

Anhang 3 zum Lärmaktionsplan der Stadt Dortmund

- Bericht über die Hörspaziergänge 2023 -

Redaktion:

Bryce T. Lawrence (Technische Universität Dortmund)
Andreas Frücht (Umweltamt Dortmund)

Erstellungsdatum:

Juni 2024

Inhaltsverzeichnis

1.	Anlass	1
2.	Theoretischer Hintergrund.....	3
3.	Methode	4
3.1	Durchführung der Hörspaziergänge in Dortmund	4
3.1.1	Hörspaziergang Innenstadt West	5
3.1.2	Hörspaziergang Innenstadt Ost.....	6
3.1.3	Hörspaziergang Innenstadt Nord.....	7
3.2	Teilnehmerzahlen.....	7
3.3	Vorgehensweise zur Erhebung und Zusammenfassung der Daten von psychoakustischer Wahrnehmung	8
3.4	Datenbereinigung und resultierender endgültiger Datensatz	9
3.5	Verfahren zur Ermittlung des Biophonie-Power-Index (BPI)	11
4.	Ergebnisse mit Diskussion	13
4.1	Ergebnisse Schallquellenidentifikation (SSI)	13
4.2	Ergebnisse wahrgenommene affektive Qualität (PAQ).....	15
4.3	Korrelation von Wahrnehmung, Schalldruckpegel und Indizes	17
5.	Fazit	18
6.	Literaturverzeichnis	19

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Auflistung der durchgeführten Hörspaziergänge	8
Tabelle 2 Übersetzung der Bewertungsangaben in Zahlen.....	9
Tabelle 3 Beschreibung der unterschiedlichen Hörstationen und der auswertbaren Datensätze.....	10
Tabelle 4 Ökoakustische Indizes (angepasst von Lawrence et al. (2024)).....	12
Tabelle 5 Korrelation mit SSI, PAQ, L _{DEN} , L _{Aeq} und BPI.....	17

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Route Hörspaziergang Innenstadt West.....	5
Abbildung 2 Route Hörspaziergang Innenstadt Ost	6
Abbildung 3 Route Hörspaziergang Innenstadt Nord	7
Abbildung 4 Fragebogen zu den Hörstationen	9
Abbildung 5 Berechnungsverfahren für den Biophony Power Index (BPI) (angepasst von Lawrence et al. (2024))	12
Abbildung 6 Innenstadt Ost Klangquelle (SSI) Ergebnisse	14
Abbildung 7 Innenstadt Nord Klangquelle (SSI) Ergebnisse	14
Abbildung 8 Innenstadt Ost Klangquelle (SSI) Ergebnisse	15
Abbildung 9 Innenstadt West Klangqualität (PAQ) Ergebnisse	16
Abbildung 10 Innenstadt Ost Klangqualität (PAQ) Ergebnisse.....	16
Abbildung 11 Innenstadt Nord Klangqualität (PAQ) Ergebnisse	16

1. Anlass

Eine Unterhaltung auf dem Bürgersteig, das Vogelzwitschern im Park oder die Vorbeifahrt eines Lkw: Geräusche gehören zum öffentlichen Raum. Doch wie nehmen Menschen diese Geräusche genau wahr? Auf welche Weise beeinflussen sie die Aufenthaltsqualität? Und wie müssen Städte gestaltet sein, damit eine angenehme Geräuschkulisse entsteht?

Auf Basis der Umgebungslärmkartierung können Lärm-Hot-Spots entlang verschiedener Verkehrswege gut identifiziert werden. Ruhige Gebiete können hingegen nicht allein aufgrund des berechneten Lärmpegels festgelegt werden, denn mit abnehmendem Umgebungslärm spielen die akustische Qualität und der visuelle Kontext von Freiflächen zunehmend eine Rolle. Diese können sich je nach Tages-, Wochen- oder Jahreszeit stark unterscheiden.

Um den Zusammenhang zwischen wahrgenommener akustischer Qualität, berechneten Lärmpegeln, Gebietsnutzung und akustischen Indizes aus Messungen besser zu verstehen, haben die Technische Universität (TU) Dortmund und die Stadt Dortmund in mehreren Projekten zusammengearbeitet:

1. Forschungsprojekt zur akustischen Charakterisierung von potenziellen ruhigen Gebieten
 - Durchführungszeitraum von 26. April 2022 bis 2. März 2023
 - 70 Messpunkte in potenziellen ruhigen Gebieten und an 23 stark von Umgebungslärm belasteten Punkten über einen Zeitraum von insgesamt 10 Monaten (mit 12 Messgeräten und jeweils etwa einem Monat pro Messpunkt)
2. Forschungsprojekt zur Integration psychoakustischer Wahrnehmung und biophonischer Kartierung in die Lärmaktionsplanung
 - Durchführungszeitraum im August und September 2023
 - Hörspaziergänge auf insgesamt 3 Routen, 23 Hörstationen, 12 Terminen (4 je Route), insgesamt 67 Teilnehmende (1 bis 10 pro Spaziergang) und weitergehende Datenanalyse aus dem ersten Forschungsprojekt

Hörspaziergänge oder Soundwalks sind Touren, auf denen genau hingehört wird. Für den Dortmunder Lärmaktionsplan 2024 stellen sie gleichzeitig einen wichtigen Teil der frühzeitigen Öffentlichkeitsbeteiligung dar, bei dem sich Interessierte unkompliziert mit Wissenschaft und Verwaltung zum Thema Lärm austauschen konnten. Der Fokus dieses Anhangs liegt daher auf den Hörspaziergängen als Instrument der Öffentlichkeitsbeteiligung.

Jeder der durchgeführten Soundwalks bestand aus sieben bis acht Hörstationen, an denen die Gruppe anhält und die wahrgenommene Klangqualität bewertet. An jeder Hörstation haben die Teilnehmer*innen dabei Fragebögen ausgefüllt und beurteilt, welche Geräuschquellen dominieren, wie sie die Qualität der Geräusche wahrnehmen und wie sie die Geräuschkulisse insgesamt bewerten.

Die Hörstationen stellen typische Orte im urbanen Raum dar, z.B. vielbefahrene Hauptstraßen, belebte Plätze, ruhige Wohngegenden oder Erholungsorte mit mehr Natur- und Freizeitgeräuschen. Die Teilnehmenden haben so den eigenen Stadtbezirk auf eine neue Weise erfahren können.

An sieben der insgesamt dreiundzwanzig Hörstationen wurden im vorangegangenen Forschungsprojekt zur Charakterisierung ruhiger Gebiete bereits Daten gesammelt, an fünf weiteren lassen die Daten zu Messpunkten einen direkten Vergleich zu. So lässt sich ermitteln, ob es eine Verknüpfung zwischen den akustischen Indizes, die bei den automatisierten Messungen ermittelt wurden und den psychoakustischen Eindrücken aus den Hörspaziergängen gibt. Andererseits kann durch die Tonaufnahmen bedarfsweise eingeschätzt werden, ob die Aufnahmen während der Hörspaziergänge repräsentativ waren.

Durch eine binaurale Tonaufnahme und 360°-Fotos können die Daten bei Bedarf in einem weiteren Forschungsprojekt durch eine „neutrale Personengruppe“ beurteilt werden. Dies ist vor allem bei einer möglichen Wiederholung in mehreren Jahren interessant.

Zusammen mit einer begleitenden Öffentlichkeitsarbeit und Berichterstattung konnte durch die Hörspaziergänge auch mehr Aufmerksamkeit für das Thema „urbane Akustik“ generiert werden.

2. Theoretischer Hintergrund

Die Idee zur Untersuchung und Beschreibung von ruhigen Gebieten und urbanen Freiflächen mithilfe von akustischen Indizes und Hörspaziergängen geht aus der SALVE¹-Studie hervor. Moebus et al. (2020) führt zu SALVE folgendes aus:

„Geräusche können als gestaltbare Qualität in urbanen Räumen als eine wichtige Ressource für eine gesundheitsförderliche Stadt verstanden werden. Hierfür werden über die schallpegelbasierten Indizes hinaus weitere Metriken benötigt, die eine gute urbane Klangqualität indizieren können. Wissen, Forschung und Anwendung zu urbaner akustischer Qualität, insbesondere mit Blick auf Gesundheit, befinden sich noch in den Anfängen.“

Die Grundlage für die Anwendung ökoakustischer Indizes auf die städtische Lärmumgebung wird in einer umfassenden Analyse von Lawrence et al. (2022) dargestellt.

In Anlehnung an die Methode der SALVE-Studie (Haselhoff et al. 2020) wurden zwischen April 2022 und März 2023 potenzielle ruhige Gebiete innerhalb verschiedener Landnutzungstypen und verlärmtete Orte in Dortmund darauf hin untersucht, inwieweit Naturgeräusche im urbanen Raum durch ökoakustische Indizes beschrieben werden können (Lawrence et al., 2024). Die Ergebnisse zeigen, dass keiner der einzelnen ökoakustischen Indizes befriedigende Ergebnisse liefert hat, weil hier neben den Naturgeräuschen viele weitere Geräuschquellen auftreten, welche die für Naturräume entwickelten Indizes ebenfalls beeinflusst haben. Daher wurde im Rahmen dieser Untersuchung der Biophonie-Power-Index (BPI) entwickelt, welcher die Identifizierung von Naturgeräuschen auch im urbanen Raum mit hoher Sicherheit ermöglicht. Eine Auswertung der gemessenen Schallpegel zeigt, dass die potenziellen ruhigen Gebiete in Dortmund im Durchschnitt 20 dB(A) leiser sind als die verlärmteten Orte. Ob Naturgeräusche an einem Ort vorherrschen, wird aber auch maßgeblich von der Landnutzung und der Tageszeit beeinflusst. Insofern bildet die automatisierte Analyse der Tonaufnahmen eine sinnvolle Ergänzung zu den Berechnungen.

