2013). Participatory noise mapping works! An evaluation of participatory sensing as an alternative to standard techniques for environmental monitoring. *Pervasive and Mobile Computing*, 9(5), 681-694. doi:<https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2012.09.002> Verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574119212001137> [26.04.2020]
- Del Savio, L., Prainsack, B., & Buyx, A. (2017). Motivations of participants in the citizen science of microbiomics: data from the British Gut Project. *Genetics in Medicine*, 19(8), 959-961. doi:10.1038/gim.2016.208 Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1038/gim.2016.208> [13.10.2020]

- Department for Environment Food and Rural Affairs. (2010). Noise Policy Statement for England (NPSE). Verfügbar unter: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69533/pb13750-noise-policy.pdf [12.10.2020]
- Detmar, N. (2019). Was ist ein iFrame? Einfach erklärt. *Chip*. Verfügbar unter: https://praxistipps.chip.de/was-ist-ein-iframe-einfach-erklart_110385 [17.07.2020]
- Diewald, H. (2016). Umgeben von Lärm. Ein Leben unter permanenter Beschallung. *scinexx | Das Wissensmagazin*. Verfügbar unter: <https://www.scinexx.de/dossierartikel/ein-dauerhafter-stressfaktor/> [24.02.2020]
- Domhnaill, C. M., Lyons, S., & Nolan, A. (2020). The Citizens in Citizen Science: Demographic, Socioeconomic, and Health Characteristics of Biodiversity Recorders in Ireland. *Citizen Science: Theory and Practice*, 5(1). doi:<http://doi.org/10.5334/cstp.283> Verfügbar unter: <https://theoryandpractice.citizenscienceassociation.org/articles/10.5334/cstp.283/#> [12.10.2020]
- Elektronik Kompendium. (28.08.2020). Dezibel / Phon / Sone. Verfügbar unter: <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/grd/1010171.htm> [13.09.2020]
- Elwood, S., & Leszczynski, A. (2013). New spatial media, new knowledge politics. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 38(4), 544-559. doi:[doi:10.1111/j.1475-5661.2012.00543.x](https://doi.org/10.1111/j.1475-5661.2012.00543.x) Verfügbar unter: <https://rgs-ibg.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1475-5661.2012.00543.x> [08.02.2020]
- Empa Materials Science and Technology. (2018). *Schallpegelmess-Apps*. Bern. Verfügbar unter: http://www.laerm.ch/de/dokumente/apps_tools/BerichtEmpaSmartPhones.pdf [16.04.2020]
- English, P. B., Richardson, M. J., & Garzon-Galvis, C. (2018). *From Crowdsourcing to Extreme Citizen Science: Participatory Research for Environmental Health*. Verfügbar unter: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-publhealth-040617-013702> [03.05.2020]
- Europäische Kommission. (1996). Lärmschutzpolitik: Grünbuch. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:l21224&from=DE> [18.10.2020]
- RICHTLINIE 2002/49/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND RATES vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm, (2002). Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0049&from=EN> [18.10.2020]
- Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm, (2019). Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02002L0049-20190726&from=DE> [18.10.2020]
- Verordnung (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung), (2016). Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=DE> [18.10.2020]
- European Commission. (2014). *Green Paper on Citizen Science. Citizen Science for Europe*. Verfügbar unter: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/green-paper-citizen-science-europe-towards-society-empowered-citizens-and-enhanced-research> [15.07.2020]

- European Environment Agency. (2014). *Noise in Europe 2014*. Luxembourg. Verfügbar unter: <http://www.noiseineu.eu/en/16115-a/homeindex/file?objectid=14605&objectypeid=0> [08.06.2020]
- European Environment Agency. (2019). *Number of people exposed to night-time noise (Lnight) ≥ 50 dB in Europe* Verfügbar unter: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/number-of-people-exposed-to-9#tab-googlechartid_googlechartid_chart_112 [17.06.2020]
- European Environment Agency. (2020). Healthy environment, healthy lives: how the environment influences health and well-being in Europe. 21(2019). Verfügbar unter: <https://www.eea.europa.eu/publications/healthy-environment-healthy-lives> [04.03.2020]
- Faber, B. M. (2017). Acoustic Measurements with Smartphones: Possibilities and Limitations. *Acoustics Today*. Verfügbar unter: <https://acousticstoday.org/wp-content/uploads/2017/05/Faber.pdf> [09.03.2020]
- Feldmann, H. (2012). Lärmschwerhörigkeit - Gehörschäden bei Musikern. In H. Feldmann & T. Brusis (Eds.), *Das Gutachten des Hals-Nasen-Ohren-Arztes*: Thieme. [13.04.2020]
- Ferri, F., Tajadura-Jiménez, A., Väljamäe, A., Vastano, R., & Costantini, M. (2015). Emotion-inducing approaching sounds shape the boundaries of multisensory peripersonal space. *Neuropsychologia*, 70, 468-475. doi:<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.03.001> Verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0028393215001062> [26.07.2020]
- Fetterman, D. (2017). Empowerment Evaluation. *BetterEvaluation*. Verfügbar unter: https://www.betterevaluation.org/en/plan/approach/empowerment_evaluation [13.10.2020]
- Fetterman, D., & Wandersman, A. (2005). *Empowerment Evaluation Principles in Practise*. New York: Guilford Publications. [13.10.2020]
- Flessner, B. (2019). Als die Stadt den Stau erfand. *Kultur & Technik*, 4/2019: Mobil in der Stadt. Verfügbar unter: http://www.deutsches-museum.de/fileadmin/Content/010_DM/060_Verlag/060_KuT/2019/4-2019/6-9Flessner_web.pdf [07.01.2020]
- Follett, R., & Strezov, V. (2015). An Analysis of Citizen Science Based Research: Usage and Publication Patterns. *PLoS One*, 10(11), e0143687. doi:10.1371/journal.pone.0143687. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143687> [25.06.2020]
- Frauscher-Ingram, A. (16.09.2020) *Potenzial partizipativer Lärmkartierung /Interviewer: E.-M. Missoni-Steinbacher*.
- FSV. (2006). RVS 04.02.11 Lärm und Luftschadstoffe. Lärmschutz. RVS.
- FSV. (Februar 2019). RVS 04.02.11 Berechnung von Schallemissionen und Lärmschutz. Verfügbar unter: <http://www.fsv.at/shop/produktdetail.aspx?IDProdukt=9c833b6d-9c84-477f-951a-9518ccb8576f> [03.09.2020]
- Füchslin, T., Schäfer, M. S., & Metag, J. (2019). Who wants to be a citizen scientist? Identifying the potential of citizen science and target segments in Switzerland. *Public Understanding of Science*, 28(6), 652-668. doi:10.1177/0963662519852020. Verfügbar unter: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0963662519852020> [09.10.2020]

