

# Interdisziplinäre Untersuchung zur Wahrnehmung von Lärm und anderen Stressfaktoren im urbanen Raum

Jonas Stienen<sup>1</sup>, Teresa Schmidt<sup>2</sup>, Bastian Paas<sup>3</sup>, Janina Fels<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Technische Akustik, Juniorprofessur für Medizinische Akustik, RWTH Aachen, 52074 Aachen, E-Mail: jst@akustik.rwth-aachen.de*

<sup>2</sup> *Communication Science und Human-Computer Interaction Center, RWTH Aachen*

<sup>3</sup> *Geographisches Institut, RWTH Aachen*

## Einleitung

Die Erforschung von Stressfaktoren, die auf den Menschen im urbanen Raum einwirken, umfasst eine Vielzahl von physikalischen Größen, wie beispielsweise klimatische Einflüsse oder das akustische Umfeld. Die Erfassung, Analyse, Bewertung und Präsentation der komplexen Zusammenhänge, die eine potenzielle positive wie negative Wirkung auf den Menschen hervorrufen können, erstreckt sich über ganz unterschiedliche Forschungsfelder, die ganzheitlich nur mit einer interdisziplinären Herangehensweise zu bewältigen ist. Aus diesem Grund wurde an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Universität Aachen (RWTH Aachen) aus der Kooperation UFO - *Urban Future Outline* im Projekthaus HumTec (*Human Technology*) das Forschungsvorhaben FuEco – *Future Ecosystems*<sup>1</sup> zur Untersuchung der Wahrnehmung von Stressfaktoren im urbanen Raum ins Leben gerufen, welches sich mit dieser Fragestellung auseinandersetzt und in dem sich wissenschaftliche Mitarbeiter verschiedener Disziplinen engagieren.

## Vorgehensweise

Um eine Bewertung kombinierter Belastungsfaktoren im öffentlichen Raum zu entwickeln, wurde die Projektdurchführung in drei Phasen aufgeteilt:

1. Feldexperimente
2. Analyse und Bewertung
3. Multimodale Präsentation

Die Datenerhebung mittels Feldexperimenten dient der Aufnahme von physikalischen Einflussfaktoren auf der einen Seite, und der Erfassung der öffentlichen Wahrnehmung dieser Faktoren durch Umfragen auf der anderen Seite. Es wird das Prinzip verfolgt, die Messdaten am selben Ort und zur selben Zeit zu erheben, an denen auch die Umfragen stattfinden [4]. Dies erlaubt eine Kombination der Messwerte mit den Antworten der Befragungen.

## Messkampagnen

Die Durchführung der Feldexperimente umfasst insgesamt vier Mess- und Umfragekampagnen, die in zwei unterschiedlichen Städten sowie Jahreszeiten angesetzt sind, (siehe Tabelle 1) und von denen bereits MK1-3 abgeschlossen wurden. Die Variation der Jahreszeit ist aus Sicht der Klimaforschung interessant, da sich gerade

zwischen Sommer und Winter maximale Unterschiede bei vielen der betrachteten physikalischen Größen einstellen. Um eine Übertragbarkeit zu anderen Umfeldern herzustellen und die Machbarkeit des Vorhabens auch in anderen Städten zu überprüfen, wurde zusätzlich zur Stadt Aachen (MK1-2) auch die Stadt Münster (MK3-4) als Untersuchungsort gewählt. Sie weist in vielerlei Hinsicht Ähnlichkeiten mit Aachen auf, z.B. bei der absoluten Einwohnerzahl und dessen Anteil an Studenten, verfügt jedoch auch über orographische Differenzen und, im Gegensatz zu Aachen, über innerstädtische Oberflächengewässer.

**Tabelle 1:** Übersicht der Mess- und Umfragekampagnen

Kürzel	Parameter		
	Jahr	Ort	Jahreszeit
MK1	2014	Aachen	Winter
MK2	2014	Aachen	Sommer
MK3	2015	Münster	Winter
MK4	2015	Münster	Sommer

## Einflussfaktoren

Durch den interdisziplinären Untersuchungsansatz können eine Vielzahl unterschiedlicher Parameter gleichzeitig untersucht werden, die eine Analyse der Kombination verschiedener Stressfaktoren erlaubt. Technisch umsetzbar sind im Rahmen des vorgestellten Projekts aufgrund der Zusammensetzung der Mitwirkenden die folgenden Einflussfaktoren:

- Lärm
- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Strahlungsintensität
- Wind und
- Feinstaub.

