**Schlussbericht**

**für das Projekt: "CitySoundscapes", Phase 1 (Definitionsphase), Förderkennzeichen 16LW0385**

**Zuwendungsempfänger: Technische Universität München, Professur für Urbane Produktive Ökosysteme**

**Projektlaufzeit: 01.06.2023 bis 31.05.2024**

Abkürzungsverzeichnis:
TUM: Technische Universität München
LMU: Ludwig-Maximilians-Universität
TUB: Technische Universität Berlin
LHM: Landeshauptstadt München
RKU: Referat für Klima- und Umweltschutz der Landeshauptstadt München
FAFS: Professorship of Forest and Agroforest Systems
SMLE: Chair for Strategic Landscape Planning and Management
TOEK: Terrestrial Ecology Research Group
PH: Public Health
LSS: Life Sciences in Society
WP: Arbeitspaket (Work Package)

## Teil I: Kurzfassung

Das ‚CitySoundscapes' Projekt beschäftigt sich mit urbanen Klanglandschaften (Soundscapes), die als quantifizierbarer Indikator für Beziehungen zwischen Biodiversität und psychischer Gesundheit untersucht werden. Diese Beziehungen sind noch weitgehend unerforscht und Klang als positives, gesundheitsförderndes Element ist kaum in die Stadtplanung integriert. Im Projekt sollen Methoden angewandt werden, um mittels Klang Artenvielfalt und Wohlbefinden innerhalb der Stadt zu erfassen und miteinander verknüpfen zu können.

In der Definitionsphase (Phase 1) haben Partner der Universitäten TUM, LMU und TUB in Zusammenarbeit mit BUND Naturschutz KG München, und Green City e.V. vier Forschungsfragen in vier Arbeitspaketen behandelt. Die Etablierung des Projekts hat zu einer Intensivierung der bereits bestehenden Vernetzung der TUM-Lehrstühle (UPE, FAFS, SMLE, TOEK) geführt und auch weitere Beziehungen zwischen wissenschaftlichen Einrichtungen etabliert und verstärkt, wie die Zusammenarbeit mit der LMU (PH, LSS) und davon ausgehend dem Akustik–Bereich der TU Berlin für die Etablierung einer Soundwalk Methode. Außerdem wurde das *DawnChorus* Projekt und das BIOTOPIA LAB als Projektpartner mit eingebunden, sowie das Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU) als Praxispartner gewonnen. Abgesehen von diesen Kooperationen fand Vernetzung mit anderen Forschenden und Initiativen statt.

Die Forschungsfragen beschäftigen sich mit Zusammenhängen zwischen struktureller Komplexität von Grünflächen, Klanglandschaften, Biodiversität und menschlichem Wohlbefinden, Orten mit hoher Biodiversität und Erholungseffekt sowie der Integration solcher Forschungsergebnisse in die Stadtplanung. Entsprechend dieser Forschungsfragen wurden vier Arbeitspakete (WPs) gebildet.

WP1 beschäftigte sich mit der Beziehung zwischen Vogeldiversität, Klanglandschaft und Vegetationskomplexität. Dafür wurden terrestrisches mobiles Laserscanning, passive akustische Aufnahmegeräte und KI-basierte Vogelidentifizierung genutzt. Die daraus entstehenden Daten wurden mithilfe verschiedener, ausgewählter Kennzahlen ausgewertet, um Untersuchungsflächen zu charakterisieren. Die Beziehungen zwischen Vegetationsstruktur, Soundscape-Indices und Vogeldiversität wurden statistisch untersucht.

In WP2 Beziehungen zwischen Soundscapes, akustischem Komfort und Erholung - auch in Bezug auf Beeinflussung durch soziale Faktoren - betrachtet. Mithilfe eines Scoping Reviews wurden Hörspaziergänge konzeptualisiert, die später mit freiwilligen Bürger:innen pilotiert wurden. Dafür ausgewählt wurden drei Routen, die sich in Grünflächen- und Bebauungsstruktur und Artenvielfalt an ausgewählten Hörorten unterschieden. An solchen Hörorten lauschten die Teilnehmer ihrer Umgebung und beantworteten vorbreitete Fragebögen zum akustischen Komfort und ihrem Wohlbefinden.