Die Soundproben in Dortmund bilden urbane Bereiche, wie Wohn- und Mischgebiete oder Plätze nicht ab, weil sie wie oben beschrieben auf ruhige und verlärmtete Orte fokussiert waren. Zum anderen fehlt der Bezug zur menschlichen Wahrnehmung. Die Hörspaziergänge sind dabei ein Baustein, um diese Wissenslücke zu schließen.

Eine Einschränkung von teilnahmebasierten Studien ist, dass einer relativ geringen Datenmenge ein hoher Aufwand entgegensteht. Umso wichtiger ist die Verwendung eines einheitlichen Verfahrens, um die Erkenntnisse mit anderen Hörspaziergängen, wie z.B. dem Be-Move Projekt (Schröder et al. 2023) aus Essen vergleichen und ggf. zu einem späteren Zeitpunkt zusammenfügen zu können.

Aufbauend auf den zuvor genannten Projekten und den Dortmunder Hörspaziergängen sind Untersuchungen zur Zugänglichkeit von ruhigen Orten und zu „ruhigen Strecken“ geplant, um lärmbelastete Bevölkerungsgruppen über Korridore mit ruhigen Gebieten zu verbinden. Auch die Ergebnisse der Hörspaziergänge sollen in einem wissenschaftlichen Artikel weiter aufbereitet werden.

¹ Salve = AcouStic QuALity and HeaLth in Urban EnVironmEnts

3. Methode

3.1 Durchführung der Hörspaziergänge in Dortmund

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Integration von psychoakustischer Wahrnehmung und biophonischer Kartierung in die Lärmaktionsplanung“ wurden Hörspaziergänge nach den Kriterien der DIN ISO/TS 12913-2 für die Erfassung und Berichterstattung von Soundscape-Daten durchgeführt. Die Verwendung des international standardisierten Verfahrens DIN ISO/TS 12913-2, das 2018 formalisiert wurde, stellt sicher, dass die Soundscape-Ergebnisse mit anderen Soundscape-Studien, die denselben Ansatz verwenden, verglichen werden können (Aletta et al. 2020; Aletta et al. 2019; Lawrence et al. 2023).

Der Soundscape-Ansatz ist ein „*in situ*“-Ansatz, bei dem eine Person mit messtechnischer Expertise und guter Ortskenntnis eine Gruppe von Teilnehmenden auf einem Hörspaziergang durch einen Teil eines Stadtviertels führt, der in der Regel nicht länger als ein paar Kilometer ist. Es wird an fünf bis zehn „Hörstationen“ angehalten, um Daten über Schallquellen, die Qualität des Schalls und die allgemeine Bewertung der akustischen Umgebung zu sammeln. Die Daten werden mithilfe eines standardisierten Fragebogens (DIN ISO/TS 12913-2) in vierzehn Kategorien erhoben und beziehen sich auf eine Zeit von drei Minuten, während der ausschließlich gehört wird („Expositionszeit“). Die Teilnehmenden werden gebeten, still zu bleiben und den Geräuschen im Vorder- und Hintergrund zuzuhören. Nach der Expositionszeit haben die Teilnehmenden ein paar Minuten Zeit, den Fragebogen auszufüllen, bevor sie zur nächsten Hörstation gehen. Gleichzeitig werden Schalldruckpegel gemessen und mit einem binauralen Aufnahmegerät, das einen menschlichen Kopf mit Ohren simuliert, eine Stereotonaufnahme gemacht, so dass die Exposition in künftigen Studien in einer Laborumgebung wiederholt werden kann. Bei den Dortmunder Hörspaziergängen wurden zusätzlich auch ökoakustische Indizes berechnet (Sueur 2018). Diese Indizes sind eine weitere Art der Geräuschklassifizierung. Dieser Ansatz liefert eine Vielzahl von Wahrnehmungs-, Lärm- und akustischen Indexdaten zum Vergleich und zur Charakterisierung der Schallqualität an jedem Messort.

Die folgenden Gründe führten dazu, dass die Hörspaziergänge nur im Innenstadtbereich stattgefunden haben:

- geringe Distanz zwischen den verschiedenen Ortstypen
- gute physische Erreichbarkeit
- höchste Dichte potenzieller Interessent*innen

Die Spaziergänge sollten auf der einen Seite möglichst kurz sein, um die Hürde für die Teilnahme so gering wie möglich zu halten, auf der anderen Seite sollten verschiedene charakteristische Beispiele, für verlärmtete, ruhige und urban geprägte Aufenthaltsorte abgedeckt werden.

Auf Hinweis der politischen Vertreter*innen in der 9. Sitzung des Beirates zur Lärminderung wurden die Spaziergänge so gestaltet, dass sie nicht über einen Stadtbezirk hinausgehen. So sollte die Ansprache der Bezirksvertretungen erleichtert werden, weiterhin könnten möglicherweise aus den Spaziergängen abzuleitende Erkenntnisse / Maßnahmen so besser politisch diskutiert werden. Auf der Grundlage der oben genannten Faktoren wurden dann Hörspaziergänge in den drei Dortmunder Stadtbezirken der Innenstadt durchgeführt.

3.1.1 Hörspaziergang Innenstadt West

Nachfolgende Abbildung zeigt die Route der Innenstadt West. Startpunkt war hier der Bergmannkiosk am Wallring, Endpunkt der Tremoniapark. Von den acht Hörstationen auf dieser Route lagen vier im Bereich von den Langzeitmesspunkten aus dem vorangegangenen Projekt (zwei davon potenziell ruhige Orte: Westpark, Tremoniapark; zwei davon verlärmtete Orte: Wallring und Lindemannstraße).

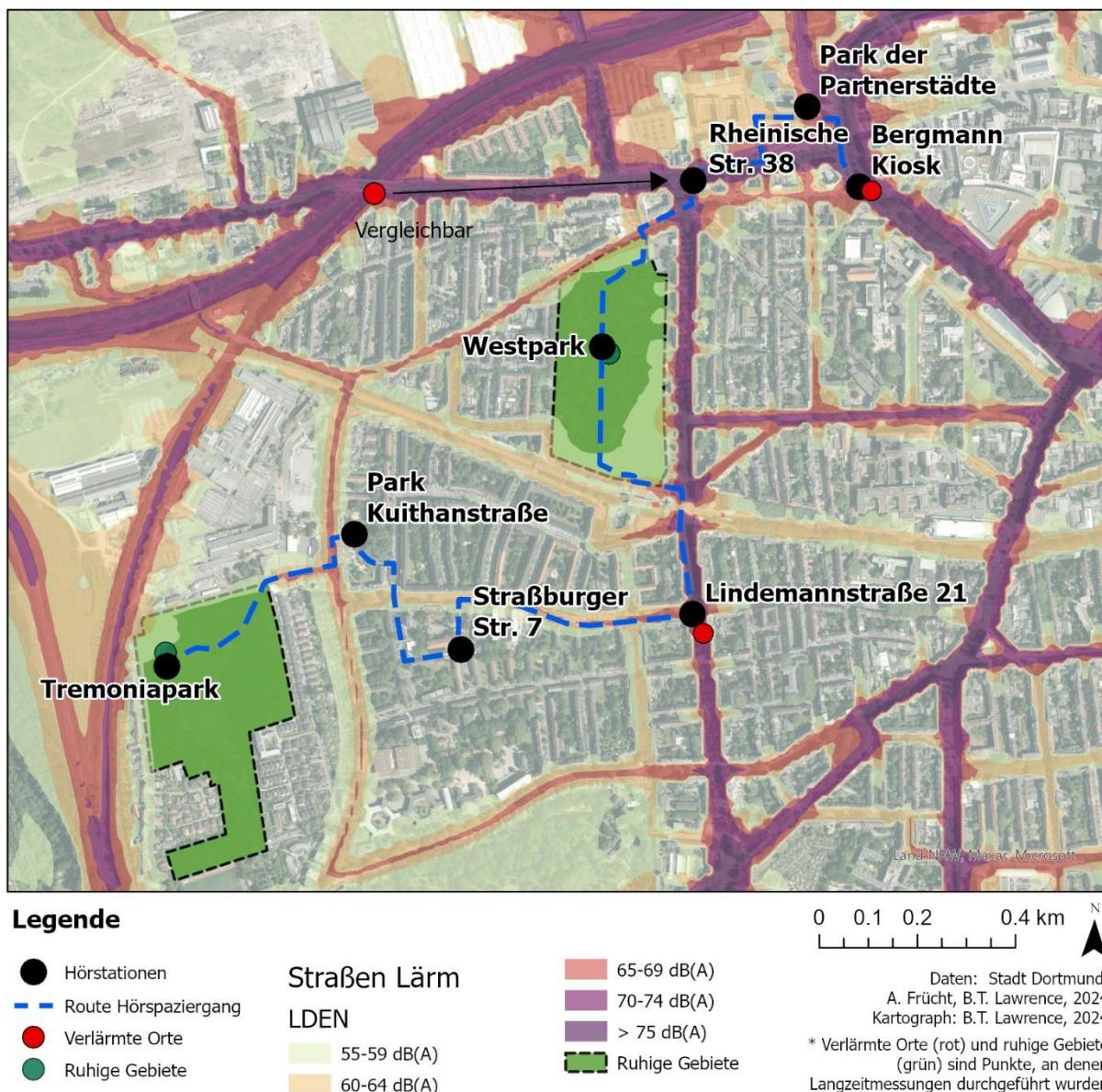


Abbildung 1 Route Hörspaziergang Innenstadt West

3.1.2 Hörspaziergang Innenstadt Ost

Nachfolgende Abbildung zeigt die Route der Innenstadt Ost. Startpunkt war hier der Ostfriedhof, Endpunkt der Kaiserhainteich vor dem Eingang Florianstraße des Westfalenparks. Von den sieben Hörstationen auf dieser Route lagen zwei im Bereich von Langzeitmesspunkten (beide potenziell ruhige Orte: Ostfriedhof, Stadewäldchen). Die Hörstationen Rheinlanddamm und Märkische Straße sind mit den etwas weiter entfernten Messpunkten mit Einschränkungen vergleichbar.