Wie in Abbildung 1 dargestellt wird eine mobile Sensorstation verwendet, um die meteorologischen Messdaten sowie die Akustikdaten vor Ort zu erfassen. Um die akustische Umgebung aufzuzeichnen wird ein omnidirektionales Mikrofon und ein Aufnahmegerät verwendet, außerdem wurde in der MK1 mit dem Kunstkopf des Instituts für Technische Akustik ein binaurales Referenzsignal aufgezeichnet, um dieses z.B. für den Vergleich von realen Aufnahmen mit simulierten Auralisierungen zu verwenden. Die Aufzeichnung des Schalldruckverlaufs über Zeit ermöglicht das nachträgliche Ausschneiden von Zeitabschnitten, die aus den Umfragedaten hervorgehen. Diese Zeitabschnitte können dann mit etablierten Verfahren in akustische Einzahlkennwerte transformiert werden, wie z.B. der

<sup>1</sup> <http://www.humtec.rwth-aachen.de/ufo-fueco>

äquivalente Schalldruckpegel mit A-Bewertung nach ISO 226 oder die zeitvariante Lautheit nach ISO 532 welche eine bessere Übereinstimmung mit der Wahrnehmung des Menschen erzielt [2]. Auch weitere psychoakustische Größen wie ein zeitlicher Mittelwert der Schärfe kann zu Rate gezogen werden.



**Abbildung 1:** Mobiler meteorologischer Messwagen (Vordergrund) und verhüllter Kunstkopf (Hintergrund)

### Umfragen

Die Wahrnehmung der Öffentlichkeit bezüglich der einzelnen Stressfaktoren wird durch interviewbasierte Umfragen erhoben und stellt neben den instrumentellen Messwerten das zweite wichtige Datenfundament dar, um kombinierte Belastungsfaktoren zu untersuchen, die auf den Menschen im urbanen Raum wirken. Der verwendete Fragebogen umfasst insgesamt 40 Fragen, die im Durchschnitt innerhalb von 12 Minuten beantwortet werden können. Dabei werden zu Anfang unter anderem demographische Angaben (Alter, Geschlecht, soziale Situation, Beruf), Informationen zu Gewohnheiten und Aktivitäten (Sport, Freizeit), der Grund des Aufenthaltes und allgemeine Komfort-Empfindung (Krankheit, privater Stress, Klima) erfragt. Im weiteren Verlauf wird dann Stellung zur Wahrnehmung der Einflussfaktoren genommen. Beispielsweise lautet eine Frage zum akustischen Komfort wie folgt: „Ich empfinde die Geräuschkulisse an diesem Ort als ...“, woraufhin eine 5-wertige Likert-Skala zur Bewertung mit unterschiedlichen Adjektiven von „angenehm“ bis „unangenehm“ zur Verfügung steht. Im Gegensatz zu umfangreicheren Befragungen aus der Soundscape-Forschung, die sich ausschließlich mit akustischen Fragestellungen beschäftigen, besteht die Schwierigkeit in diesem interdisziplinären Ansatz darin, einen gut ausbalancierten Katalog von Aspekten zu entwickeln, die den jeweiligen Problemstellungen der einzelnen Disziplinen gerecht wird und trotzdem in einer annehmbaren Zeit erfasst werden kann, um Bürger vor Ort nicht lange aufhalten zu müssen und somit eine größere Anzahl für die Durchführung gewinnen zu können. Im Kontext der Wahrnehmung akustischer Merkmale führt dieser Kompromiss zu insgesamt vier Fragen, die die Einstellung zur Lärmkulisse bezüglich der Adjektivpaare leise/laut, angenehm/unangenehm, nicht lästig/lästig und entspannend/stressig erlauben. Zusätzlich wird noch die

Einschätzung des eigenen Hörvermögens bewertet und eventuelle Hörbeeinträchtigungen angeben. Als Resultat können diese Punkte bezüglich der Akustik insgesamt innerhalb von ca. 2 Minuten erfasst werden.