Um Orte mit hoher Biodiversität, hohem akustischem Komfort und hohen Erholungseffekten zu identifizieren, wurden in WP3 Citizen Science sowie partizipative und klangbasierte Kunst-Wissenschaftsschnittstellen entwickelt. Ein Living Lab ermöglichte Bürger:innen, Klanglandschaften und deren emotionale Wirkung zu erfahren, persönlich einzuordnen und anhand einer physischen Karte qualitativ beschreiben konnten. Das *DawnChorus* Projekt wurde eingebunden, das mithilfe von Bürger:innen Soundscape-Aufnahmen der Vogelvielfalt sammelt, indem diese über eine App 60-sekündige Aufnahmen ihrer Umgebung einreichen und bewerten. Innerhalb von WP3 wurden alle bisher genannten Datenerhebungen in statistischen Modellen zusammengeführt und untersucht, um Vorhersagemodelle zu erstellen. WP3 wird in Phase 2 in zwei WPs aufgetrennt werden: Das zukünftige WP3 wird sich mit der Modellierung befassen, während WP4 sich auf Beteiligung konzentrieren wird.

Das bisherige WP4 wird in Phase 2 zu WP5. In diesem Arbeitspaket wurde untersucht, wie die gesammelten Erkenntnisse in Stadtplanung integriert werden könnten. Dafür wurde eine explorative Literaturrecherche und -analyse zur Lärm- und Klangplanung in Städten durchgeführt. In dieser ersten Phase wurden Literaturrecherchen durchgeführt, Ziele ausformuliert, wurden Feld- und Labormethoden erprobt und die Konsolidierung sowie der Vollantrag für Phase 2 erarbeitet. Phase 1 begann mit einem Workshop („Werkstatt-Gespräch"), in der Projektpartner mit Akteuren aus Stadtplanung, Biodiversitätsschutz und öffentlicher Gesundheit über Interesse am Thema, Definitionen von Zielen und Methodik

diskutierten. Hier wurde auch über Standorte für erste Felderhebungen gesprochen, sodass im Anschluss an das Werkstatt-Gespräch 90 Versuchsflächen ausgewählt werden konnten.

Um die im Antrag für Phase 1 festgesetzten Ziele zu erreichen, wurden zweiwöchentliche Arbeitsgruppentreffen sowie ein monatliches Konsortiumstreffen eingerichtet, sodass alle Partner Teil der Diskussionen über Inhalt und Methoden des Projektes waren und sich am Vollantrag für Phase 2 beteiligten. Abgesehen von der Fertigstellung eines Vollantrags für Phase 2 wurden in Phase 1 eigene Ergebnisse erzielt; dazu gehören Daten zur Vogelbiodiversität, Entwicklung von Methoden für ökoakustisches Monitoring und Klang-Wahrnehmung, Analyse von Klanglandschaften in Beziehung zu Grünflächen-Komplexität und menschlichem Wohlbefinden, sowie Empfehlungen zu stadtökologischen, ökoakustischen Untersuchungen und klangbasierter Stadtplanung. Zum Beispiel können Ergebnisse aus Phase 1 bereits für die Biodiversitätsstrategie der Stadt München oder auch die One Health Initiative München genutzt werden. Die Ergebnisse im sind im ausführlichen Schlussbericht detailliert gelistet. Durch Literaturrecherche wurden weitere Ansätze zur klangbasierten Flächenbewertung identifiziert, und durch Treffen mit nationalen und internationalen Partnern konnten weitere Ideen und Vorschläge gesammelt werden. Diese Ansätze und auch Methoden sollen in Phase 2 weiterentwickelt, sowie Partnerschaften mit anderen Soundscapes-Projekten vertieft werden. Das Format und die Auswahl der Standorte für die in Phase 2 geplanten Living Labs waren ein großer Bestandteil der ersten Projektphase; die endgültige Entscheidung soll zu Beginn der zweiten Projektphase getroffen werden.

Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass Heterogenität im vertikalen Vegetationsprofil ein entscheidender Faktor für die Vorhersage von Vogelvielfalt ist. Komplexität wirkt sich positiv auf die Avifauna aus, entscheidend sind jedoch auch die Entfernung zum Stadtzentrum sowie die Begrünung der Nachbarschaft. Eine hohe Vogelvielfalt ist diesen Ergebnissen zufolge in dicht bebauten Gebieten schwer zu erreichen, auch wenn Vegetation negative Auswirkungen anthropogenen Lärms teilweise abpuffern kann. Um biophone Geräusche akkurater untersuchen zu können, sollen in Phase 2 Maskierungseffekte anthropogener und geophonischer Geräusche durch Vorfiltern beseitigt werden. So können akustische Indizes in ökologischen Studien wirksamer eingesetzt werden. Eine weitere Erkenntnis ist, das mit höherer Komplexität von Grünflächen stärkere mentale Erholung beobachtet werden kann und solche Orte bevorzugt aufgesucht werden. Gebiete mit hoher Vogelvielfalt werden dagegen überraschenderweise vermieden. Durch unsere Literaturrecherchen konnten wir bestätigen, dass die Erforschung von Soundscapes aus einer inter- und transdisziplinären Perspektive dringend erforderlich ist, da es nur wenige evidenzbasierte Forschungsergebnisse gibt, die in die städtische Lärmplanung einfließen.

Ergebnisse aus Phase1 wurden in einem abschließenden Workshop vorgestellt. Veröffentlichungen, die in Phase 1 entstanden sind, sind im ausführlichen Schlussbericht gelistet. Die Ausgaben der ersten Projektphase betrugen sich auf 79.499,00€. Das Projekt beantragt die Übertragung des Ausgaberests (11.868,16 €) auf Phase 2.

**Teil II: Ausführlichen Schlussberichts**

## 1. Aufgabenstellung

Klänge und urbane Klanglandschaften (Soundscapes, beide Begriffe werden im Folgenden austauschbar verwendet) sind Indikatoren für Tiervielfalt (Vogelstimmen), Umweltmerkmale (Bäume im Wind, fließendes Wasser) und städtische Stressfaktoren (Verkehr, Baulärm). Klanglandschaften stellen eine quantifizierbare Beziehung zwischen Biodiversität und potenziell positiven Auswirkungen auf die psychische Gesundheit (Wohlbefinden, Erholung) her. Dadurch können der Naturschutz und der Schutz der menschlichen Gesundheit miteinander verknüpft werden. Die multisensorischen Aspekte der Stadtnatur und ihre Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit sind noch nicht ausreichend erforscht und werden daher in Stadtplanungskonzepte kaum integriert, insbesondere was den Schall betrifft. Klänge und Klanglandschaften werden in der Stadtplanung oft nur im Zusammenhang mit der Lärmminderung und nicht als gesundheitsfördernde Elemente betrachtet (positive, stimmungsaufhellende Klänge).

In unserer Stadtklangforschung 'CitySoundscapes' verfolgen wir einen transdisziplinären Ansatz, der Bürger:innen, zivilgesellschaftliche Organisationen und Entscheidungsträger:innen aus den Bereichen Naturschutz, Stadtplanung, Soziales und Gesundheit einbezieht, um diese Lücke in Forschung und Praxis zu schließen. Unser Ziel ist es, klangbasierte Methoden zu entwickeln, um die biologische Vielfalt und das menschliche Wohlbefinden über einen städtischen Gradienten von Bebauungsdichte und Stadtgrünkomplexität systematisch zu erfassen und zu charakterisieren. Biologische Vielfalt wird hier als Pflanzenvielfalt und -komplexität sowie auch Tiervielfalt (Klangdiversität von Vögeln) erfasst, während beim menschlichen Wohlbefinden akustischer Komfort und Erholung im Vordergrund stehen.