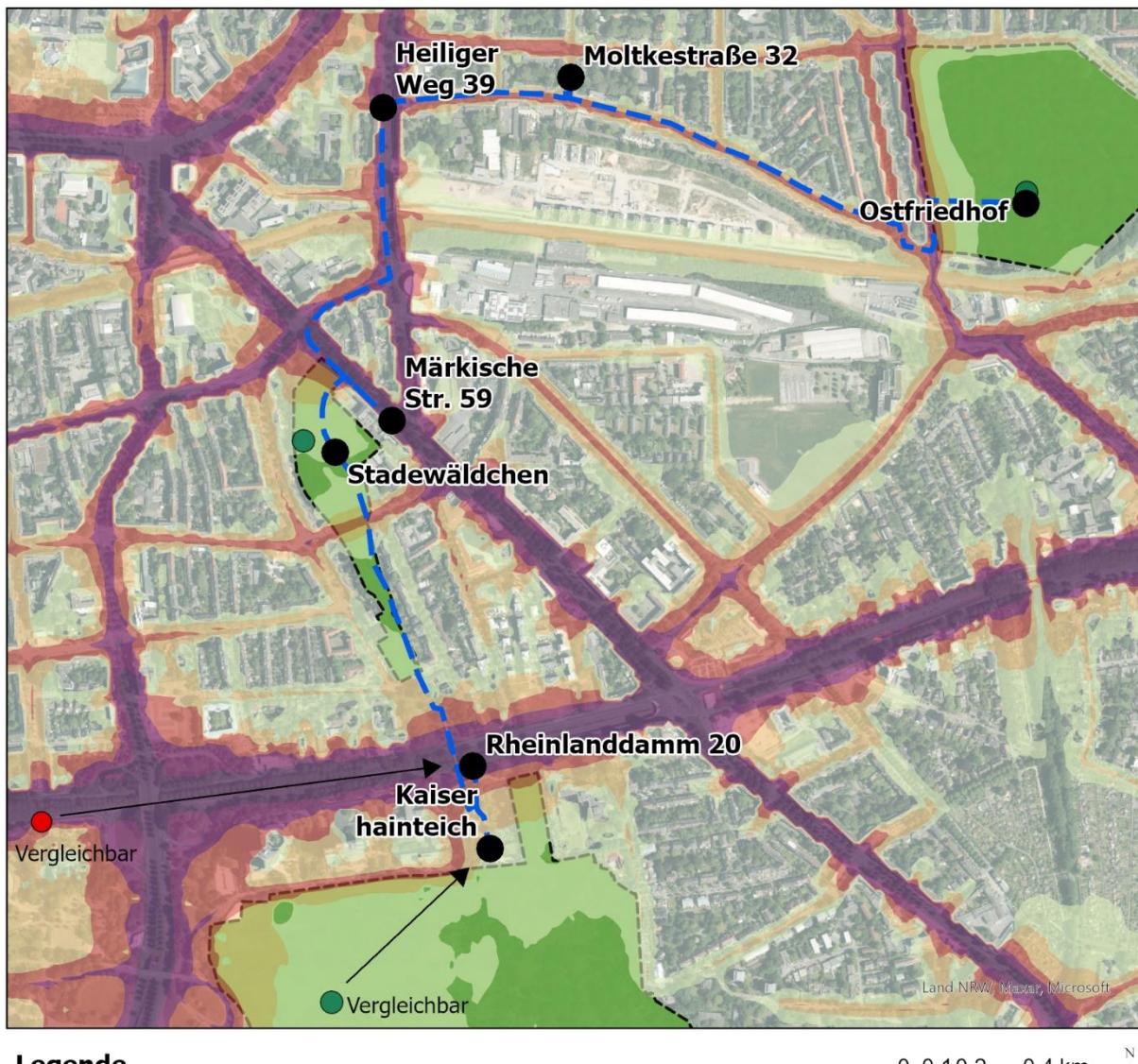


Abbildung 2 Route Hörspaziergang Innenstadt Ost

3.1.3 Hörspaziergang Innenstadt Nord

Nachfolgende Abbildung zeigt die Route der Innenstadt Nord. Startpunkt war hier der Nordmarkt, Endpunkt der Spielplatz an der Heroldswiese. Von den acht Hörstationen auf dieser Route lag eine im Bereich des Langzeitmesspunktes Dietrich-Keuning-Park als potenziell ruhiges Gebiet. Die Hörstationen Mehmet-Kubasik-Platz und Busbahnhof sind mit den etwas weiter entfernten Messpunkten mit Einschränkungen vergleichbar.

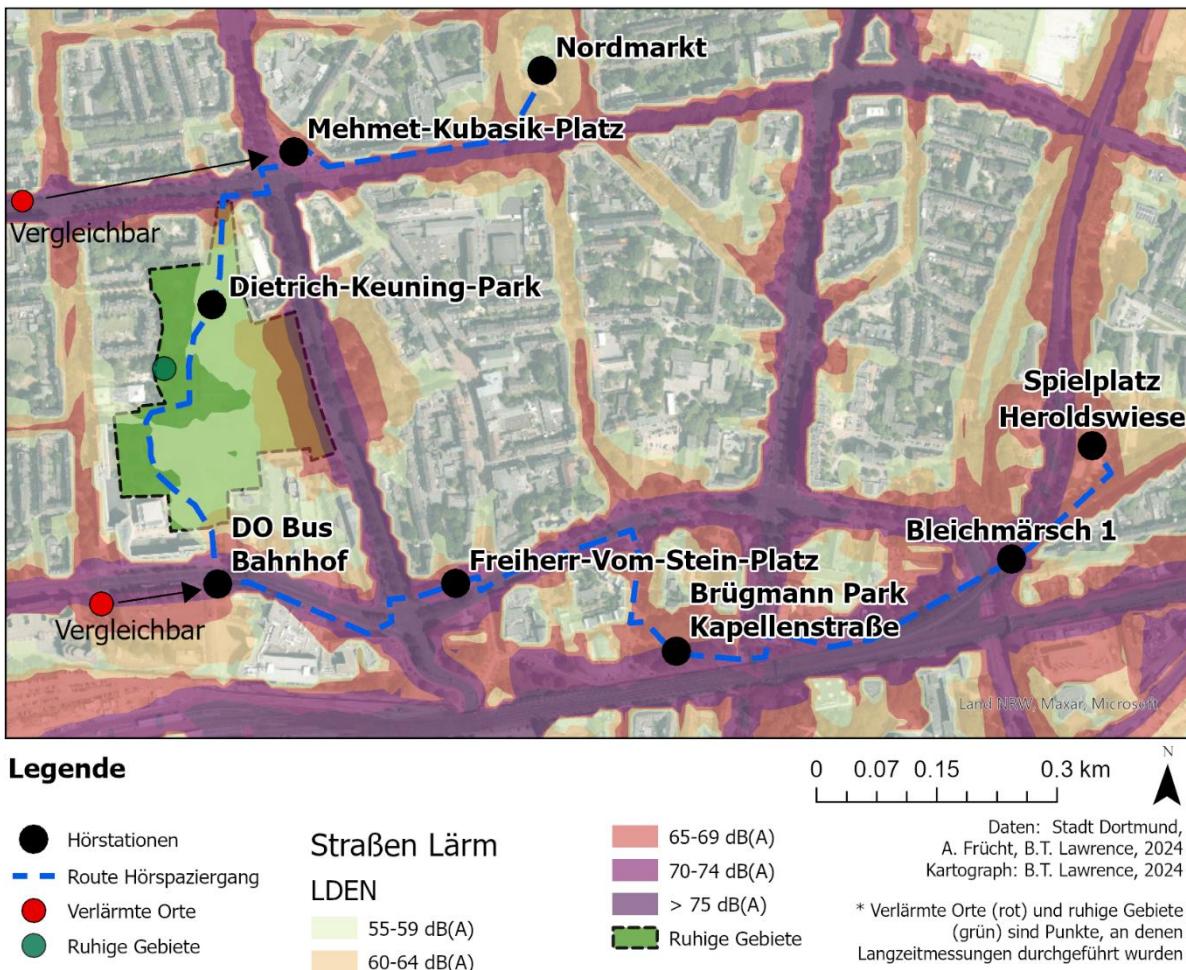


Abbildung 3 Route Hörspaziergang Innenstadt Nord

3.2 Teilnehmerzahlen

Die Spaziergänge wurden sowohl über social media, Presseartikel und einen Fernsehbeitrag multimedial beworben. Zusätzlich wurden thematisch oder lokal verbundene Netzwerke gezielt über E-Mails angesprochen, ebenso wie Teilnehmende der online-Umfrage, die ihre E-Mail-Adresse für weitere Informationen zum Lärmaktionsplan bis zu diesem Zeitpunkt mitgeteilt hatten. Letztendlich konnten so insgesamt 67 Teilnehmer*innen erreicht werden (Tabelle 1) mit InW (25), InO (20), InN (22). Alle Spaziergänge haben um 16:00 Uhr begonnen und dauerten je nach Route und Teilnehmerzahl etwa anderthalb bis zweieinhalb Stunden.

Tabelle 1 Auflistung der durchgeführten Hörspaziergänge

Nr.	Route	Datum	Teilnehmerzahl	Art der Tonaufnahme
1	InW	Montag, 14.8.2023	9	Mono
2	InW	Dienstag, 15.8.2023	8	Mono; Binaural
3	InO	Mittwoch, 16.8.2023	5	Mono; Binaural
4	InO	Montag, 21.8.2023	6	Mono; Binaural
5	InN	Dienstag, 22.8.2023	10	Mono; Binaural
6	InN	Mittwoch, 23.8.2023	2	Mono; Binaural
7	InW	Montag, 28.8.2023	1	Mono; Binaural
8	InW	Dienstag, 29.8.2023	7	Mono; Binaural
9	InO	Montag, 4.9.2023	2	Mono
10	InN	Dienstag, 5.9.2023	7	Mono
11	InN	Mittwoch, 6.9.2023	3	Mono; Binaural
12	InO	Dienstag, ² 21.9.2023	7	Binaural

3.3 Vorgehensweise zur Erhebung und Zusammenfassung der Daten von psychoakustischer Wahrnehmung

Hörspaziergänge in dieser Studie folgen dem Protokoll der DIN ISO/TS 12913-2 für Soundwalks, unter Verwendung des standardisierten Fragebogens in deutscher Sprache. An den jeweiligen Hörstationen sollten die Teilnehmenden für drei Minuten, in denen gleichzeitig die Tonaufnahmen stattfanden, ihre akustische Umgebung mit nachfolgendem Fragebogen bewerten.