- Geisel, S. (2018). Lärm. In D. Morat & H. Ziemer (Eds.), *Handbuch Sound: Geschichte - Begriffe - Ansätze* (pp. 199-204). Stuttgart: J.B. Metzler. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-476-05421-0_35 [07.03.2020]
- Ghose, R., & Welcenbach, T. (2018). "Power to the people": Contesting urban poverty and power inequities through open GIS. *The Canadian Geographer*, 62(1), 67-80. doi:<https://doi.org/10.1111/cag.12442> Verfügbar unter: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/cag.12442> [14.06.2020]
- Gomez, C., & Zhuraleva, O. (2017). Didaktische Rekonstruktion. Verfügbar unter: <https://service.zfl.uni-kl.de/wp/glossar/didaktische-rekonstruktion> [24.05.2020]
- Grotz, B. (04.01.2018). Eigenschaften von Schall. Verfügbar unter: <https://www.grundwissen.de/physik/akustik/eigenschaften-von-schall.html> [28.01.2020]
- Gwenaël, G., Arnaud, C., Gwendall, P., Nicolas, F., Sylvain, P., Benoit, G., . . . Judicaël, P. (2016). Noise mapping based on participative measurements. *Noise Mapping*(1). doi:<https://doi.org/10.1515/noise-2016-0011>. Verfügbar unter: <https://www.degruyter.com/view/journals/noise/open-issue/article-10.1515-noise-2016-0011/article-10.1515-noise-2016-0011.xml> [17.12.2019]
- Haklay, M. (2013). Neogeography and the delusion of democratisation. *Environment and Planning A*, 45(1). doi:10.1068/a45184. Verfügbar unter: <https://pdfs.semanticscholar.org/7a39/f3646fa0ae6f3cfa4fe47c2bf8d048ba80d9.pdf> [05.06.2020]
- Halperin, D. (2014). Environmental noise and sleep disturbances: A threat to health? *Sleep science (Sao Paulo, Brazil)*, 7(4), 209-212. doi:10.1016/j.slsci.2014.11.003. Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26483931> [21.04.2020]
- Hobbs, S. J., & White, P. C. L. (2012). Motivations and barriers in relation to community participation in biodiversity recording. *Journal for Nature Conservation*, 20(6), 364-373. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jnc.2012.08.002>. Verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1617138112000933> [09.10.2020]
- IEC - International Electrotechnical Commission. (2013). IEC 61672-1:2013 In *Electroacoustics - Sound level meters - Part 1: Specifications*.
- INSPIRE Metadatensuche Österreich. (2017). *Lärmzonen Umgebungslärmkartierung 2017*. Verfügbar unter: <http://geometadatensuche.inspire.gv.at/metadatensuche/srv/ger/catalog.search#/search?any=I%C3%A4rm> [22.08.2020]
- International Organization for Standardization. (2013). ISO/TS 15666:2003 Acoustics - Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. Verfügbar unter: <https://www.iso.org/standard/28630.html> [13.08.2020]
- International Organization for Standardization. (2017). ISO 9613-2_1996 Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part: General method of calculation.
- Irwin, A. (1995). *Citizen Science. A Study of People, Expertise and Sustainable Development*. London and New York: Routledge.
- Kar, B., Sieber, R., Haklay, M., & Ghose, R. (2016). Public Participation GIS and Participatory GIS in the Era of GeoWeb. *The Cartographic Journal*, 53(4), 296-299. doi:10.1080/00087041.2016.1256963. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1080/00087041.2016.1256963> [11.04.2020]

- Kardous, C. A., & Shaw, P. B. (2014). Evaluation of smartphone sound measurement applications. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 135(EL186). doi:<https://doi.org/10.1121/1.4865269>. Verfügbar unter: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.4865269> [02.10.2020]
- Kardous, C. A., & Shaw, P. B. (2016). Evaluation of smartphone sound measurement applications (apps) using external microphones - A follow-up study. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 140(EL327). doi:<https://doi.org/10.1121/1.4964639>. Verfügbar unter: <https://asa.scitation.org/doi/10.1121/1.4964639> [02.10.2020]
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengiesser, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. 3, 3-18. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/271957189_Das_Modell_der_Didaktischen_Rekonstruktion_-_Ein_Rahmen_fur_naturwissenschaftsdidaktische_Forschung_und_Entwicklung [13.10.2020]
- Kephalopoulos, S., Paviotti, M., & Anfosso-Ledee, F. (2012). *Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU). To be used by the EU Member States for strategic noise mapping following adoption as specified in the Environmental Noise Directive 2002/49/EC*. Luxembourg. Verfügbar unter: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/reference-reports/common-noise-assessment-methods-europe-cnossos-eu> [07.03.2020]
- Kircher, E. (2015). Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion. In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler (Eds.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (pp. 107-139). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Verfügbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-642-41745-0_4 [18.05.2020]
- Kullenberg, C., & Kasperowski, D. (2016). What Is Citizen Science? - A Scientometric Meta-Analysis. *PLoS One*, 11(1), e0147152. doi:10.1371/journal.pone.0147152. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147152> [03.10.2020]
- Leung, M. W., Yen, I. H., & Minkler, M. (2004). Community based participatory research: a promising approach for increasing epidemiology's relevance in the 21st century. *International Journal of Epidemiology*, 33(3), 499-506. doi:10.1093/ije/dyh010. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1093/ije/dyh010> [16.05.2020]
- Lewenstein, B. (2016). Can we understand Citizen Science? *Journal of Science Communication*, 15(01). doi:<https://doi.org/10.22323/2.15010501>. Verfügbar unter: https://jcom.sissa.it/archive/15/01/JCOM_1501_2016_E [14.05.2020]
- Lienert, G. A., & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse* (6. Auflage ed.). Weinheim: Beltz.
- luftdaten.info. Lärmbelastung selber messen mit Citizen Science. Verfügbar unter: <https://luftdaten.info/einfuehrung-zum-laermsensor/> [03.02.2020]
- Magistratsabteilung 22 - Umweltschutz. (2018). *Umgebungslärm-Aktionsplan Österreich 2018, TEIL 10 WIEN: Straßen außer A&S in der Ballungsraumgemeinde Wien*. Verfügbar unter: Wien: https://www.laerminfo.at/aktionsplaene/ap_2018.html [24.07.2020]
- Maibach, M., Schreyer, C., Sutter, D., Essen, H. P. v., Boon, B. H., Smokers, R., . . . Pawlowska, B. (2008). *Handbook on estimation of external costs in the transport sector*. Verfügbar unter: https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/sustainable/doc/2008_cost_s_handbook.pdf [12.02.2020]
- Margraf, J. (2016). Psychische Deprivation. *Pschyrembel Online*. Verfügbar unter: <https://www.pschyrembel.de/Sensorische%20Deprivation/K05Q5> [28.08.2020]