### Umfang der Datenerhebung

Die hier näher dargestellten zwei Messkampagnen MK1 und MK2 in Aachen umfassen insgesamt N=258 Umfragen, die bis dato teilweise ausgewertet werden konnten, wobei sich N=98 davon auf die erste Messkampagne im Winter und N=160 auf die Sommerkampagne verteilen. Daten wurde dabei an fünf unterschiedlichen Orten (siehe [6]) im Bereich des Elisenbrunnens erhoben, einer Parkanlage in der Aachener Innenstadt, bei der sich in der absoluten Anzahl N im Detail wie folgt aufteilt: *Pos 1* = 42, *Pos 2* = 20 (nur Winter; im Sommer nicht berücksichtigt), *Pos 3* = 79, *Pos 4* = 57, *Pos 5* = 60. *Pos 1* befindet sich in der Nähe einer Sehenswürdigkeit am Rande des Gartenbereichs der Anlage. *Pos 2* zeichnet sich durch unmittelbare Nähe zu einer mit öffentlichen Verkehrsmitteln (Busse, Taxen, Lieferverkehr) vielbefahrenen Straße und einer daran befindlichen Bushaltestelle auf versiegeltem Untergrund aus (siehe auch Abbildung 1). Inmitten der Parkanlage auf einer Rasenfläche wurden Daten erhoben, die mit *Pos 3* gekennzeichnet sind. *Pos 4* bezieht sich auf einen Ort nahe eines kleinen Spielplatzes am Rande des Elisengartens, welcher sich auch in unmittelbarer Nähe zu einer mäßig befahrenen Straße befindet, die für den privaten PKW-Verkehr freigegeben ist. *Pos 5* befindet sich an der Kreuzung der beiden genannten Straßen in einer Zone, die von Fußgängern als Durchgangsbereich von der Einkaufsstraße in die Altstadt genutzt wird, aber auch einigen Cafés zur Außenbewirtung von Gästen dient.