Dann wurden die Teilnehmer*innen zur nächsten Hörstation geführt, um dort den nächsten Fragebogen auszufüllen, bis alle sieben oder acht Stationen durchlaufen waren. Bei einem Hörspaziergang mit beispielsweise sieben Personen und sieben Stationen entstehen so 49 Einzelbeobachtungen. Die Antworten auf den Papierfragebögen für wahrgenommene affektive Qualität („PAQ“; Fragen 2-4) und Schallquellenindikatoren („SSI“; Frage 1) wurden dann in einer Excel-Arbeitsmappe zusammengezählt und ergeben insgesamt 515 Beobachtungen, nachdem neun unvollständige Beobachtungen herausgefiltert wurden. Anhand dieser 515 Beobachtungen wird auf die Beziehung zwischen der psychoakustischen Wahrnehmung und Lärmberechnung bzw. akustischen Indizes an den 23 Probenstandorten eingegangen.

² Der Spaziergang war ursprünglich am 30.8. geplant und musste wetterbedingt verschoben werden.

FRAGE 1: In welchem Ausmaß hören Sie derzeit die folgenden vier Arten von Geräuschen?

	Gar nicht (1)	Ein wenig (2)	Mäßig (3)	Viel (4)	Herrscht vollständig vor (5)
Verkehrslärm	<input type="checkbox"/>				
Sonstiger Lärm	<input type="checkbox"/>				
Geräusche von Menschen	<input type="checkbox"/>				
Naturgeräusche	<input type="checkbox"/>				

FRAGE 2: In welchem Maße treffen die folgenden Adjektive auf die vorliegende akustische Umgebung zu?

	Stimme uneingeschränkt zu (5)	Stimme zu (4)	Stimme weder zu noch nicht zu (3)	Stimme nicht zu (2)	Stimme überhaupt nicht zu (1)
- angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- chaotisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- lebendig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- ereignisarm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- ruhig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- störend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- ereignisreich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- eintönig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

FRAGE 3: Wie würden Sie insgesamt die vorliegende akustische Umgebung beschreiben?

Sehr gut (5)	Gut(4)	Weder gut, noch schlecht (3)	Schlecht (2)	Sehr schlecht (1)
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

FRAGE 4: Inwieweit ist die vorliegende akustische Umgebung dem gegenwärtigen Ort angemessen?

Gar nicht (1)	Nur wenig (2)	Mäßig (3)	Sehr (4)	Völlig (5)
<input type="checkbox"/>				

Abbildung 4 Fragebogen zu den Hörstationen

Anschließend wurden die Wertungen in Zahlen übersetzt, um statistische Analysen durchführen zu können. Dabei wurde folgende Bewertung genutzt:

Tabelle 2 Übersetzung der Bewertungsangaben in Zahlen

Numerische Übersetzung der Bewertung					
Frage	1	2	3	4	5
1	"Gar nicht"	"Ein wenig"	"Mäßig"	"Viel"	"Herrscht vollständig vor"
2	"Stimme überhaupt nicht zu"	"Stimme nicht zu"	"Stimme weder zu noch nicht zu"	"Stimme zu"	"Stimme uneingeschränkt zu"
3	"Sehr schlecht"	"Schlecht"	"Weder gut, noch schlecht"	"Gut"	"Sehr gut"
4	"Gar nicht"	"Nur wenig"	"Mäßig"	"Sehr"	"Völlig"

3.4 Datenbereinigung und resultierender endgültiger Datensatz

Nach dem in Kapitel 3.3 beschriebenen Verfahren ergeben sich über die insgesamt 23 Hörstationen und 67 Teilnehmer*innen 515 „Rohfragebögen“. Da die Assoziation zwischen Lärm, Wahrnehmung und ökoakustischen Indizes ein Ziel der Hörspaziergänge ist, wurde eine Datenbereinigung vorgenommen, um sicherzustellen, dass alle Wahrnehmungsmessungen mit entsprechenden Lärmwerten und ökoakustischen Indizes versehen sind. Aus nachfolgend aufgelisteten Gründen wurden einige Fragebögen von der Bewertung ausgeschlossen:

- Fragebogen zu einer Hörstation nicht vollständig ausgefüllt (mehr als eine Frage nicht beantwortet)³
- Unterbrechungen wegen Regen
- Technische Probleme mit dem Schallpegelmessgerät⁴

Die Datenbereinigung ergab insgesamt 462 Beobachtungen, mit denen die anschließende Datenanalyse durchgeführt wurde. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die jeweiligen Hörstationen und den Daten, die zur Bewertung herangezogen werden konnten.

Tabelle 3 Beschreibung der unterschiedlichen Hörstationen und der auswertbaren Datensätze

ID	Name der Hörstation	Route	Flächennutzung in Anlehnung an den Flächennutzungsplan	Anzahl ausgefüllte Fragebögen mit zugehöriger Tonaufzeichnung	Anzahl Tonaufzeichnungen
25	Ostfriedhof	Innenstadt Ost	Friedhof	13	3
71	Stadewäldchen	Innenstadt Ost	Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	13	3
106	Moltkestraße 32	Innenstadt Ost	Wohnbaufläche bis 3 Geschosse, Bürgersteig Nebenstraße	13	3
107	Heiliger Weg 39	Innenstadt Ost	Gemischte Baufläche bis 5 Geschosse, Bürgersteig Hauptstraße	13	3
108	Märkische Straße 59	Innenstadt Ost	Gemischte Baufläche bis 5 Geschosse, Bürgersteig Hauptstraße	7	2
109	Rheinlanddamm 20	Innenstadt Ost	Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche in unmittelbarer Nähe zur Hauptverkehrsstraße	13	3
110	Westfalenparkeingang, Kaiserhainteich	Innenstadt Ost	Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche in etwa 110 m Abstand zur Hauptverkehrsstraße	13	3
69	Tremoniapark	Innenstadt West	Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	25	4
76	Bergmanns Kiosk Hoher Wall	Innenstadt West	Gemischte Baufläche / Kerngebiet mit bis zu 5 Geschossen, Bürgersteig Hauptstraße	25	4
77	Lindemannstraße 21	Innenstadt West	Wohnbaufläche bis 5 Geschosse, Bürgersteig Hauptverkehrsstraße	25	4
101	Park der Partnerstädte	Innenstadt West	Gestalteter Platz mit nahegelegener Hauptverkehrsstraße	25	4
102	Rheinische Straße 38	Innenstadt West	Gemischte Baufläche bis 5 Geschosse, Bürgersteig Hauptverkehrsstraße	25	4
103	Westpark	Innenstadt West	Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	26	4

³ Ausschluss von 11,3 % des Datensatzes

⁴ Bei dem Hörspaziergang am 21.9.2023 (Innenstadt Ost) wurden die Sound- und Schallpegeldaten an allen Hörstationen dieser Route aufgrund eines Soundkartenfehlers beschädigt, wodurch sich die Gesamtzahl der Aufnahmen auf 13 reduziert. Ein einzelner Aufnahmefehler am 21.8.2023 beschädigte die Aufnahme am Ort mit der ID 108 (ebenfalls Innenstadt Ost), wodurch sich die Gesamtzahl der Beobachtungen auf sieben reduziert.

ID	Name der Hörstation	Route	Flächennutzung in Anlehnung an den Flächennutzungsplan	Anzahl ausgefüllte Fragebögen mit zugehöriger Tonaufzeichnung	Anzahl Tonaufzeichnungen
104	Straßburger Straße 7	Innenstadt West	Wohnbaufläche bis 3 Geschosse, Bürgersteig Nebenstraße	25	4
105	Park hinter Kuithanstraße 38-46	Innenstadt West	Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	25	4
70	Dietrich-Keuning-Park	Nordstadt	Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	22	4
91	Steinstraße, neben Einfahrt zum ZOB	Nordstadt	Gemischte Baufläche in der Nähe zum Parkplatz des Busbahnhofs, Bürgersteig Hauptverkehrsstraße	22	4
111	Nordmarkt	Nordstadt	Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	22	4
112	Mehmet-Kubasik-Platz	Nordstadt	Gestalteter Platz, mit nahegelegenen, Hauptverkehrsstraßen	22	4
113	Freiherr-vom-Stein-Platz	Nordstadt	Gestalteter Platz, mit nahegelegener, Hauptverkehrsstraße	22	4
114	Grünstreifen zwischen Kapellenstraße und Mühlenstraße	Nordstadt	Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	22	4
115	Bleichmärsch 1	Nordstadt	Wohnbaufläche bis 5 Geschosse	22	4
116	Spielplatz Heroldswiese	Nordstadt	Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	22	4
23				462	84

3.5 Verfahren zur Ermittlung des Biophonie-Power-Index (BPI)

In Anlehnung an Lawrence et al. (2021; 2024) wurden an jeder Hörstation eine Reihe von ökoakustischen Indizes ermittelt (Tab. 4). Die direkt gemessenen Schalldaten wurden auf dem Supercomputer LiDO3 der TU Dortmund mit einem zusammengesetzten R-Skript ermittelt (Lawrence et al. 2021). In Anlehnung an Lawrence et al. (2024) wurden die Indizes anschließend mit Hilfe der aus den Wirtschaftswissenschaften entlehnten Multiple-Criteria-Decision-Analysis zu Indikatoren für Anthrophonie (Verkehrsgeräusch = Lärm) oder Biophonie (Naturgeräusch ≠ Lärm) in Excel zusammengefasst (Greco et al. 2016). Dieser Ansatz ermöglicht es, eine Reihe von acht Einzelindizes zu einem einzigen Biophonie-Power-Index (BPI) zusammenzufassen, der gut mit berechneten und gemessenen Lärmpegeln (L_{DEN} , L_{Aeq}) und den Befragungsergebnissen der Soundwalks in Verbindung gebracht werden kann.