In Phase 1 („Definitionsphase") haben wir uns an den folgenden Forschungsfragen orientiert: 1) Welche Zusammenhänge bestehen zwischen der strukturellen Komplexität von Grünflächen, ihren Klanglandschaften und ihrer Biodiversität? 2) Welche Beziehungen bestehen zwischen Soundscapes, akustischem Komfort und Erholung, und wie werden diese Effekte durch soziale Faktoren beeinflusst? 3) Wo befinden sich in der Stadt Orte mit hoher Biodiversität, hohem akustischem Komfort und hohen Erholungseffekten mit (positivem) Effekt auf das Wohlbefinden? 4) Wie können die Erkenntnisse über Klanglandschaften und ihre Beziehungen zu Biodiversität und menschlicher Gesundheit in die Stadtplanung integriert werden?

Jede dieser Forschungsfragen wurde in einem Arbeitspaket (**WP01-4**) unter der Leitung eines Teams von Forscher:innen der TUM, LMU und TUB mit Beiträgen der Praxispartner BUND Naturschutz KG München, Green City e.V. und dem Referat für Klima- und Umweltschutz (RKU) behandelt.

Der Schwerpunkt von Phase 1 lag auf der Entwicklung und Konsolidierung des CitySoundscapes-Konsortiums für Phase 2 und dem Vollantrag. Darüber hinaus wurden Feld- und Labormethoden als Proof of Concept sowie für Phase 2 des Projekts erprobt. Die Ziele wurden während des gesamten Projektverlaufs überwiegend erreicht.

## 2. Wissenschaftlicher und technischer Stand

In der Stadtplanung können Soundscapes als eine akustische Umgebung definiert werden, die von einer oder mehreren Personen im jeweiligen räumlichen Kontext wahrgenommen, erlebt und/oder verstanden wird (ISO 12913-1:2014). In der kognitiv-psychologischen Dimension konzentriert sich das Soundscape-Konzept darauf, wie jeder Einzelne die akustische Umgebung wahrnimmt und erlebt (Kang et al. 2018, Moebus et al. 2020). Einige Klänge (Verkehr, Baugeräusche) können Stress- und Angstgefühle auslösen und werden als „Lärm" mit negativen Auswirkungen auf die Gesundheit betrachtet (Goines et al. 2007); andere Klänge (zwitschernde Vögel, Bäume im Wind, fließendes Wasser) können positive Gefühle der Beruhigung hervorrufen, den Stressabbau fördern, die Naturverbundenheit stärken und das Gefühl der Erholung vermitteln (Francomano et al. 2022).

Aus ökologischer Sicht sind natürliche Klanglandschaften (dominiert von biophonen und geophonen Klängen) Anzeiger für das Vorhandensein von Bäumen, Wind und Wasser sowie für klangproduzierende Organismen (z. B. Vögel, Fledermäuse, Heuschrecken, Frösche). Letztere sind auf Klänge angewiesen, um zu kommunizieren und ihre Umgebung zu erkunden. So kann die Klanglandschaft in Grünflächen auf hörbare tierische Aktivitäten und Vielfalt in Verbindung mit strukturellen Aspekten des Raums hinweisen. Eine dichte Unterholzvegetation kann zu einer großen Vielfalt an Vogelstimmen führen und gleichzeitig anthropogenen Lärm absorbieren (Uebel et al. 2021). Bisher gibt es allerdings nur wenige Belege für solche Zusammenhänge in unterschiedlichen städtischen Räumen. Eine natürlichere Klanglandschaft kann bei Menschen Schmerzen und Stress vermindern, die Stimmung verbessern und die kognitive Leistungsfähigkeit steigern (Buxton et al. 2021). Gesundheitskennzahlen, die mit dem wahrgenommenen Klang von Umweltmerkmalen zusammenhängen (z. B. Komplexität von Grünflächen, Undurchlässigkeit der Landschaft), werden allerdings in nur wenigen empirischen Studien mit Biodiversitätsindikatoren verknüpft (Buxton et al. 2021).