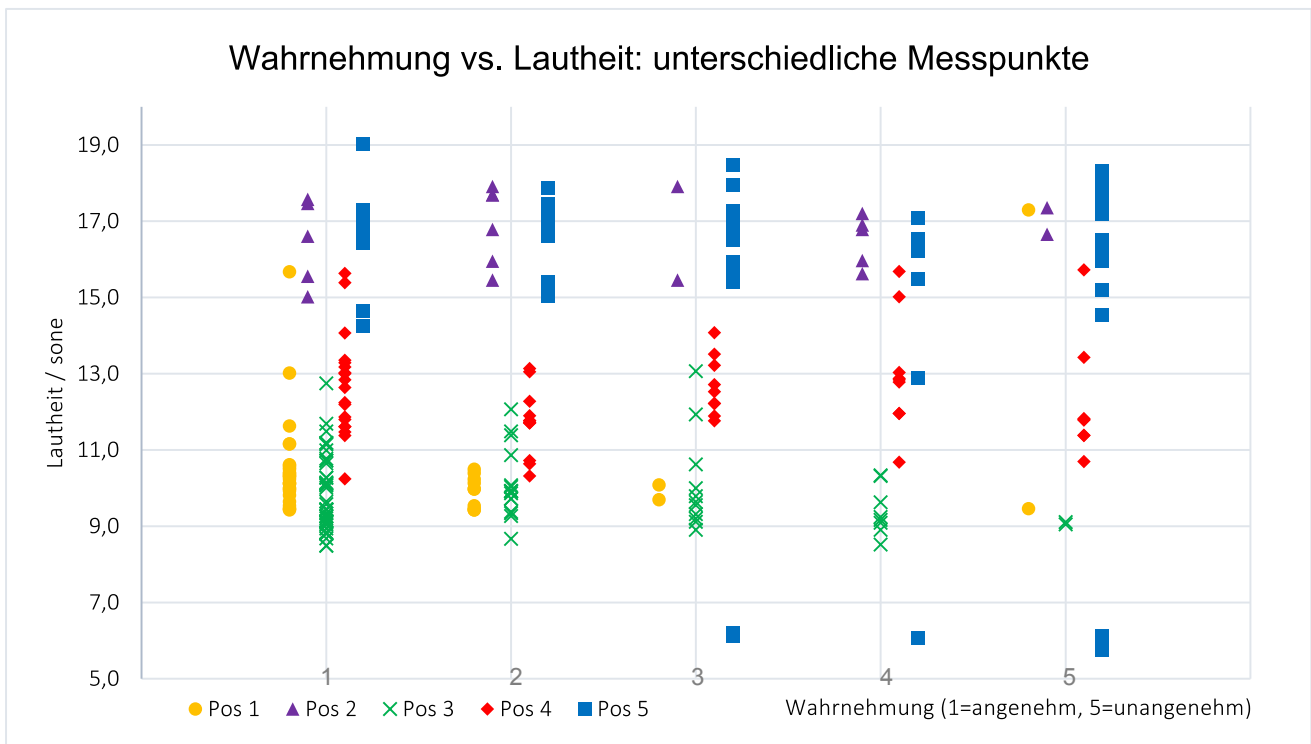
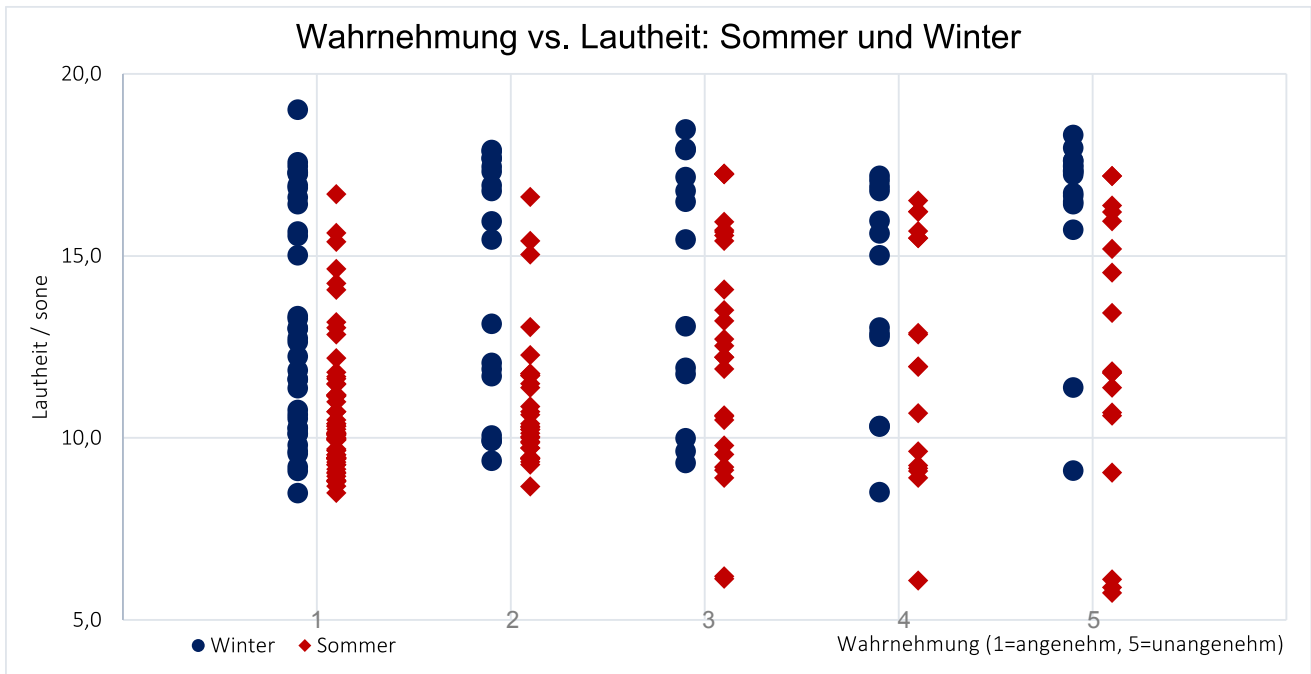
### Statistische Auswertung

#### Aachener Messkampagnen

In Anbetracht der aktuell laufenden Phase 1 (Feldexperimente) des Forschungsvorhabens kann an dieser Stelle lediglich ein Vorgriff auf die Untersuchungsansätze der folgenden Phase 2 vorgenommen werden. Die zugrunde gelegten Messdaten und Umfrageergebnisse der ersten zwei Kampagnen in Aachen (MK1 und MK2, siehe Tabelle 1) werden dabei ausschließlich aus akustischer Sicht betrachtet. Das bedeutet, dass die einzigen berücksichtigten Metainformationen zu den jeweiligen Umfragen die *Jahreszeit*, der *Ort*, der *Zeitraum* der Befragung sowie beispielhaft die Stellungnahmen zu der Frage verwendet werden, die auf das Adjektivpaar „angenehm“/„unangenehm“ abzielt. Aus den minutengenauen Informationen der Befragung wird der entsprechende Zeitabschnitt der Messdaten des absoluten Schalldrucks ausgewertet, welcher wiederum beispielhaft in den psychoakustischen Parameter der zeitvarianten Lautheit nach ISO 532-1 überführt wird. Der Vergleich der Messwerte mit den Umfrageergebnissen und Metainformationen ist Gegenstand der vorgestellten Diagramme in Abbildung 2.