Nachfolgende Tabelle und Abbildung zeigen, welche einfachen Indizes zur Ermittlung des Biophonie-Power-Index verwendet wurden und nach welchem Verfahren sich dieser letztendlich berechnet.

Tabelle 4 Ökoakustische Indizes (angepasst von Lawrence et al. (2024))

Index	Index Range	Bedeutung des Index in der akustischen Umgebung	Quelle
Amplitude Index (M)	0 to 1	Ein Wert von 1 bedeutet, dass die mittlere Amplitude der Aufzeichnung über die gesamte Dauer der Aufzeichnung mit der maximalen Amplitude identisch ist. Werte, die näher bei 0 liegen, bedeuten, dass die mittlere Amplitude fast nie mit der maximalen Amplitude über die gesamte Dauer einer Aufzeichnung identisch ist.	(Depraetere et al. 2012)
Number of Peaks (NP)	0 to ∞	Höhere Werte bedeuten mehr hörbare Frequenzspitzen und damit eine größere Klangtreue der akustischen Umgebung.	(Gasc et al. 2013)
Temporal Entropy (Ht)	0 to 1	Eins entspricht der vollständigen Ungleichmäßigkeit der Hilbert-Amplitudenhüllkurve, und Null entspricht ihrer vollständigen Gleichmäßigkeit.	(Sueur 2018)
Normalized Difference Soundscape Index (NDSI)	-1 to 1	Ein Verhältnis, das angibt, wie viel der Amplitude einer akustischen Beobachtung im Bereich der Biophonie (2-8 kHz) und wie viel im Bereich der Anthrophonie (1-2 kHz) enthalten ist, wobei der Einfluss der Biophonie auf eine Beobachtung umso größer ist, je näher der Wert am positiven Wert liegt, und der Einfluss der Anthrophonie umso größer ist, je näher er am negativen Wert liegt.	(Joo et al. 2011)
Bioacoustic Index (BIO)	0 to ∞	Null steht für keine Amplitude zwischen 2000 und 8000 Hz in einer Aufzeichnung, und Werte größer als Null stehen für eine zunehmende Amplitude zwischen 2000 und 8000 Hz.	(Boelman et al. 2007)
Acoustic Complexity Index (ACI)	0 to ∞	Null bedeutet, dass die Amplitude zwischen den Frequenzbändern im Laufe der Zeit nicht moduliert wird (geringe Komplexität), während höhere Werte eine stärkere Modulation der Amplitude zwischen den Frequenzbändern im Laufe der Zeit anzeigen (höhere Komplexität).	(Pieretti et al. 2011)
Normalized Time and Frequency Second Derivative (TFSDbird)	0 to 1	Je mehr sich die TFSD 1 annähert, desto größer ist die zeitliche Präsenz von Vogelstimmen oder menschlichen Lauten. TFSD wurde mit einem R-Script ermittelt und Standardkonfiguration mit $TFSD > 0,3$ verwendet. Damit wird davon ausgegangen, dass eine nennenswerte Anzahl an Vokalisationen im Signal vorliegt. Der TFSD ist immer größer als 0.	(Aumond et al. 2017; Gontier et al. 2019)
Acoustic Richness	0 to 1	Das Produkt aus M und Ht, das ein Maß für die anhaltende Lautheit darstellt, wobei höhere Werte eine höhere gleichbleibende Amplitude (Reichhaltigkeit) und niedrigere Werte eine akustische Umgebung mit geringerer gleichbleibender Amplitude anzeigen.	(Depraetere et al. 2012)
A-weighted Decibel (dB(A))	0 to ∞	Der Parameter dB(A) ist die Maßeinheit für den Schalldruckpegel nach der international genormten Frequenzbewertungskurve A, angepasst an den Bereich des menschlichen Gehörs.	(Wildlife Acoustics 2021)

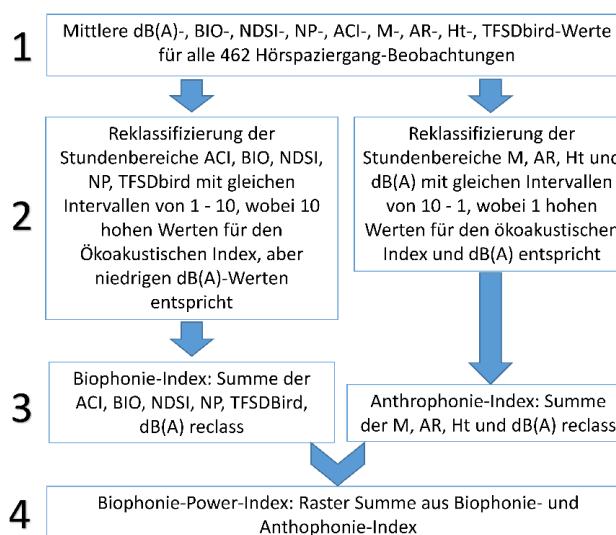


Abbildung 5 Berechnungsverfahren für den Biophony Power Index (BPI) (angepasst von Lawrence et al. (2024))

4. Ergebnisse mit Diskussion

Die Ergebnisse werden in Kapitel 4.1 und 4.2 als Liniendiagramme mit einer Zusammenfassung von jeweils sieben oder acht Standorten pro Stadtviertel dargestellt.

In jedem Diagramm stellt die x-Achse die wahrgenommene Schallquelle, die Qualität oder die Gesamtbeurteilung dar, und die y-Achse ist das arithmetische Mittel aller DIN ISO/TS 12913-2-Fragebögen an einem Ort (vgl. Tabelle 2). Für jeden Standort wird dann eine einzelne Linie grün (potenziell ruhiges Gebiet) oder lila (kein potenziell ruhiges Gebiet) eingezeichnet. Die Schallquellen- und Wahrnehmungsfaktoren sind auf der x-Achse von anthropogenen Schallquellen und eher negativer Lärmwahrnehmung auf der linken Seite bis zu biophonischen und positiven Lärmattributen auf der rechten Seite angeordnet, wobei die Gesamtbewertung (siehe Frage 3 des Fragebogens auf S. 9) ganz rechts steht. Durch diese Anordnung entsteht eine Linie mit von links nach rechts ansteigenden Orten mit positiven Geräuschattributen, die anhand der Linienfarbe visuell mit der erwarteten Geräuschqualität des Ortes (vorgeschlagenes ruhiges Gebiet oder nicht) in Verbindung gebracht werden kann.

In Kapitel 4.1 wird auf die identifizierten Schallquellen eingegangen, in Kapitel 4.2 auf die wahrgenommenen affektiven Qualitäten „ruhig“, „angenehm“, „chaotisch“ und „lästig“. Die Auswahl dieser qualitativen Bewertungen beruht auf einer früheren Studie (Lawrence et al. 2023), da hierfür eine gute Vorhersagbarkeit mit ökoakustischen Indizes festgestellt wurde.

Die statistische Auswertung und Beziehung zwischen Schalldruckpegel, psychoakustischer Wahrnehmung und ökoakustischen Indizes sowie dem Biophonie-Power-Index (BPI) erfolgt in Kapitel 4.3 anhand der Spearmans-Rangfolge-Korrelation zwischen L_{DEN} , L_{Aeq} , den im BPI enthaltenen ökoakustischen Indizes sowie dem BPI selbst und allen 14 psychoakustischen Wertungsabfragen.

Die Korrelationsergebnisse werden als sehr schwach ($r < 0,2$), schwach ($0,2 < r < 0,4$), mäßig ($0,4 < r < 0,6$), stark ($0,6 < r < 0,8$) und sehr stark ($r \geq 0,8$) angegeben, wobei eine positive Korrelation anzeigt, dass paarweise Variablen gemeinsam zunehmen, und eine negative Korrelation anzeigt, dass eine Variable zunimmt, während die gepaarte Variable abnimmt.

4.1 Ergebnisse Schallquellenidentifikation (SSI)

Die Befragungsergebnisse zu den vorherrschenden Schallquellen zeigen in allen Stadtteilen, dass die potenziell ruhigen Orte weniger Verkehrslärm und mehr natürliche Klanganteile aufweisen als verlärzte Orte mit hohen L_{DEN} -Werten (Abb. 6-8). Mit Ausnahme der Rheinischen Straße 38 weist der Schallquellenindikator „Sonstige“ in allen untersuchten Gebieten niedrige Mittelwerte auf, was wahrscheinlich darauf hindeutet, dass diese Kategorie für die Teilnehmer*innen nicht entscheidend oder nicht leicht zu identifizieren ist. Es überrascht nicht, dass alle potenziell ruhigen Gebiete eine viel höhere und damit positivere Gesamtbewertung aufweisen als Lärmbrunnenpunkte oder Gebiete mit höheren L_{DEN} -Werten.

Möglicherweise bietet die Rheinische Straße 38 als Kreuzungspunkt von Verkehr und Fußgängern im Kontext einer hochgradig gemischten Flächennutzung (Kiosk, Restaurants, Geschäfte, Lebensmittelladen) vielfältige visuelle Reize, die sonstigem Lärm zugeschrieben werden, weil diverse Geräusch- und Bildquellen vorhanden sind. Ein ähnliches Phänomen der Vermischung von visuellen und akustischen Eindrücken kann am Freiherr-vom-Stein-Platz festgestellt werden, der eine höhere Bewertung der natürlichen Geräusche aufwies als alle anderen verkehrsnahen Hörstationen in der Innenstadt Nord. An diesem Standort war der Verkehrslärm zwar eindeutig dominierend, aber das Vorhandensein eines

Wasserbrunnens, eines Cafés mit vielen Menschen und großen Laubbäumen könnten die Dominanz des Verkehrslärms ausgeglichen haben.