Mit der Verdichtung der Städte und dem Verlust von Vegetation wird die natürliche Klanglandschaft immer weniger hörbar (Hasegawa et al. 2022), was wahrscheinlich auf den Verlust von klangproduzierenden Organismen sowie auf die Zunahme anthropogener Klangquellen zurückzuführen ist. Außerdem nimmt die Lärmbelastung in den Städten zu, was sich sowohl vorübergehend als auch dauerhaft auf die menschliche Gesundheit auswirkt. Sozial benachteiligte Bevölkerungsgruppen sind davon besonders betroffen (WHO, 2010; Golnes et al. 2007). Orte, die ruhiger sind und weniger Lärm durch Verkehr oder Bauarbeiten verursachen, können diese Belastungen vermindern oder sogar ausgleichen. So können zum

Beispiel Bäume und Sträucher in städtischen Grünflächen den wahrgenommenen Lärm reduzieren und Räume für akustischen Komfort bieten, die zur menschlichen Erholung beitragen (Herranz-Pascual et al. 2019). Diese Räume können aufgrund ihrer Vegetationszusammensetzung und strukturellen Komplexität auch das Vorkommen von Tierarten in Stadtlandschaften fördern, die sonst oft durch Verdichtung, Undurchlässigkeit und Grünflächenverlust gekennzeichnet sind (Perillo et al. 2017).

Es gibt Belege für einen Zusammenhang zwischen Lärm und wahrgenommener Gesundheit in der Stadt (Radicchi et al. 2020). Während Lärm eindeutig Erkrankungen auslöst, steht die Wahrnehmung auditiver Biodiversität auch in einer positiven Beziehung zu menschlicher Naturverbundenheit (Francomano et al. 2022). Darüber hinaus gibt es Untersuchungen, die einen Zusammenhang zwischen Biodiversität, Klanglandschaften und ihren biophonischen bzw. anthrophonischen Eigenschaften herstellen. Dies wiederum hängt mit ihrer Bedeutung für die Erholung der Menschen zusammen (Fischer et al. 2021). Dennoch gibt es immer noch sehr wenige Belege dafür, wie auditive Sinneserfahrungen mit Indikatoren für das menschliche Wohlbefinden (z. B. Erholung) *in situ* (Buxton et al. 2021) und mit gemessenen Klängen der Tierwelt zusammenhängen und wie diese Beziehungen von der strukturellen Komplexität der Grünflächenvegetation abhängen (Francomano et al. 2022). Auch der Einfluss von soziodemografischen Variablen (z.B. Alter, Naturverbundenheit u. A.) auf die Beziehungen zwischen Klanglandschaften, Biodiversität und das Wohlbefinden sind noch kaum erforscht worden (Marselle et al. 2021).

Transdisziplinäre Ansätze in Forschung und Praxis, die Biodiversität, Ökoakustik und öffentliche Gesundheit integrieren, fehlen bisher, werden aber dringend benötigt, um Biodiversität und menschliches Wohlbefinden in der Stadtplanung zu fördern. Obwohl verschiedene Methoden und Instrumente für die Analyse und systematische Bewertung von Klanglandschaften entwickelt wurden (z. B. die Normenreihe ISO 12913 (Sun et al. 2019)), lässt sich eine Klanglandschaft nicht allein durch numerische Messgrößen beschreiben; die Analyse und Bewertung von Klanglandschaften hängen stark von der menschlichen Wahrnehmung ab. Klanglandschaften können den gleichen gemessenen Pegel haben, aber vom Hörer unterschiedlich wahrgenommen werden (Jennings & Cain 2013). Daher sind auch partizipative Methoden wie Citizen Science, Crowdsourcing sowie runde Tische und Workshops notwendig, um den Einfluss der auditiven Umgebung auf den Einzelnen zu bewerten und zu verstehen (Payne & Guastavino 2018).

## 3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Phase 1 des CitySoundscape-Projekts war durch regelmäßige zweiwöchentliche Treffen in den Arbeitspaketen (WPs) sowie durch monatliche Treffen mit dem gesamten Konsortium gekennzeichnet. Die Treffen wurden von den Arbeitspaketleiter:innen und vom koordinierenden Lehrstuhl (TUM-UPE) geleitet.