#### Auswertung Sommer und Winter

Abbildung 2 zeigt im ersten aufgeführten Diagramm sämtliche Umfrageergebnisse aus MK1 (Winter) als blaue



**Abbildung 2:** Wahrnehmung vs. Lautheit im Sommer-Winter-Vergleich und an verschiedenen Messpunkten

Punkte sowie MK2 (Sommer) als rote Rauten direkt nebeneinander, um einen unmittelbaren Vergleich zwischen Sommerjahreszeit und Winterjahreszeit herzustellen. Auf der Abszisse sind die Antworten der Befragungen (angenehm=1 ... unangenehm=5) aufgezeichnet und auf der Ordinate ist die zeitvariante Lautheit in der Einheit *sone* dargestellt, welche über den Zeitraum der Befragung als physikalischer Wert ermittelt wird. Betrachtet man die Verteilung der Wahrnehmung gegenüber der Lautheit in diesem Zusammenhang, lässt sich nur eine sehr schwache Korrelation erkennen, während vor allem eine hohe Streuung über den gesamten Wertebereich der Lautheit für jedes der möglichen Antwortoptionen zwischen angenehm und

unangenehm auffällt. Eine fundierte Einschätzung bezüglich akustisch-induziertem Stress, welcher von der Jahreszeit abhängt, ist in dieser Annäherung des direkten Vergleichs bei vollkommener Vernachlässigung anderer (nicht-akustischer) Faktoren zunächst nicht möglich.

#### Auswertung verschiedene Orte

Abbildung 2 zeigt im zweiten aufgeführten Diagramm sämtliche Umfrageergebnisse aus MK1 (Winter) und MK2 (Sommer) vereint, wobei dieses Mal die unterschiedlichen Messpunkte direkt nebeneinander gezeichnet sind, um einen unmittelbaren Vergleich zu ermöglichen. Dabei ist der Ort mit der Sehenswürdigkeit im Park als gelber Punkt markiert

(Pos 1), der Ort an der Bushaltestelle als Dreieck in Lila gezeichnet (Pos 2), der Punkt inmitten der Gartenanlage mit grünen Kreuzen versehen (Pos 3), der Spielplatz an der Straße mit roten Rauten (Pos 4) sowie die Straßenkreuzung mit blauen Quadraten gekennzeichnet (Pos 5). Wieder werden die Bewertung der wahrgenommenen akustischen Umgebung auf der Abszisse und die zeitvariante Lautheit in *some* auf der Ordinate aufgetragen. Betrachtet man die Umfrageergebnisse und die akustischen Messwerte aus diesem Blickwinkel lässt sich deutlich erkennen, dass sich die unterschiedlichen Positionen jeweils in einem bestimmten Bereich der Werteskala bewegen. So werden z.B. in der Gartenanlage an Pos 1 und Pos 3 nur sehr selten Werte über 13 *some* erreicht, während die Orte in der Nähe von Straßen nur selten unter den Wert von 15 *some* fallen. In der Nähe des Spielplatzes tauchen vornehmlich Werte im Bereich um die 12 *some* auf, wobei hier eine deutlich höhere Streuung auszumachen ist, da sowohl Werte über 15 *some* als auch unter 11 *some* erfasst werden. Unter der Annahme, dass eine als leise empfundene Umgebung mit kleinen *some*-Werten korreliert sowie eine laute Umgebung mit hohen *some*-Werten einhergeht, kann auch unter der isolierten Betrachtung von unterschiedlichen Orten keine aussagekräftige Verbindung festgestellt werden. Es ist jedoch auffällig, dass geringe Lautheitswerte an vermeintlich schönen Plätzen im Parkbereich als durchweg angenehmer empfunden werden, während bei lauter werdenden Zahlenbereichen diese Dominanz offenkundig verschwindet. Im Bereich der Straßen mit hohen Lärmpegeln verteilt sich die wahrgenommene Geräuschkulisse annähernd gleichmäßig von angenehm bis unangenehm. Diese Tatsache kann als Hinweis betrachtet werden, dass ein als angenehm empfundene Ort von der Mehrheit auch als solcher im akustischen Sinne aufgenommen wird, jedoch gilt dies nicht für Positionen mit höherem Schallpegel, bei denen die Wahrnehmung durch andere Einflüsse beeinflusst wird. An diesen Orten gibt es sowohl Menschen, die die Geräuschkulisse als unangenehm betrachten, als auch solche, die sie als angenehm empfinden. Diese Erkenntnis deckt sich mit aktuellen Untersuchungen aus der Soundscape-Forschung [1, 2, 5] und erfordert eine gesonderte Analyse des Kontextes, welcher zweifelsohne die Befragten in diesen Situationen beeinflusst. Die Gründe, warum eine laute Umgebung als angenehm eingestuft wird, kann zum Beispiel in ihrer Funktion liegen, da die Erwartungshaltung der Lärmbelastung im Bereich der Bushaltestelle an einer vielbefahrenen Straße eine andere ist als eine solche, die am Ort eines Kinderspielplatzes oder in einer Parkanlage herrschen sollte.