Die Ergebnisse zeigen außerdem, dass die gestalteten Plätze und Grünflächen und sogar einige verlärmtete Orte in den Innenstadtbezirken Nord und West höhere Werte für menschliche Geräusche aufweisen als die der Innenstadt Ost. Dies kann als Indikator für den hohen Nutzungsdruck auf die Freiflächen verstanden werden, spiegelt aber auch die Lebendigkeit dieser Stadtquartiere wider (vgl. Kap. 4.2).

Die höchsten Werte für menschengemachte Geräusche ($SSI > 3$) finden sich in allen drei Innenstadtbezirken auf den Grünflächen, wie bspw. Westpark, Stadewäldchen oder der Heroldswiese.

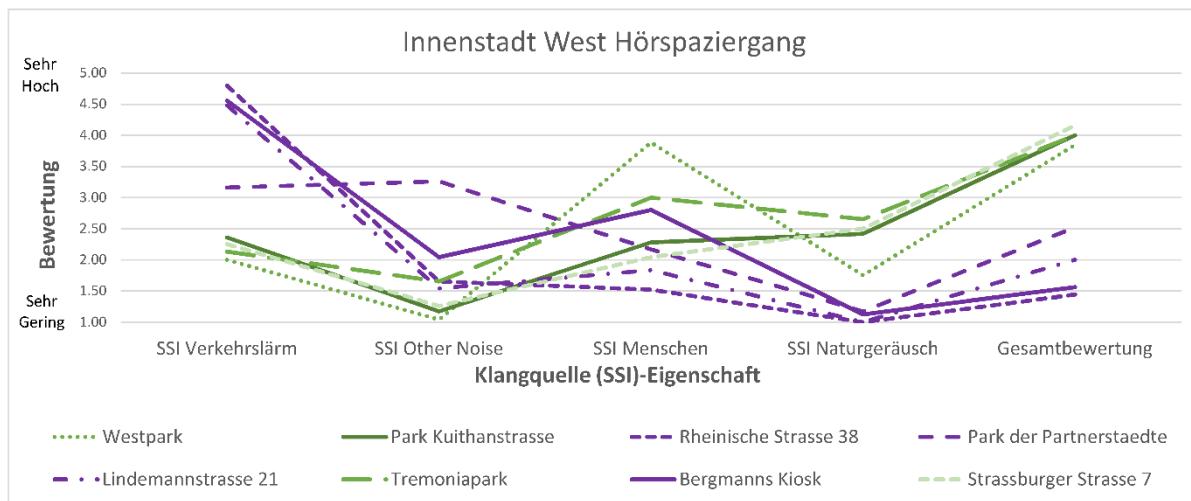


Abbildung 6 Innenstadt Ost Klangquelle (SSI) Ergebnisse

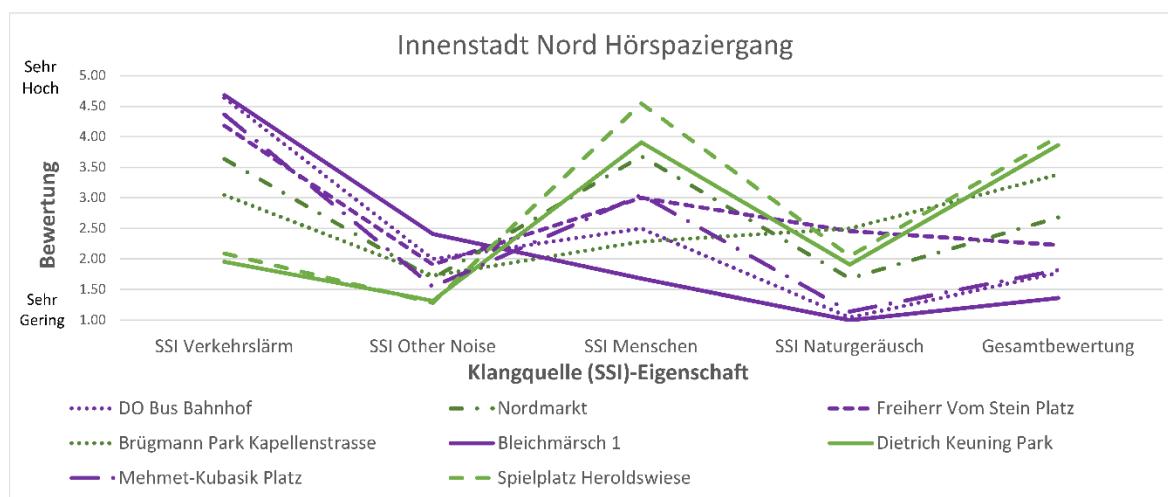


Abbildung 7 Innenstadt Nord Klangquelle (SSI) Ergebnisse

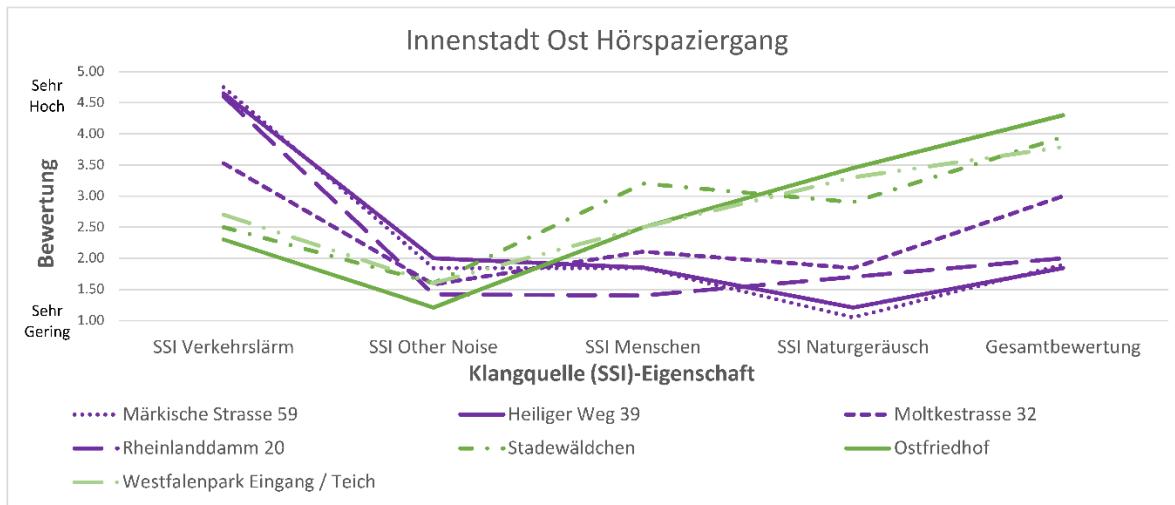


Abbildung 8 Innenstadt Ost Klangquelle (SSI) Ergebnisse

4.2 Ergebnisse wahrgenommene affektive Qualität (PAQ)

Die wahrgenommene affektive Geräuschqualität in allen drei Stadtteilen zeigt auch eindeutig, dass potenziell ruhige Gebiete mit einer höheren Gesamtbewertung angenehmer und ruhiger bewertet wurden als verlärmtete Orte mit höheren L_{DEN} -Werten, die eher mit Eindrücken wie „chaotisch“ und „störend“ bewertet werden.

Belebte Orte mit geringerem Umgebungslärmpegel, wie Westpark, Dietrich-Keuning-Park, Spielplatz Heroldswiese, Stadewäldchen und Kaiserhainteich zeigen, dass menschliche Geräusche stärker wahrgenommen werden. Diese Orte werden zwar oftmals als weniger ruhig bewertet, erhalten aber eine ähnlich hohe Gesamtbewertung, wie leisere Grünflächen. Dies untermauert die Schlussfolgerung, dass die vollständige Ruhe eines „ruhigen Gebiets“ keine Voraussetzung für eine höhere Gesamtbewertung ist: Solange es sich bei den auftretenden Geräuschen um natürliche und menschliche Geräusche handelt. Somit können sich diese Bereiche auch als „ruhige Gebiete“ in der Lärmaktionsplanung eignen.

Erwähnenswert ist die Bewertung des Nordmarkts, der in der Mitte fast aller Bewertungen liegt. Entsprechend der Umgebungslärmkartierung handelt es sich mit einem L_{DEN} von etwa 60 dB(A) eher um einen lärmelasteten Ort. Der Nordmarkt bietet aber auch durch viele menschliche Aktivitäten, viel Begrünung und große Bäume einen komplexen und aktiven visuellen Kontext. Der Park der Partnerstädte z.B. ist ebenfalls lärmelastet (L_{DEN} von 67 dB(A)), liegt aber etwas von der Straße zurück und hat schöne Baumkronen, ähnlich wie der Freiherr-vom-Stein-Platz (L_{DEN} von 70 dB(A)), was der Grund für die bessere Gesamtbewertung sein könnte. Diese Ergebnisse stützen tendenziell die Schlussfolgerung, dass hohe Umgebungslärmpegel besser toleriert werden, wenn diese durch grüne Infrastruktur ausgeglichen werden und natürliche sowie menschliche Geräusche weiterhin wahrnehmbar sind.

In Anlehnung an dieses Schema könnte die Umgebung des Bergmann-Kiosks, ein Ort mit hoher menschlicher Aktivität, aber auch sehr hoher Straßenlärmelastung (L_{DEN} von 75 dB(A)) und mit der schlechtesten Gesamtbewertung in der Innenstadt West, durch eine Begrünung eine Verbesserung erfahren. Ähnliches gilt für den Mehmet-Kubasik-Platz (L_{DEN} von 69 dB(A)) in der Innenstadt Nord.