- Mazaris, A., Kallimanis, A., Chatzigiannidis, G., Papadimitriou, K., & Pantis, J. (2009). Spatiotemporal analysis of an acoustic environment: Interactions between landscape features and sounds. *Landscape Ecology*, 24, 817-831. doi: 10.1007/s10980-009-9360-x [16.07.2020]
- Merenlender, A., Crall, A., Drill, S., Prysby, M., & Ballard, H. (2016). Evaluating Environmental Education, Citizen Science, and Stewardship through Naturalist Programs: Naturalists and Citizen Science. *Conservation Biology*, 30(6). doi: <https://doi.org/10.1111/cobi.12737>. Verfügbar unter: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/cobi.12737> [27.09.2020]
- Metcalf, A., Blanchard, M., McCarthy, T., Phillips, L., Hartup, M., & Burns, J. (2010). *Bridging the Digital Divide: Engaging Young People in Programs that Use Information Communication Technology to Promote Civic Participation and Social Connectedness*.
- MINT:labs Science City Itzling. (2020). Reise in die Forschungswelt. Verfügbar unter: <https://www.mintlabs.at/> [17.10.2020]
- Mobile Marketing Association Austria. (2019). *Mobile Communications Report 2019*. Verfügbar unter: <https://www.mmaaustria.at/single-post/2019/09/11/Mobile-Communications-Report-2019> [04.03.2020]
- Morat, D., & Ziemer, H. (2018). *Handbuch Sound. Geschichte - Begriffe - Ansätze*: J.B. Metzler.
- Murphy, E., & King, E. (2016). Testing the accuracy of smartphones and sound level meter applications for measuring environmental noise. *Applied Acoustics*, 106, 16-22. doi:10.1016/j.apacoust.2015.12.012. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X15003667> [12.03.2020]
- Murphy, E., & King, E. A. (2014a). Chapter 1 - Environmental Noise Pollution. In E. Murphy & E. A. King (Eds.), *Environmental Noise Pollution* (pp. 1-7). Boston: Elsevier. Verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012411595800001X> [12.03.2020]
- Murphy, E., & King, E. A. (2014b). Chapter 2 - Principles of Environmental Noise. In E. Murphy & E. A. King (Eds.), *Environmental Noise Pollution* (pp. 9-49). Boston: Elsevier. Verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124115958000021> [12.03.2020]
- Murphy, E., & King, E. A. (2014c). Chapter 3 - Environmental Noise and Health. In E. Murphy & E. A. King (Eds.), *Environmental Noise Pollution* (pp. 51-80). Boston: Elsevier. Verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124115958000033> [12.03.2020]
- Murphy, E., & King, E. A. (2014d). Chapter 4 - Strategic Noise Mapping. In E. Murphy & E. A. King (Eds.), *Environmental Noise Pollution* (pp. 81-121). Boston: Elsevier. Verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124115958000045> [12.03.2020]
- Noise Planet. (2017). Noisecapture Privacy Policy History Version 1.0 - March 2017. Verfügbar unter: https://noise-planet.org/NoiseCapture_privacy_policy.html [18.07.2020]
- Noise Planet. (o. D. -a). Noise-Planet Scientific tools for environmental noise assessment. Verfügbar unter: <http://noise-planet.org/project.html> [16.07.2020]
- Noise Planet. (o. D. -b). Noise Capture protocol. Verfügbar unter: https://noise-planet.org/noisecapture_protocol.html [16.07.2020]

- Olsen Widen, S., & Erlandsson, S. (2004). The influence of socio-economic status on adolescent attitude to social noise and hearing protection. *Noise and Health*, 7(25), 59-70. Verfügbar unter: <http://www.noiseandhealth.org/article.asp?issn=1463-1741;year=2004;volume=7;issue=25;spage=59;epage=70;aulast=Olsen> [04.05.2020]
- Open Geospatial Consortium. (2020). OGC Technology Trends. Verfügbar unter: <https://www.ogc.org/OGCTechTrends> [13.09.2020]
- Österreichischer Arbeitsring zur Lärmbekämpfung. (2019). ÖAL-Richtlinie Nr. 28 - Berechnung der Schallausbreitung im Freien und Zuweisung von Lärmpegeln und Bewohnern zu Gebäuden. Verfügbar unter: https://www.oal.at/images/rl_downloads/rl_28_01012019.pdf [16.04.2020]
- Pandya, R., & Dibner, K. A. (2018). *Learning Through Citizen Science: Enhancing Opportunities by Design*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Payer, P. (2003). Vom Geräusch zum Lärm. Zur Geschichte des Hörens im 19. und frühen 20. Jahrhundert. In W. Aichinger, F. Eder, & C. Leitner (Eds.), *Sinne und Erfahrung in der Geschichte*. Verfügbar unter: <http://stadt-forschung.at/downloads/Vom%20Geraeusich%20zum%20Laerm.pdf> [06.02.2020]
- Payer, P. (2016). Signum des Urbanen. Geräusch und Lärm der Großstadt um 1900. *Dossier Sound des Jahrhunderts*. Verfügbar unter: <https://www.bpb.de/geschichte/zeitgeschichte/sound-des-jahrhunderts/209557/grossstadt-um-1900> [06.02.2020]
- Peirce, C. S. (1967). *Schriften*. (Vol. Band 1). Frankfurt am Main.
- Penner, L. (2002). Dispositional and Organizational Influences on Sustained Volunteerism: An Interactionist Perspective. *Journal of Social Issues*. doi: <https://doi.org/10.1111/1540-4560.00270>. Verfügbar unter: <https://spssi.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1540-4560.00270> [19.08.2020]
- Pettibone, L., Vohland, K., & Ziegler, D. (2017). Understanding the (inter)disciplinary and institutional diversity of citizen science: A survey of current practice in Germany and Austria. *PLoS One*, 12(6), e0178778. doi:10.1371/journal.pone.0178778. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178778> [12.10.2020]
- Picaut, J., Fortin, N., Bocher, E., Petit, G., Aumond, P., & Guillaume, G. (2019). An open-science crowdsourcing approach for producing community noise maps using smartphones. *Building and Environment*, 148, 20-33. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.10.049>. Verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318306747> [10.09.2020]
- Plavec, J. G. (2019). Stuttgarter OK Lab und Hochschule testen Prototyp. Bürger können selber Lärm messen. *Stuttgarter nachrichten*. Verfügbar unter: <https://www.stuttgarter-nachrichten.de/inhalt.ok-lab-und-hochschule-testen-prototyp-buerger-koennen-selber-laerm-messen.91e87301-16fe-4d1e-9cc0-a8ebbc3cdbab.html> [17.05.2020]
- Preißer, R. (2007). *Methoden und Verfahren der Kompetenzbilanzierung im deutschsprachigen Raum* Verfügbar unter: Wien: http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/oeibf_Kompetenzbilanzierung_2007_preisser.pdf [09.10.2020]
- Raddick, M., Bracey, G., Carney, K., Gyuk, G., Borne, K., Wallin, J., & Jacoby, S. H. (2009). Citizen Science: Status and Research Directions for the Coming Decade. *Astrophysics*, 2010, 46.
- Reinfried, S., Mathis, C., & Kattmann, U. (2009). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung im

Unterricht. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerfortbildung*, 27(3), 404-414. Verfügbar unter: https://www.pedocs.de/volltexte/2017/13710/pdf/BZL_2009_3_404_414.pdf [03.08.2020]

Ross-Hellauer, T., Tennant, J. P., Banelyte, V., Gorogh, E., Luzi, D., Kraker, P., . . . Vignoli, M. (2020). Ten simple rules for innovative dissemination of research *PLOS Computational Biology*, 16(4). doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1007704> [12.07.2020]

Schindler, M. (18.9.2020) *Interview zum Potenzial partizipativer Lärmkartierung/Interviewer: E.-M. Missoni-Steinbacher.*

Schobert, B. (2019). Selbstevaluation. Erfolge sichtbar machen - Grundlagen. Verfügbar unter: <https://www.selbstevaluation.de/grundlagen.html> [11.10.2020]

See, L., Mooney, P., Foody, G., Bastin, L., Comber, A., Estima, J., . . . Et.al. (2016). Crowdsourcing, Citizen Science or Volunteered Geographic Information? The Current State of Crowdsourced Geographic Information. *International Journal of Geo-Information*, 5(5). doi:<https://doi.org/10.3390/ijgi5050055>. Verfügbar unter: <https://www.mdpi.com/2220-9964/5/5/55> [13.10.2020]

Sengpiel, E. (o.D.). Tontechnik-Rechner. Dezibel-Tabelle - SPL - Lautstärke-Vergleichstabelle. Verfügbar unter: <http://www.sengpielaudio.com/TabelleDerSchallpegel.htm> [13.10.2020]

Spyrisdis, C. (2019). The Influence of Hellenic Philosophy on the Contemporary World. In J. G. Dellis & S. A. Paipetis (Eds.): Cambridge Scholars Publishing.