### Ausblick

Im weiteren Verlauf des vorgestellten Projektes werden die zu untersuchenden Parameter mit weiteren Metainformationen aus den Fragebögen kombiniert. Aus der Vielzahl von verschiedenen Permutationen sind gerade solche im Blickfeld, welche eine hohe statistische Korrelation entwickeln. Dabei können, wie hier aufgezeigt, die einzelnen Disziplinen separiert betrachtet werden und z.B. mit Zuhilfenahme demographischer Daten ausgewertet werden, oder es können allgemeine Haltungen zur

Wahrnehmung aus interdisziplinärer Sichtweise analysiert werden.

In Bezug auf die Betrachtung der akustischen Stresswirkung wäre es interessant zu erfahren, ob gerade die hohe Streuung der Wahrnehmung bei akustisch lärmbehafteten Orten in irgend einer Weise mit den aufgenommenen Metainformationen herzustellen ist und in wieweit sich diese mit den Techniken aus der Soundscape-Forschung vereinbar zeigen [3].

### Zusammenfassung

Das vorgestellte Projekt *FuEco – Future Ecosystems* beschäftigt sich mit der Bewertung interdisziplinärer Stressfaktoren im urbanen Raum. Um diese zu untersuchen, werden Feldexperimente in Form von Umfragen und Messungen erhoben, welche anschließend umfangreichen statistischen Auswertungen unterzogen werden sollen. In einem ersten einfachen Beispiel zur Untersuchung der Wahrnehmung der akustischen Geräuschkulisse und der Auswertung der Belastung mittels zeitvarianter Lautheit geht hervor, dass sich keine Korrelationen bei der unterschiedlichen Betrachtung der Sommer- und Winterdaten ergeben. Erst die Differenzierung der einzelnen Messpositionen liefert erste Eindrücke, auf welche Parameter man sich im Verlauf weiterer Auswertungsschritte konzentrieren muss. Es geht hervor, dass gerade der Kontext eines Ortes eine wesentliche Rolle bei der Empfindung der Geräuschkulisse zu spielen scheint, wenn die betrachtete Position hohe Lautheitspegel aufweist. Bei einer solchen Konstellation ist die wahrgenommene akustische Umgebung unter Berücksichtigung der erhobenen Daten unabhängig von der physikalisch vorherrschenden Lautheit, und es sind keine negativen oder positiven Tendenzen bei den Antworten der befragten Personen erkennbar.

### Referenzen

- [1] Genuit, K. et al. 2008. Psychoacoustic mapping within the soundscape approach. *Inter-Noise 2008, Shanghai, China* (2008).
- [2] Genuit, K. and Fiebig, A. 2006. Psychoacoustics and its Benefit for the Soundscape Approach. *Acta Acustica united with Acustica*. 92, 6 (2006), 952–958.
- [3] Genuit, K. and Fiebig, A. 2014. The measurement of soundscapes—Is it standardizable? *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (2014), 3502–3510.
- [4] Kang, J. 2006. *Urban Sound Environment*. Taylor & Francis.
- [5] Schulte-Fortkamp, B. and Fiebig, A. 2006. Soundscape analysis in a residential area: An evaluation of noise and people's mind. *Acta Acustica united with Acustica*. 92, 6 (2006), 875–880.
- [6] Stienen, J. et al. 2014. Evaluation of combined stress factors on humans in urban areas. *Proceedings of TECNIACÚSTICA 2014 and the European Symposium on Smart Cities and Environmental Acoustics, Murcia, Spain* (2014).