Diese Erkenntnis soll in weiteren Forschungen und bei der Entwicklung von Maßnahmen zum Schutz und Entwicklung der ruhigen Gebiete aufgegriffen werden (vgl. Kapitel 6.8 des Dortmunder Lärmaktionsplans 2024).

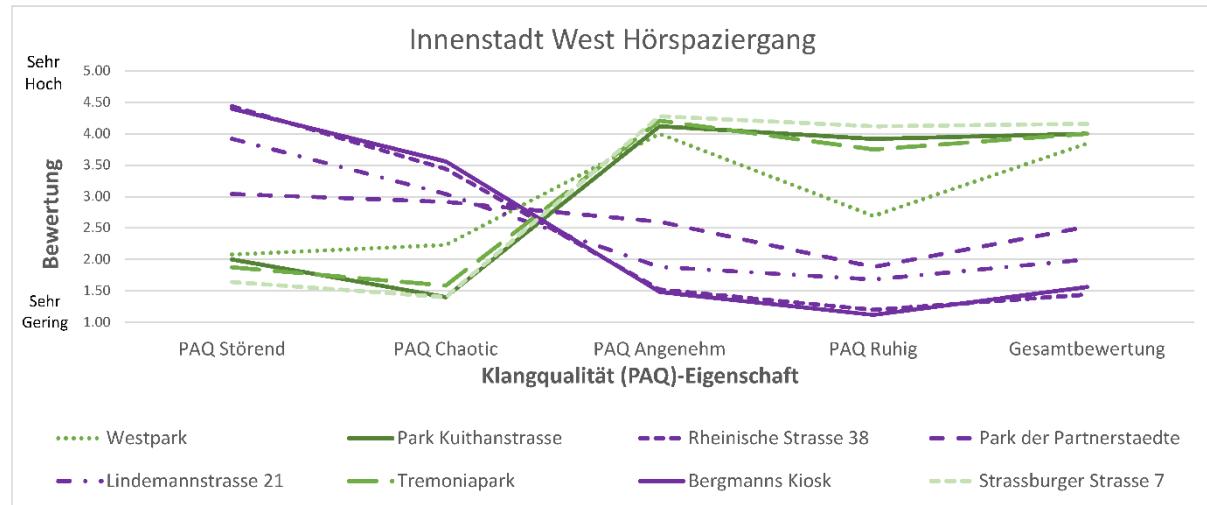


Abbildung 9 Innenstadt West Klangqualität (PAQ) Ergebnisse

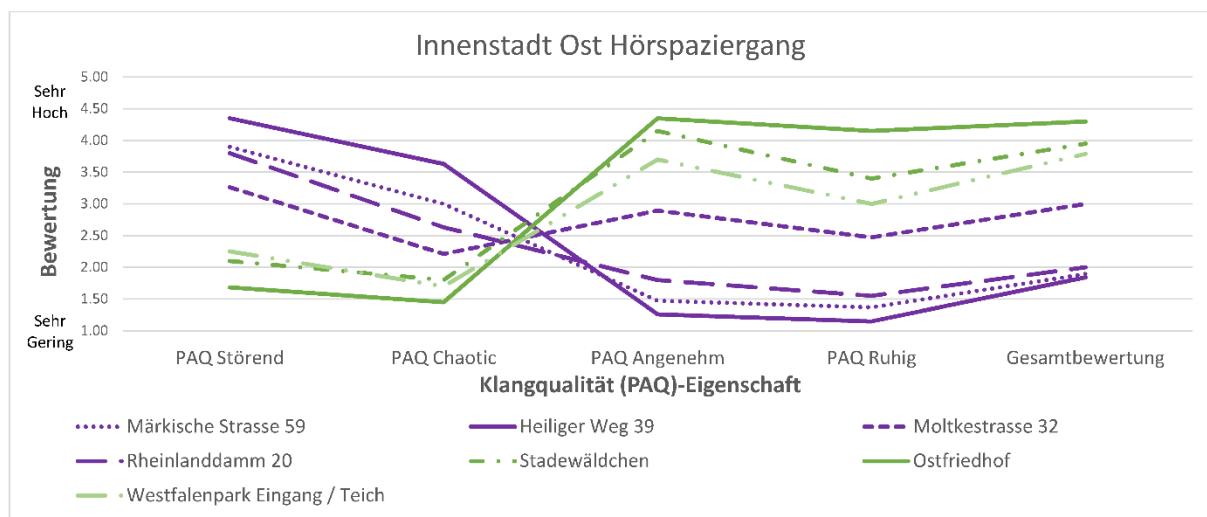


Abbildung 10 Innenstadt Ost Klangqualität (PAQ) Ergebnisse

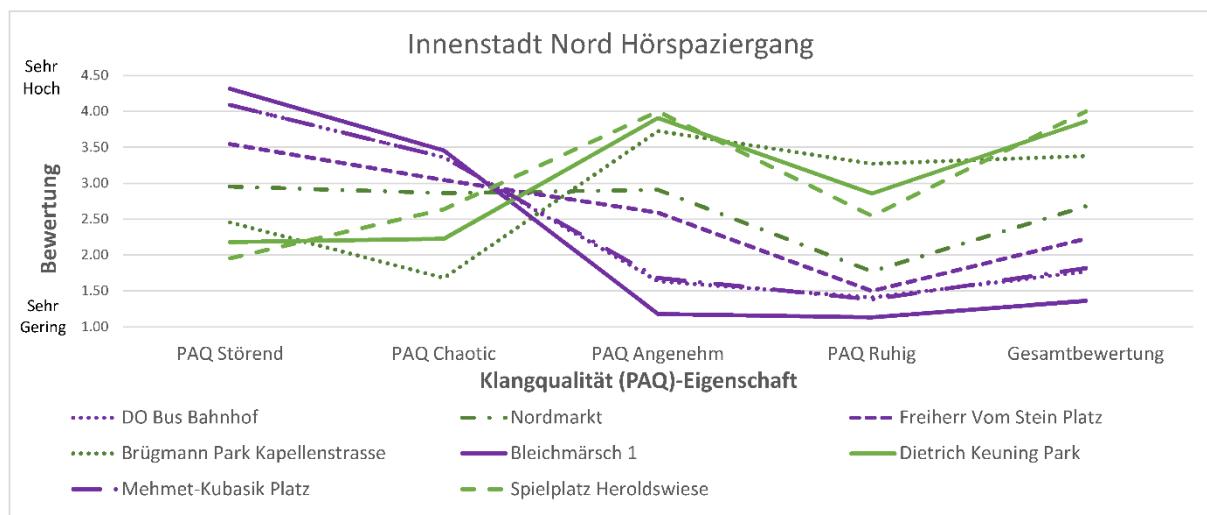


Abbildung 11 Innenstadt Nord Klangqualität (PAQ) Ergebnisse

4.3 Korrelation von Wahrnehmung, Schalldruckpegel und Indizes

Die Korrelationsergebnisse in Tabelle 5 zeigen, dass nur ausgewählte Schallquellen und die Schallqualität mit den Schalldruckpegeln und den Ökoakustikindizes in Verbindung gebracht werden können. Die stärksten Zusammenhänge bestehen zwischen L_{DEN} und

- dem Schallquellenindikator (SSI) „Verkehr“ ($r = 0,840$),
- zusammen mit den zugehörigen Wahrnehmungen (PAQ), wie
 - „störend“ ($r = 0,725$),
 - „chaotisch“ ($r = 0,585$)
- und den antiproportionalen Verhalten bei gleichzeitig hoher Korrelation für den Schallquellenindikator Naturgeräusch ($r = -0,567$)
- zusammen mit den zugehörigen Wahrnehmungen, wie
 - „angenehm“ ($r = -0,806$) oder
 - „ruhig“ ($r = -0,755$).

Diese Ergebnisse stützen qualitativ die von Lawrence et al. (2023).

Tabelle 5 Korrelation mit SSI, PAQ, L_{DEN} , L_{Aeq} und BPI

SSI und PAQ Bewertung	L_{DEN}	M	L_{Aeq}	BPI	TFSDBird
SSI Verkehrslärm	0.840	0.786	0.749	-0.782	-0.403
PAQ Angenehm	-0.806	-0.744	-0.740	0.724	0.345
Gesamtbewertung	-0.802	-0.758	-0.725	0.723	0.368
PAQ Ruhig	-0.755	-0.698	-0.747	0.657	0.178
PAQ Störend	0.725	0.670	0.653	-0.667	-0.337
PAQ Chaotic	0.585	0.531	0.586	-0.494	-0.102
SSI Naturgeräusch	-0.567	-0.525	-0.560	0.468	0.191
SSI Menschen	-0.360	-0.359	-0.260	0.391	0.513
Angemessenheit	-0.321	-0.275	-0.238	0.331	0.224
SSI Sonstige	0.276	0.251	0.238	-0.220	-0.158

Interessant ist, dass der ökoakustische-Index M und der gemessene Lärmpegel (L_{Aeq}) einen ähnlich robusten Zusammenhang und die gleiche Richtungsabhängigkeit mit SSI- und PAQ-Ergebnissen aufweisen wie der L_{DEN} . Das deutet darauf hin, dass sie als Ersatzindikatoren dienen könnten, falls keine Umgebungslärmkarten verfügbar sind.

Wenn man außerdem bedenkt, dass Umgebungslärmkarten nur einen zeitlich gemittelten Wert zu Verfügung stellen, während M und L_{Aeq} leicht aus automatisierten Aufnahmen mehrmals pro Stunde generiert werden können, wie in Lawrence et al. (2024) gezeigt wurde, eröffnet dies die Möglichkeit, zeitlich detaillierte Vorhersagen zur Geräuschwahrnehmung zu entwickeln.