Ein Workshop, das sogenannte 'Werkstatt-Gespräch', wurde zu Beginn von Phase 1 im Juni 2023 an der TUM mit den Projektpartnern sowie mit relevanten Akteur:innen aus den Bereichen Stadtplanung, Biodiversitätsschutz und öffentliche Gesundheit in München initiiert, um die Ziele, Forschungsfragen und Methoden des Projekts näher zu definieren. Außerdem wurden offene Fragen zur Durchführung und zu den Standorten für Felderhebungen diskutiert. Dieses Treffen bildete die Grundlage für den Methodentest in Phase 1. Die Aktualität und das Interesse an dem Thema wurden beim Werkstatt-Gespräch von externen Teilnehmer:innen bestätigt. Zu den externen Teilnehmer:innen gehörten: Referat für Stadtplanung und Bauordnung, Landeshauptstadt München; Gärtenabteilung, Bayerische Schlösserverwaltung; Ökologische Bildungszentrum München; München Aktiv für Gesundheit e.V. (MAGs); und Landesbund für Vogel- und Naturschutz in Bayern e.V.

Im Sommer und Herbst 2023 wählten wir daraufhin Untersuchungsflächen aus und implementierten Methoden, um Daten zur strukturellen Komplexität von Grünflächen, akustische Daten (zur Biodiversität) und Daten zum menschlichen Wohlbefinden zu sammeln (siehe einzelne WPs). Insgesamt wurden 90 Untersuchungsflächen (58 Stadtparks („grün“) und 32 „graue“ Referenzflächen) innerhalb des Mittleren Rings (Innenstadt) gewählt. Die Untersuchungsflächen repräsentierten einen Gradienten der vegetationsstrukturellen Komplexität sowie unterschiedlicher Stadträume. Sie waren jeweils 300 m voneinander entfernt, um räumliche Autokorrelationen zu verringern und das Risiko einer Doppelzählung von Vogelindividuen zu reduzieren (Fontana et al. 2011).

**WP01: Greenspace structural complexity and biodiversity**

Ziel von WP01 war es  den Zusammenhang zwischen der Vogeldiversität, Klanglandschaft und struktureller Komplexität von Vegetation zu untersuchen. Um Unterschiede in der Vegetationsstruktur zu messen, nutzten wir terrestrisches mobiles Laserscanning (MLS) innerhalb der einzelnen Untersuchungsflächen, in denen wir die 3D-Struktur (Punktwolke) der einzelnen Untersuchungsflächen charakterisierten, einschließlich Messungen der horizontalen und vertikalen Heterogenität. Die Daten wurden mit der zugehörigen Software ZEB Horizon und GeoSLAM ausgewertet. Um die strukturelle Komplexität der Vegetation auf jeder Untersuchungsflächen zu charakterisieren, wurden Kennzahlen berechnet, von denen wir annahmen, dass sie mit der Vogelartenvielfalt und der Klanglandschaft in Beziehung stehen. Dazu gehörten z.B. die des Kronenüberdeckungsgrads von Bäumen sowie die ihrer durchschnittlichen Höhe, des Gini-Koeffizienten und der Vegetationsdichte.

Um akustische Daten zur Berechnung der Soundscape-Indizes und der jeweiligen Vogel-Biodiversität zu sammeln, wurden auf jeder der Untersuchungsflächen passive akustische Aufnahmegeräte von Frontier Lab (BAR oder BAR LT) aufgestellt, um Akustikdaten aufzuzeichnen. Die Geräte wurden für 10 Tage in 3 bis 4 Metern Höhe an Laternenpfählen oder Bäumen jeweils gegenüber von Gebäuden und Spazierwegen angebracht. Die lokale Singvogelvielfalt wurde mithilfe des künstliche Intelligenz Algorithums BirdNET, der Vogelarten anhand von Rufen in 3-Sekunden-Segmenten identifizieren kann (Kahl et al. 2021)