Statista. (o. D.). Definition Bias - Verzerrung. Verfügbar unter: https://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/35/bias_verzerrung/ [24.06.2020]

Strong, D., Lee, Y., & Wang, R. (1997). Data Quality in Context. *Communications of the ACM*, 40(5). doi:10.1145/253769.253804 [17.08.2020]

SWR. (2019). Lärm messen - darauf sollten Sie achten. *SWR-MITMACHAKTION #ZULAUT*. Verfügbar unter: <https://www.swr.de/wissen/zulaut/laerm-messen-100.html?fbclid=IwAR0rhIrHK9UtbBF2RaAeVX-Bg1SE7XFnDBsqMrT9xYe9wzw8Ers7WO7wlsM> [08.05.2020]

Theebe, M. (2004). Planes, Trains, And Automobiles: The Impact of Traffic Noise on House Prices. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 28, 209-234. doi:10.1023/B:REAL.0000011154.92682.4b. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/5151720_Planes_Trains_And_Automobiles_The_Impact_of_Traffic_Noise_on_House_Prices [06.04.2020]

Thigpen, C., & Funk, C. (2020). Younger, more educated U.S. adults are more likely to take part in citizen science research. *Pew Research Center*. Verfügbar unter: <https://www.pewresearch.org/fact-tank/2020/06/25/younger-more-educated-u-s-adults-are-more-likely-to-take-part-in-citizen-science-research/> [16.10.2020]

Treiblmaier, H. (2010). Datenqualität und Validität bei Online-Befragungen. *der markt*, 50, 3-18. doi:10.1007/s12642-010-0030-y [03.06.2020]

Tucholsky, K. (2005). *Gesammelte Werke. Band 2: 1925-1928*. Frankfurt a. M.

Turrini, T., Dörler, D., Richter, A., Heigl, F., & Bonn, A. (2018). The Threefold Potential of Environmental Citizen Science - Generating Knowledge, Creating Learning Opportunities and Enabling Civic Participation. *Biological Conservation*, 225, 176-186. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.03.024> [27.05.2020]

- Umweltbundesamt Deutschland. (2019). Verkehrslärm. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verkehrslaerm#belastigung-durch-verkehrslarm> [18.04.2020]
- Universität für Bodenkultur. Was ist Citizen Science. Verfügbar unter: <https://www.citizen-science.at/eintauchen/was-ist-citizen-science> [12.03.2020]
- Van Cauter, E., Spiegel, K., Tasali, E., & Leproult, R. (2008). Metabolic consequences of sleep and sleep loss. *Sleep Medicine*, 9, S23-S28. doi: [https://doi.org/10.1016/S1389-9457\(08\)70013-3](https://doi.org/10.1016/S1389-9457(08)70013-3). Verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389945708700133> [08.03.2020]
- Ventura, R., Mallet, V., Issarny, V., Raverdy, P.-G., & et.al. (2017). Estimation of urban noise with the assimilation of observations crowdsensed by the mobile application Ambicit. *InterNoise*, 17.
- Ventura, R., Mallet, V., Issarny, V., Raverdy, P.-G., & Rebhi, F. (2017, 2017-08-27). *Estimation of urban noise with the assimilation of observations crowdsensed by the mobile application Ambiciti*. Paper presented at the INTER-NOISE 2017 - 46th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering Taming Noise and Moving Quiet, Hong Kong, China.
- Ventura, R., Mallet, V., Issarny, V., Raverdy, P.-G., & Rebhi, F. (2017). Evaluation and calibration of mobile phones for noise monitoring application. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 142(5), 3084-3093. doi:10.1121/1.5009448. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1121/1.5009448> [13.07.2020]
- VwGH 2001/05/0212, (16.12.2003). Verfügbar unter: https://rdb.manz.at/document/ris.vwghr.JWR_2001050212_20031216X06 [08.09.2020]
- Warnke, S. (2020). Was ist GPS? Alle Informationen zum populären Ortungssystem. Verfügbar unter: <https://www.inside-digital.de/ratgeber/so-funktioniert-gps> [29.07.2020]
- West, S., & Pateman, R. (2016). Recruiting and Retaining Participants in Citizen Science: What Can Be Learned from the Volunteering Literature? *Citizen Science: Theory and Practice*, 1(2). doi:<https://doi.org/10.5334/cstp.8>. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/312180673_Recruiting_and_Retaining_Participants_in_Citizen_Science_What_Can_Be_Learned_from_the_Volunteering_Literature [07.10.2020]
- Verordnung der Wiener Landesregierung über die Festlegung näherer Regelungen zur Beschreibung der Lärmindizes, der Bewertungsmethoden für Lärmindizes und der Mindestanforderungen für die Ausarbeitung von Strategischen Lärmkarten, Konfliktplänen und Aktionsplänen sowie über die Festlegung der ruhigen Gebiete (Wiener Umgebungslärmschutzverordnung), (LGBl. Nr. 23/2019). Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000581> [13.09.2020]
- Gesetz über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm (Wiener Umgebungslärmschutzgesetz), (LGBl. Nr. 41/2019). Verfügbar unter: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000268> [26.04.2020]
- Wiggins, A., & Crowston, K. (2011, 4-7 Jan. 2011). *From Conservation to Crowdsourcing: A Typology of Citizen Science*. Paper presented at the 2011 44th Hawaii International Conference on System Sciences.
- Wilson, P. M., Petticrew, M., Calnan, M. W., & Nazareth, I. (2010). Disseminating research findings: what should researchers do? A systematic scoping review of conceptual

frameworks. *Implement Sci*, 5, 91. doi:10.1186/1748-5908-5-91. Verfügbar unter:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2994786/pdf/1748-5908-5-91.pdf>
[15.06.2020]

World Health Organization. (2009). *Night Noise Guidelines for Europe*. Verfügbar unter:
Copenhagen:
http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf?ua=1
[04.02.2020]

World Health Organization. (2011). Burden of disease from environmental noise.
Quantification of healthy life years lost in Europe. Verfügbar unter:
https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/e94888.pdf?ua=1
[04.02.2020]

World Health Organization. (2018). *Environmental Noise Guidelines for the European Region*.
Verfügbar unter: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/publications/2018/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018> [08.02.2020]

Zünd, A. (2004). Was ist Schall? Verfügbar unter:
http://www.laermorama.ch/m1_akustik/schall_w.html [12.03.2020]