Obwohl die Assoziationen mit BPI und SSI- oder PAQ-Kategorien in dieser Studie mit verhältnismäßig geringer Stichprobe nicht so robust sind wie mit dem L_{DEN} , M oder L_{Aeq} , spiegelt die Richtungsabhängigkeit von BPI die der anderen Indikatoren (L_{DEN} , M und L_{Aeq}) wider. Der BPI scheint auch eine geringfügig bessere Assoziation mit SSI-Menschen ($r = 0,391$) und Angemessenheit ($r = 0,331$) zu haben als der L_{DEN} . Dies könnte darauf hindeuten, dass der BPI in Fällen, in denen geringe Umgebungslärmpegel vorliegen, von Vorteil gegenüber den Umgebungslärmkarten sein könnte, obwohl eine solche Schlussfolgerung weitere Untersuchungen erfordert.

Ein letzter interessanter Punkt ist, dass TFSDBird einen stärkeren Zusammenhang mit dem SSI Menschen aufweist als die anderen ökoakustischen Indizes oder Lärmpegel ($r = 0,513$) und einen mäßig negativen Zusammenhang mit dem SSI Verkehrslärm ($r = -0,403$). Das

deutet darauf hin, dass TFSDBird zunimmt, wenn der Lärmpegel abnimmt. Vogelstimmen, die mit dem TFSDBird assoziiert werden, können vermutlich in Abwesenheit von Verkehrslärm besser erkannt werden, sodass dieser Indikator unter bestimmten Umständen ebenfalls zur Identifikation von Ruhe herangezogen werden kann. Eine Begründung wäre, dass TFSDBird die mit Vögeln assoziierten Frequenzen um 4 kHz und 125 ms Fluktuationen mathematisch höher gewichtet (Gontier et al. 2019). Vogelstimmen aber auch menschliche Stimmen weisen dabei deutlich höhere Fluktuationen als Verkehrslärm auf.

5. Fazit

Neben den Berechnungen zum Umgebungslärm und der online-Umfrage wurden in den drei Innenstadtbezirken Hörspaziergänge durchgeführt und in Kooperation mit der TU Dortmund wissenschaftlich ausgewertet. Mit den Hörspaziergängen wurde ein für Dortmund neues Beteiligungsformat ausprobiert, bei dem ein unmittelbarer Austausch zwischen Verwaltung, Bürger*innen und Wissenschaft möglich war.

Verteilt auf 12 Hörspaziergänge haben insgesamt 67 Personen teilgenommen. Die Resonanz der Teilnehmenden war in der Regel positiv. Mehrere haben berichtet ihren Stadtbezirk und die verschiedenen Klangräume erstmals so bewusst wahrgenommen zu haben.

Erwartungsgemäß zeigt sich, dass die Grünflächen mit niedrigerem Umgebungslärmpegel und höherem Biophony-Power-Index eine deutlich bessere Gesamtbewertung erfahren als verlärzte Orte mit geringem Grünanteil. Die überraschend hohe Übereinstimmung zwischen Wahrnehmung und Umgebungslärmpegel stützt das Vorgehen den L_{DEN} als wichtiges Beurteilungskriterium für ruhige Gebiete heranzuziehen.

Ein hoher Anteil menschlicher Geräusche wurde oftmals als „lebendig“ wahrgenommen und hat sich positiv auf die Gesamtbewertung der Orte ausgewirkt. Die höchsten Werte für menschengemachte Geräusche finden sich in allen drei Innenstadtbezirken auf attraktiv gestalteten Grünflächen. Das zeigt auch implizit, dass diese Bereiche nicht nur von den Teilnehmer*innen der Hörspaziergänge gut angenommen werden. Wie schon in der online-Umfrage (siehe Anhang 2 des Lärmaktionsplans) wird damit die Bedeutung von „Stadtoasen“ als ruhige, urbane Rückzugsorte hervorgehoben. Die Erkenntnisse haben damit den Prozess zur Entwicklung von Kriterien für ruhige Gebiete beeinflusst.

Wichtig bei der Wahrnehmung von menschengemachten Geräuschen scheint in diesem Zusammenhang auch die Kombination mit positiven visuellen Eindrücken. Die Tendenzen, die sich im Rahmen der Hörspaziergänge gezeigt haben, sind nachvollziehbar und bieten eine gute Grundlage, um darauf weitere Untersuchungen und Maßnahmen aufzubauen, die sich mit der Gestaltung einer lebenswerten und umweltgerechten Stadt auseinandersetzen.

6. Literaturverzeichnis

- Aletta, F.; Oberman, T.; Mitchell, A.; Tong, H.; & Kang, J. (2020): Assessing the changing urban sound environment during the COVID-19 lockdown period using short-term acoustic measurements 7 (1), pp. 123–134.
- Aletta, Francesco; Guattari, Claudia; Evangelisti, Luca; Asdrubali, Francesco; Oberman, Tin; Kang, Jian (2019): Exploring the compatibility of Method A and Method B data collection protocols reported in the ISO/TS 12913-2:2018 for urban soundscape via a soundwalk. In *Applied Acoustics* 55, pp. 190–203.
- Aumond, Pierre; Can, Arnaud; Coensel, Bert de; Botteldooren, Dick; Ribeiro, Carlos; Lavandier, Catherine (2017): Modeling soundscape pleasantness using perceptual assessments and acoustic measurements along paths in urban context. In *Acta Acustica united with Acustica* 12, pp. 50–67.
- Boelman, Natalie T.; Asner, Gregory P.; Hart, Patrick J.; Martin, Roberta E. (2007): Multi-Trophic Invasion Resistance in Hawaii: Bioacoustics, Field Surveys, and Airborne Remote Sensing. In *ecological applications* 2007 (17, 8), pp. 2137–2144. Available online at <http://www.jstor.org/stable/pdf/40061916.pdf?refreqid=excelsior:99ad0cc73c340901adbbce4ad32a5e77>, checked on 6/27/2017.
- Botz, K.; Gatzweiler, M.; Riedel, M.; Schommer, M.; Schüren-Hinkelmann, S. (2020): Lärmaktionsplan der Stadt Duisburg -. Stadt Duisburg. Available online at <https://sessionnet.krz.de/duisburg/bi/getfile.asp?id=1651994&type=do>, checked on 3/29/2024.
- Depraetere, Marion; Pavoine, Sandrine; Jiguet, Frederic; Gasc, Amandine; Duvail, Stephanie; Sueur, Jerome (2012): Monitoring animal diversity using acoustic indices. Implementation in a temperate woodland. In *Ecological Indicators* 13 (1), pp. 46–54. DOI: 10.1016/j.ecolind.2011.05.006.
- EEA (2014): Good practice guide on quiet areas. Technical Report 04. Available online at <https://www.eea.europa.eu/publications/good-practice-guide-on-quiet-areas>, checked on 11/3/2021.
- Gasc, A.; Sueur, J.; Jiguet, F.; Devictor, V.; Grandcolas, P.; Burrow, C. et al. (2013): Assessing biodiversity with sound: Do acoustic diversity indices reflect phylogenetic and functional diversities of bird communities? In *Ecological Indicators* 25, pp. 279–287. DOI: 10.1016/j.ecolind.2012.10.009.
- Gontier, Félix; Lavandier, Catherine; Aumond, Pierre; Lagrange, Mathieu; Petiot, Jean-François (2019): Estimation of the Perceived Time of Presence of Sources in Urban Acoustic Environments Using Deep Learning Techniques. In *Acta Acustica united with Acustica* 105 (6), pp. 1053–1066. DOI: 10.3813/AAA.919384.
- Joo, W. H.; Gage, S.; Kasten, E. P. (2011): Analysis and interpretation of variability in soundscapes along an urban? Rural gradient. In *Landscape and Urban Planning* 103 (3-4), pp. 259–276. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2011.08.001.
- Kuhlmann, Werner (2021): Laermaktionsplan Essen. Stadt Essen. Essen, Germany. Available online at https://media.essen.de/media/wwwessende/aemter/59/lrm/laermaktionsplan2021/Laermaktionsplan_2021.pdf, checked on 3/29/2024.
- Lawrence, B. T.; Hornberg, J.; Haselhoff, T.; Sutcliffe, R.; Ahmed, S.; Moebus, S.; Gruehn, D. (2021): A widened array of metrics (WAM) approach to characterize the urban acoustic environment; a case comparison of urban mixed-use and forest. In *Applied Acoustics* 185, p. 108387. DOI: 10.1016/j.apacoust.2021.108387.

Lawrence, Bryce T.; Hornberg, Jonas; Schröer, Kai; Djeudeu, Dany; Haselhoff, Timo; Ahmed, Salman et al. (2023): Linking ecoacoustic indices to psychoacoustic perception of the urban acoustic environment. In *Ecological Indicators* 155, p. 111023. DOI: 10.1016/j.ecolind.2023.111023.

Moebus, S.; Gruehn, D.; Poppen, J.; Sutcliffe, R.; Haselhoff, T.; Lawrence, B. (2020): Akustische Qualität und Stadtgesundheit – Mehr als nur Lärm und Stille. In *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 63 (8), pp. 997–1003. DOI: 10.1007/s00103-020-03184-x.

Pieretti, N.; Farina, A.; Morri, D. (2011): A new methodology to infer the singing activity of an avian community. The Acoustic Complexity Index (ACI). In *Ecological Indicators* 11 (3), pp. 868–873. DOI: 10.1016/j.ecolind.2010.11.005.

Schröder J, Hornberg J, Schröer K, Hinse M, Moebus S. Ergebnisse aus Hörspaziergängen zur Erfassung der akustischen Qualität im Rahmen eines Reallabors zu Fuß- und Radmobilität im Ruhrgebiet. *Gesundheitswesen*. 2023;85(08/09):[268]. <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0043-1770528>

Sueur, J. (2018): Sound Analysis and Synthesis with R. Cham: Springer International Publishing.

DIN ISO/TS 12913-2, 2018: TS II - Acoustics—Soundscape Part 2: Data Collection and Reporting Requirements.

Wildlife Acoustics (2021): Kaleidoscope. Version 5.4.8. Maynard, MA: Wildlife Acoustics. Available online at <https://www.wildlifeacoustics.com/products/kaleidoscope-pro>, checked on 2/12/2024.