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Überblick über Zusammenhänge von Lärmverursachung, Lärmschutz, individueller Wahrnehmung und Citizen Science. Quelle: eigene Darstellung	5
Abbildung 2: Herangehensweise bei der Modulkonzeption	13
Abbildung 3: Oszillogrammtypen von Ton, Klang und Geräusch. Quelle: Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft e.V., o. D.....	21
Abbildung 4: Geschätzte Lärmexposition in urbanen Agglomerationen. Quelle: European Environment Agency 2019, eigene Darstellung	30
Abbildung 5: Geschätzte Lärmexposition in ländlichen Gebieten. Quelle: eigene Darstellung nach European Environment Agency 2019	31
Abbildung 6: Reaktionsschema von Lärmauswirkungen. Quelle: eigene Darstellung nach Babisch 2002, 2011.....	33
Abbildung 7: Pyramide Auswirkungen von Lärm auf die Gesundheit. Quelle: eigene Darstellung nach Babisch 2002, 2011	34
Abbildung 8: Subjektives Belästigungsempfinden - ausgedrückt in einer App-Bewertung. Quelle: Auszug aus https://play.google.com/store/apps/details?id=com.gamebasic.decibel&hl=de&showAllReviews=true	36
Abbildung 9: Lärmbelastigung nach Verursacher. Quelle: WHO 2009, S. 59	37
Abbildung 10: Checkliste für Projektmanager, um die Motivation von Citizen Scientists in den unterschiedlichen Phasen ihrer Beteiligung zu unterstützen. Quelle: eigene Darstellung nach West et. Pateman, 2016, S. 3	45
Abbildung 11: Segmente und deren Anteile an den potenziell an Citizen Science interessierten Personen der Schweizer Bevölkerung. Quelle: Füchslin et.al., S. 659-660; eigene Darstellung.....	48
Abbildung 12: Lärmkarten Industrie L_{night} für Salzburg und Wien. Quelle: BMK, 2020	52
Abbildung 13: Smartphonennutzung von 2013-2019, sowie die am häufigsten verwendeten Betriebssysteme. Quelle: Mobile Communications Report 2019, angepasste eigene Darstellung.....	53
Abbildung 14: Das SONYC (Sounds of New York City) Cyber-Physische System. Quelle: https://wp.nyu.edu/sonyc/	58
Abbildung 15: Überblickgrafik zum Best-Practise Beispiel SONYC (Sounds of New York City). Quelle: eigene Darstellung auf Basis von Bello, 2018	60
Abbildung 16: Lärmkarte Straßenverkehr. Quelle: bmk.gv.at, abgerufen am 29.09.2020, ergänzt durch die Positionen der manuellen Verkehrszählung.....	62
Abbildung 17: Basiswerte für Fahrzeugemissionen und Kennwerte für den Einfluss von Geschwindigkeit (für $V \geq 30$ km/h). Quelle: RVS 04.02.11 Ausgabe 1. März 2006	63
Abbildung 18: Framework des Noise Planet Projects. Quelle: Noise Planet, o.D.	66

Abbildung 19: Fachdidaktisches Triplet: Beziehungsgefüge der Teilaspekte im Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Quelle: Darstellung angepasst von: Kattmann, 1997: S. 4.. 78	
Abbildung 20: Aufbau der Sensorbox, entwickelt an der TU Wien. Quelle: aspern.mobil LAB.....	83
Abbildung 21: Vergleich Schallpegelmessungen mit Sony Xperia XA2 a) ohne externes Mikrofon; b) mit externem Mikrofon.....	86
Abbildung 22: Modulausgestaltung und Varianten für den praktischen Teil der Lärmmessungsrundgänge	89
Abbildung 23: Lärmmessungsrundgang zu Testzwecken (eigene Erhebung, Darstellung mittels Noise Map von Noise Planet)	91
Abbildung 24: Positierungsungenauigkeiten bei Messungen mit der Noise Capture App an der Rosa-Kerschbaumer-Straße (Salzburg).....	92
Abbildung 25: Eignung unterschiedlicher Präsentationsformate zur Moduldurchführung	95
Abbildung 26: Zusammenhang zwischen Modulinhalt - Technischem Design und Software inklusive deren Zugänglichkeit für Anpassungen	96
Abbildung 27: Vorschlag zum künftigen Ablauf von der Lärmdatenerfassung bis hin zur Visualisierung und Integration ins Präsentationformat des Lärmmoduls. Quelle: eigene Darstellung.....	98
Abbildung 28: Partizipative Lärmkartierung der TeilnehmerInnen vom MINT Ferienprogramm in Zell am See vom 27.08.2020 im Bereich Brucker Bundesstraße bis Nikolaus-Gassner-Promenade. Quelle: Noise Planet, o. D.	115
Abbildung 29: Partizipative Lärmkartierung mit TeilnehmerInnen des MINT Ferienprogramms in Tamsweg vom 08.09.2020 im Bereich Kirchengasse bis Friedhofsstraße. Quelle: Noise Planet, o. D.....	116
Abbildung 30: Gegenüberstellung unterschiedlicher Lärmmessmethoden. Quelle: eigene Messungen, Berechnung nach RVS sowie der Lärmkarte 2017 für Salzburg entnommen)	119
Abbildung 31: Antworten der SchülerInnen zu ihrer individuellen Lärmwahrnehmung auf Hörbeispiele im Zuge der ersten beiden Abhaltungen des Lärmmoduls im Rahmen der MINT Ferienwoche in Zell am See/Tamsweg im August und September 2020.....	120
Abbildung 32: Partizipative Lärmkartierung im Rahmen des Lärmmoduls bei der MINT Ferienwoche in Zell am See. Quelle: Noise Planet, o. D.	121
Abbildung 33: Partizipative Lärmkartenerstellung im Rahmen des Lärmmoduls bei der MINT Ferienwoche in Tamsweg. Quelle: Noise Planet, o. D.	121
Abbildung 34: Differenzierung von "primärer" und "sekundärer" Zielgruppe für die Inhalte des Lärmmoduls.....	126
Abbildung 35: Beschreibungs-Fenster für subjektive Lärmwahrnehmung in der Noise Capture App	134

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verkehrszählung, eigene Erhebung (29.09.2020).....	62
Tabelle 2: Gegenüberstellung unterschiedlicher Lärmmessmethoden. Quelle: eigene Messungen, Berechnung nach RVS sowie der Lärmkarte 2017 für Salzburg entnommen	64
Tabelle 3: Funktionen von Lärmmess-Apps im Vergleich (Aktualität: 26.04.2020). Quelle: eigene Darstellung.....	65
Tabelle 4: Kategorien und Dimensionen von Datenqualität im Hinblick auf partizipative Lärmkartierung. Quelle: basierend auf: Wang und Strong, 1996, zit. nach Treiblmaier, 2010: S. 9.....	70
Tabelle 5: Vergleich der Schallpegelmessungen von iOS und Android Smartphones	85
Tabelle 6: Vergleich der Schallpegelmessungen am Smartphone mit und ohne externes Mikrofon.....	87
Tabelle 7: Vergleich der Schallpegelmessungen am Tablet mit und ohne externem Mikrofon	88

Anhang

Interview mit Dipl.-Ing. Michael Schindler, Leiter des Bereichs Lärm und SchallschutzMagistrat Wien

TRANSKRIPT INTERVIEW

zum Potenzial partizipativer Lärmkartierung mit mobilen Endgeräten

Datum: 18.09.2020 um 9:30 Uhr

Gesprächspartner: **Dipl.-Ing. Michael Schindler**
Bereich Lärm und Schallschutz
Leiter des Bereiches

Umweltschutz
1200 Wien, Dresdner Straße 45

Telefon +43 1 4000 73599
Fax +43 1 4000 99 73599
E-Mail michael.schindler@wien.gv.at
Web www.umweltschutz.wien.at

Interviewer: Eva-Maria Missoni-Steinbacher

Danke für die Bereitschaft zum Interview. Ich habe mir zur Vorbereitung den Umgebungslärm-Aktionsplan Teil 10 für Wien durchgelesen. Dieser wird von Ihnen erstellt?

Ja, genau.

Die dazugehörigen Lärmkarten für Wien ebenfalls?

Die Karten werden von der MA Immission verantwortet, sprich von uns freigegeben und dann ans Bundesministerium übermittelt. Wir vergeben da aber immer einen externen Auftrag. Wir berechnen das nicht im Haus.

Ich habe gelesen, dass sehr viel Zusammenarbeit auch mit den anderen Magistratsabteilungen erfolgt, beispielsweise der Stadtplanung. Wenn die Karten und der Aktionsplan bereits fertiggestellt sind - haben Sie einen Überblick, wo diese dann auch tatsächlich angewandt werden, zB. bei Planungsaufgaben?

Das Problem, das wir haben, ist, dass der Lärmaktionsplan ja keine rechtsverbindliche Wirkung hat. Das sind Maßnahmen, die wir vorschlagen bzw. Maßnahmen, die dargestellt werden, wenn sie schon vorhanden sind oder zum Einsatz bereit wären, dann fließen die auch ein in den Lärmaktionsplan. Auch die Lärmkarten heißen so, weil die Wo man rauslesen kann, wo es laut ist, wo man etwas tun kann oder sollte, aber auch da gibt es keine verbindliche Wirkung. Es ist gut, dass ich es habe, dass man sich daran orientieren kann, aber es kann keiner die Stadt Wien verklagen, weil es wo zu laut ist.

Ich kenne es aus Salzburg so, dass bei konkreten Bauvorhaben von Seiten der Stadt bzw. des Magistrats vorgeschrieben worden ist, dass in gewissen Bereichen Maßnahmen getroffen werden müssen.

Ja, natürlich ist es so, dass die Bauphysiker die Lärmkarten hernehmen, was auch zulässig ist, in einschlägigen Normen steht dann schon sehr wohl drinnen, dass idealerweise schon mal

Messungen durchgeführt werden, weil ja die Lärmkarten nur im Fünfjahreszyklus erstellt werden. Und das trägt natürlich mit sich, dass man bei neuen Bauvorhaben, dass es zu Veränderungen gekommen ist oder dass in den neu errichteten Straßenzügen einfach gar keine Daten vorhanden sind und man da Messungen macht oder auf Daten einer guten Verkehrsanalyse sollte man da auf der sicheren Seite sein. Aber natürlich kann ich, wenn es passt, auch die Lärmkarten heranziehen und auf Basis dessen kann es schon einmal passieren, dass die Baupolizei dann vorschreibt, dass zum Beispiel Lärmschutzfenster zu errichten sind.

Dann würde ich nun zum Teil „partizipativer Lärmkartierungen“ übergehen: Wenn man mit mobilen Endgeräten (Smartphone oder Tablet) Lärm aufnimmt, dann ist die Genauigkeit natürlich nicht so groß wie mit einem geeichten Schallpegelmessgerät. Wenn man hier Lärmdaten aufnimmt, um – im Sinne von Citizen Science – das das Thema Lärm den Leuten näherbringt, oder um ein Gefühl dafür zu bekommen, welcher Schallpegel in einem bestimmten Bereich herrscht. Da geht es in meiner Arbeit auch in die Richtung Bewusstseinsbildung, gerade von SchülerInnen der Sekundarstufe II. Wie sehen Sie den Wert solcher partizipativen Messungen?

Wir haben hier die Herausforderung – ob diese Messungen genau oder ungenau sind sei einmal dahingestellt – dass von der rechtlichen Seite her die Vorgabe, dass wir den Energieäquivalenten messen und auch darstellen. Das kann ich mit einem herkömmlichen Messgerät, das am freien Markt erhältlich ist, nicht messen. Das heißt, den L_{eq} misst mir ein Standardmessgerät, sei es ein selbstgebautes oder ein Handymikrofon oder ein Schallpegelmessgerät vom Conrad kann das nicht. Was ich eigentlich damit mache ist eine Spitzenmessung von einem vorbeifahrenden Auto oder was auch immer. Das ist für die Bewusstseinsbildung einmal grundsätzlich gut, dass ich weiß, wie laut ist so ein Fahrzeug, aber ich habe keine Aussage, außer es ist einmal lange Zeit ruhig, dann kann ich einmal so eine Schalleistungspegel messen.

Wir haben schon auch einmal selbst in die Richtung überlegt, ob so ein Citizen Science Projekt Sinn machen könnte, ob das nicht spannend wäre einmal über die Menge der messenden Personen eine Punktwolke darzustellen, bei der man dann jeden Tag eine Veränderung dieser Punktwolke sieht und man kann dann über diese Veränderungen sehr wohl gewisse Ableitungen anstellen, das mag schon möglich sein. Was man konkret damit tut ist die Frage, weil die rechtlichen Anforderungen sehr eng abgesteckt sind und weniger speziell auf die Lärmkarten abzielen – im Bereich der Bewusstseinsbildung sind natürlich alle Türen und Tore offen.

Wie ist es, wenn BürgerInnen in ihrem Umfeld Messwerte aufnehmen und an das Magistrat herantreten und meinen, es sei bei ihnen deutlich zu laut. Wie wird in solchen Fällen reagiert? Wird jemand geschickt, der „richtig“ nachmisst?

Es gibt immer wieder Fälle, wo aufgrund von planerischen Fehlleistungen Wohnbauten entstehen, wo sich BürgerInnen beschweren, das kommt sehr häufig vor, es kommt auch sehr häufig vor, dass sich Leute zum Conrad gehen und sich ein Messgerät kaufen, mit dem sie Spitzenpegel messen können. Was wir schon machen ist wenns wirklich ein rechtliches Problem ist, dass wir über einen Amtssachverständigen die Situation erheben lassen. Das ist aber im Falle von Lärmbelästigungen beispielsweise bei Wärmepumpenklimateanlagen, da kommt sowas vor, dass wir ähnlich behördenhaft – Lärm- und Schallschutz hat ja keine behördliche Stellung – die Behörde, die uns da beauftragt, ist die Baubehörde/Baupolizei, im Auftrag der Behörde gehen wir da hin. Natürlich gibt es auch indifferente Sachverhalte, wo ein Geräusch da ist und man weiß nicht, wo das herkommt: Ob es eine Anlage in der Nachbarschaft ist, oder doch etwas anders. Dann fahren wir auch ohne Aufträge hinaus und natürlich haben wir auch den Auftrag, dem Bürger behilflich zu sein, aber wir können nicht bei jeder Beschwerde hinfahren und messen und vor allem müssen wir das schon leider sehr oft in die Richtung beantworten, dass wir sagen: Ja, es kann sein, dass Sie sich gestört fühlen. Wir haben die Lärmkarten, die sind hinreichend genau und

die sind heranzuziehen. Es ist schon so, dass da Leute mit ihren selbstgemessenen Werten kommen und dann sagt man ja, danke für den Spitzenpegel, aber der ist nicht ausschlaggebend.

Es gibt ja unterschiedliche Maßnahmen zur Lärmreduktion, wie Lärmschutzwände oder passive Schallschutzeinrichtungen. Werden diese auch über die Lärmkarten identifiziert oder geht es in die Richtung, dass sich mehre Leute in einem Bereich beschweren und man dann tätig wird?

Es gibt mehrere Herangehensweisen. Das ist natürlich schon zum Teil so, dass sich die BürgerInnen beschweren und mit ihrem Anliegen an uns herantreten. Wobei wie gesagt, da sind Maßnahmen auf Veranlassung des Bezirkes zu treffen. Das heißt wir schicken die Leute grundsätzlich zur Bezirksvorstehung, damit die das dann veranlassen und sich dann natürlich der entsprechenden magistratischen Dienststellen behelfen. Wenn es verkehrsorganisatorischer Art ist gibt es die MA 46, denen es die Überprüfung einer Lärmschutzwand obliegt, dann uns, Straßenbaumaßnahmen wäre die MA 28. Natürlich gibt es auf Basis der Lärmkarten die Verpflichtung, die Öffentlichkeit zu informieren, da gibt's ein Öffentlichkeitsbeteiligungsverfahren und mit der Wiener Umgebungslärm-Schutzverordnung und das machen wir natürlich auch jedes mal, laden auch alle Bezirke extra ein, das heißt es sind grundsätzlich alle Bezirke informiert und wissen, was sich in ihrem Bezirk abspielt. Und was wir schon auch machen ist eine Information an die Bezirke, wobei das läuft eher nebenbei. Das ist ein erheblicher Aufwand, wir machen eine sogenannte Prioritätenreihung wo wir ganz gezielt Sozialbauten hernehmen und die nach ihrer Exposition beurteilen und schauen: Wie laut ist es dort? Was wäre dort für eine Lärmschutzmaßnahme möglich? Selbiges aber auch für öffentliche Plätze weil natürlich als Wiener Bürger ist man als Erholungssuchender auf ruhige Plätze angewiesen – und sei es ein Park oder ein anderer öffentlicher Platz, da ist natürlich schon die Frage, wie man die Aufenthaltsqualität steigern kann. Da gibt es gerade aktuell eine Studie gemeinsam mit der MA 19 und der BOKU zum Thema „Nachhaltige Gestaltung öffentlicher Plätze“, wo man zwar das Hauptaugenmerk auf die sommerliche Bewärmung hat, aber natürlich schon auch den Aspekt der Lärminderung miteinbringt. Und das gleiche ist natürlich auch beim Lärmschutz. Wobei eine Lärmschutzwand jetzt natürlich nicht das Non-Plus-Ultra ist, geschweige denn ein Lärmschutzfenster. Das wirkt ja nur solange, bis ich das Fenster kippe oder anders öffne. Natürlich wäre eine verkehrstechnische Maßnahme das idealere Mittel. Nicht immer das politisch gewünschte, aber von der Wirksamkeit her wäre Tempo 30 oder idealerweise gar kein Verkehr am besten.

Zur letzten Frage: Dem Lärmaktionsplan Teil 10 für Wien angefügt war im Angang die Dokumentation zur Dialogveranstaltung. Dabei waren auch die interessierte Öffentlichkeit und Bürgerinitiativen beteiligt. Hinsichtlich der Bürgerinitiativen: Wie schätzen sie deren Aktivitäten ein, wie viele gibt es in Wien zum Thema Lärm und treten diese auch öfters an Sie heran?

Es gibt zum Beispiel im Bereich des Fluglärms viele Initiativen, die auch sehr engagiert sind. Rein vom Umgebungslärm durch die Straße gibt es ein paar zum Beispiel in Stadlau, auch eine in Liesing, die treten schon auch an uns heran, oft sogar an den Bezirk oder im Vorfeld auch an uns, um einmal abzustecken, was überhaupt die Möglichkeiten sind, die Rahmenbedingungen, etc. und dann werden sie an die entsprechenden Stellen verwiesen von uns.

Dann vielen Dank meinerseits, für Ihre Zeit und die Informationen!

Kollegiale Hospitation

Raster für kollegiale Unterrichtsbeobachtung

Beobachter: Ulrich- Franz Öttl

bei: Eva Missoni

Klasse: MINT Ferienprogramm Zell am See

Datum: 27.08.2020

Vereinbartes Thema zur Beobachtung: Aktive Beteiligung der Schüler/innen am Unterricht

Kriterien und Indikatoren (Woran merke ich, dass der Indikator erfüllt oder nicht erfüllt ist?)	Beobachtung	Kommentar
<p>Kriterium 1: Schüler/innen beteiligten sich aktiv am Unterricht</p> <p>Indikator 1.1: die Unterrichtsmethoden unterstützen die Aktivität der Schüler/innen (z.B. Gruppenarbeiten; Präsentationen durch Schüler/innen)</p> <p>1.2: Die Workshopleiterin lädt Schüler/innen ein, ihre Interessen einzubringen, Fragen zu stellen, Inhalte zu kommentieren</p> <p>1.3: Die „Redezeit“ von Schüler/innen bzw. die Zeit, in der sie selbst etwas tun, ist hoch</p>	<ul style="list-style-type: none"> im Rahmen des Lärmmoduls vor allem durch gezieltes Nachfragen hinsichtlich subjektiver Einschätzung der Schüler/innen, was genau als Lärm verstanden wird respektive was Lärm verursachen kann Nachfragen hinsichtlich physikalischer Besonderheiten Lärm-Schall Gemeinsames Erarbeiten hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Lärm und körperlicher Gesundheit Partizipative Lärmkartierung mittels Noise Capture App im Rahmen einer Gruppenarbeit sowie Analyse und Kommentierung von Lärmkarten mittels der Schüler/innen Stetige Interaktivität zwischen Lehrendem und Schüler/innen durch Nachfragen hinsichtlich Wissen bzw. der persönlichen Einschätzung bestimmter Zusammenhänge im Rahmen des Lärmmoduls sowie durch Teilnahme an digitalen Umfragen und partizipativer Lärmkartierung 	<ul style="list-style-type: none"> Das Lärmmodul wurde im Rahmen eines Ferienprogramms gehalten (unterschiedlicher Kenntnisstand der Schüler/innen im Bereich Physik), daher weniger Augenmerk auf Vermittlung und Abfrage von physikalischen Zusammenhängen hinsichtlich Schall und Lärm als vielmehr an diesem Thema Interesse wecken und persönliche Einschätzung der Schüler/innen erfahren
<p>Kriterium 2: Es herrscht eine offene Atmosphäre</p> <p>Indikator 2.1: Leiterin stellt offene Fragen</p> <p>2.2: Leiterin wartet Antworten der Schüler/innen ab</p> <p>2.3: Schüler/innen geben ausführliche Antworten</p> <p>2.4: Schüler/innen melden sich auch von sich aus zu Wort</p> <p>2.5: Leiterin lässt Diskussionen zu: zwischen Leiterin und Gruppe und/oder zwischen Schüler/innen</p>	<ul style="list-style-type: none"> Generell lockere und offene Atmosphäre zwischen Lehrer/in und Schüler/innen Offene Fragen an die Schüler/innen hinsichtlich der Bedeutung, Entstehung und des persönlichen Empfindens von Lärm Nachfragen hinsichtlich physikalischem Wissen bzgl. Entstehung von Schall 	<ul style="list-style-type: none"> Kein reguläres Unterrichtsgeschehen bei Modulpräsentation sowie relativ kleine Gruppe an Schüler/innen vereinfacht Mitarbeit und animiert auch weniger aktive Schüler/innen zu verstärkter Mitarbeit

Kriterien und Indikatoren (Woran merke ich, dass der Indikator erfüllt oder nicht erfüllt ist?)	Beobachtung	Kommentar
	<ul style="list-style-type: none"> • Schüler/innen melden sich nach kurzem Zögern einzeln zu Wort und werden von Leiterin aufgerufen • Meist kurze, prägnante Antworten der Schüler/innen auf einzelne Fragen • Kleinere, ungezwungene Diskussionen zwischen den Schüler/innen finden statt und werden vom der Leiterin geduldet 	
<p>Kriterium 3: Alle Schüler/innen werden ins Workshopgeschehen einbezogen</p> <p>Indikator 3.1: Es gibt „Regeln“ der Zusammenarbeit und Interaktion, die eine Beteiligung aller fördern</p> <p>3.2: Die Workshopleiterin stellt sicher, dass sich alle beteiligen, sie geht auf weniger aktive Schüler/innen zu</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Durch die relative kleine Gruppe von insgesamt acht Schüler/innen konnte eine Beteiligung aller Schüler/innen am Modul ohne größere Schwierigkeiten sichergestellt werden • Kleinere Diskussionen unter den Schüler/innen haben sich positiv auf die Mitarbeit ausgewirkt 	
<p>Kriterium 4: Technische Handhabung</p> <p>Indikator 4.1 Die Schülerinnen meistern die technische Handhabung des Gerätes (Tablets) bei Umfragen und Lärmdatenmessung</p> <p>Indikator 4.2 Technische Ausgestaltung und Funktionsfähigkeit von Survey und Lärmkarte</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Nach einer kurzen technischen Einweisung in die Funktion der Noise Capture App konnten die Schüler/innen selbstständig Lärmmessungen mittel App ohne größere Schwierigkeiten durchführen • Darstellung von durch Lärm unterschiedlich hoch belasteten Gebieten mittels Farbgebung und dazugehöriger Legende für die Schüler/innen klar ersichtlich 	<ul style="list-style-type: none"> • Partizipative Lärmmessung im Freien positiv hinsichtlich der Vertiefung des vermittelten theoretischen Wissens sowie als Auflockerung zwischendurch gegenüber „Frontalunterricht“

Nach: Gutknecht-Gmeiner 2015, leicht adaptiert

Raster für kollegiale Unterrichtsbeobachtung

Beobachter: Peter Michael Jeremias **bei:** Eva Maria Missoni Steinbacher **Klasse:** MINT Ferienprogramm Tamsweg **Datum:** 8.9.2020

Vereinbartes Thema zur Beobachtung: Aktive Beteiligung der Schüler/innen am Unterricht

Kriterien und Indikatoren (Woran merke ich, dass der Indikator erfüllt oder nicht erfüllt ist?)	Beobachtung	Kommentar
<p>Kriterium 1: Schüler/innen beteiligten sich aktiv am Unterricht</p> <p>Indikator 1.1: die Unterrichtsmethoden unterstützen die Aktivität der Schüler/innen (z.B. Gruppenarbeiten; Präsentationen durch Schüler/innen)</p> <p>1.2: Die Workshopleiterin lädt Schüler/innen ein, ihre Interessen einzubringen, Fragen zu stellen, Inhalte zu kommentieren</p> <p>1.3: Die „Redezeit“ von Schüler/innen bzw. die Zeit, in der sie selbst etwas tun, ist hoch</p>	<p>Die Workshopleiterin motiviert die SchülerInnen mit einer offenen Präsentation, wo die Inhalte eher nur Stichworte und Fragen zum Anregen einer Diskussion darstellen. Die SchülerInnen diskutieren Fragen sowohl mit der Lehrperson, als auch untereinander. Der Themenbezug ist dabei zur meisten Zeit gegeben, die Lehrperson lenkt die Diskussion damit Abschweifungen im geringen Ausmaß bleiben. Bei erklärenden Teilen achtet die Lehrperson darauf, dass die SchülerInnen wenn möglich eingebunden werden und die Inhalte durch Diskussion erarbeiten.</p>	<p>Indikatoren 1 und 2 sind durchgehend erfüllt, Indikator 3 zeitweise, wobei dies mit fortwährender Dauer mehr wird, wenn die anfängliche Schüchternheit überwunden ist.</p>
<p>Kriterium 2: Es herrscht eine offene Atmosphäre</p> <p>Indikator 2.1: Workshopleiterin stellt offene Fragen</p> <p>2.2: Workshopleiterin wartet Antworten der Schüler/innen ab</p> <p>2.3: Schüler/innen geben ausführliche Antworten</p> <p>2.4: Schüler/innen melden sich auch von sich aus zu Wort</p> <p>2.5: Workshopleiterin lässt Diskussionen zu: zwischen Workshopleiterin und Klasse und/oder zwischen Schüler/innen</p>	<p>Die Fragen seitens der Workshopleiterin sind offen gestaltet, den SchülerInnen wird in der Diskussion entsprechender Handlungs- und Argumentationsspielraum gelassen, wobei dieser im kontrollierten Rahmen bleibt. Es entwickelt sich teilweise eine Diskussion zwischen den SchülerInnen ohne dass dies von der Lehrperson gefordert wurde.</p>	<p>Eine erste Schüchternheit zu Beginn scheint von den TeilnehmerInnen rasch überwunden zu sein. Ein Vertrauen zur Workshopleiterin wird rasch aufgebaut, wobei noch weitgehend Ferienstimmung als Schulstimmung herrscht.</p>
<p>Kriterium 3: Alle Schüler/innen werden ins Unterrichtsgeschehen einbezogen</p> <p>Indikator 3.1: Es gibt „Regeln“ der Zusammenarbeit und Interaktion, die eine Beteiligung aller fördern</p> <p>3.2: Die Lehrkraft stellt sicher, dass sich alle beteiligen, sie geht auf weniger aktive Schüler/innen zu</p>	<p>Es werden weitgehend alle TeilnehmerInnen in die Diskussion eingebunden, einige wenige TeilnehmerInnen halten sich eher zurück oder versuchen sich anderweitig zu beschäftigen. Die Workshopleiterin versucht, dies SchülerInnen aktiv aber subtil ins Gespräch einzubinden. Als konkrete Regel für die Zusammenarbeit wird festgelegt, dass sich SchülerInnen zuhören müssen, beim Thema bleiben sollen und gegenseitig ausreden lassen sollen.</p>	<p>Mit herannahender Mittagspause wird die Aufmerksamkeitsspanne der SchülerInnen kürzer. Die Workshopleiterin versucht, dem mit einfacheren Darstellungen entgegenzuwirken. Der gemeinsame Spaziergang zur Lärmmessung wirkt auffrischend.</p>
<p>Kriterium 4: Technische Handhabung</p> <p>Indikator 4.1 Die Schülerinnen meistern die technische Handhabung des Gerätes (Tablets) bei Umfragen und Lärmdatenmessung</p> <p>Indikator 4.2 Technische Ausgestaltung und Funktionsfähigkeit von Survey und Lärmkarte</p>	<p>Der Großteil der SchülerInnen ist mit dem Umgang eines Tablets bestens vertraut. Bei weniger versierten TeilnehmerInnen wird seitens der Workshopleiterin unterstützt bzw. unterstützen sich die SchülerInnen gegenseitig. Die Surveys werden von den SchülerInnen als einfach verständlich empfunden, was die intensive Diskussion der Fragen untermauert.</p>	<p>Während der Lärmmessung verhalten sich die TeilnehmerInnen den Vorgaben entsprechend. Ein Konkurrenzkampf bzgl. höchster Lautstärke bricht kaum aus. Die Lärmkarte ist technisch nicht einwandfrei, da das</p>

Kriterien und Indikatoren (Woran merke ich, dass der Indikator erfüllt oder nicht erfüllt ist?)	Beobachtung	Kommentar
		Hochladen von Messwerten und anschließende Aktualisierung der Darstellung eine, für den Geduldsfaden von Sekundarstufe 1 SchülerInnen, zu hohe Zeit beanspruchen. Allerdings liegt die technische Umsetzung nicht in den Händen der Workshopleiterin, somit ist im Zweifelsfall lediglich die Überlegung von Alternativen eine Möglichkeit.

Nach: Gutknecht-Gmeiner 2015, leicht adaptiert