unter Nutzung des chirpR-Pakets in R (siehe: github.com/AFairbairn/chirpR) aus den Aufnahmen bestimmt. Die Alpha-Diversität, der Shannon Diversitätsindex und die Vokalaktivitätsrate (VAR) wurden für jeden Standort und jeden Zeitraum berechnet. Vier verschiedene akustische Indizes wurden abgeleitet, um die städtischen Soundscapes zu charakterisieren, darunter der Acoustic Diversity Index (ADI), der Acoustic Evenness Index (AEI), der Bioacoustic Index (BIO) und der Normalised Difference Soundscape Index (NDSI); diese Indizes gelten in städtischen Kontexten als am zuverlässigsten (Fairbrass et al. 2017).

Die Beziehungen zwischen den verschiedenen Maßen für Vegetationsstruktur, den Soundscapes Charakteristika und den verschiedenen Maßen für Vogeldiversität wurden in linearen Modellen statistisch untersucht.

**WP02: Human wellbeing and sound**

Ziel von **WP02** war zu untersuchen, welche Beziehungen zwischen Soundscapes, akustischem Komfort und Erholung bestehen, und wie diese Effekte durch soziale Faktoren beeinflusst werden. In WP02 haben wir einen Scoping Review durchgeführt um Studien zu identifizieren, die Hörspaziergänge als Methode zur Erfassung von Klanglandschaften eingesetzt haben. Ziel des Scoping Reviews war es, methodische Aspekte zu identifizieren und zu bewerten, die die Konzeption der Hörspaziergänge im Rahmen des Projektes informieren. Die Suche, basierend auf einer zuvor definierten Suchstrategie, wurde in unterschiedlichen Datenbanken (Medline, PsycInfo and LIVIVO) durchgeführt. Nach Titel-/Abstrakt-Screening und einem Volltextscreening konnten 13 Studien eingeschlossen werden, für die eine Datenextraktion erfolgte. Der Fokus der Datenextraktion lag dabei auf der Dokumentation methodischer Aspekte sowie der erfassten Outcomes. Zudem wurden in den analysierten Studien diverse Effektmoderatoren und Confounder (Störfaktoren) identifiziert, die die Weiterentwicklung des Studienprotokolls für eine in Förderphase 2 geplante Soundwalk-Studie unterstützen.

Des Weiteren haben wir in drei unserer Untersuchungsgebiete Soundwalks mit freiwilligen Münchner:innen durchgeführt; zum Einen, um die Methode der Soundwalks zu pilotieren und zum Anderen um zu verstehen, wie die Menschen Soundscapes wahrnehmen und wie dies mit ihrem Wohlbefinden zusammenhängt. Die Soundwalk-Methode ist eine Methode zur Untersuchung von Umweltgeräuschen, bei der Menschen entlang einer festgelegten Route an vorab definierten Punkten anhalten ("Hörorte"), die akustische Umgebung über einen definierten Zeitraum bewusst wahrnehmen und die Klanglandschaft anhand verschiedener Fragen bewerten (Berendt et al. 2019). Auf Grundlage von DIN ISO/TS 12913-2 wurden die Zusammenhänge zwischen akustischer Klangqualität, Vegetationskomplexität und Wohlbefinden untersucht. Dazu wurde den Teilnehmer:innen ein Fragebogen in Papierformat oder digital (Smartphone) ausgehändigt. Der Fragebogen hatte die folgenden Hauptbestandteile: 1) ein „Affektraster" zur Bewertung der Stärke angenehmer Gefühle und der Stärke der Erregung (Russell et al. 1989); 2) standardisierte Soundwalk-Fragen entweder nach (Variante i) DIN ISO/TS std 12913-2 oder (Variante ii) „Perceived Restorativeness Soundscape Scale" (PRSS) (deutschsprachige Übersetzung) nach Payne (2013); 3) eine

grafische Abfrage der eigenen Naturverbundenheit (Keespies et al. 2021); 4) zwei Fragen zu störendem oder erholsamem Umgebungslärm; und 5) Fragen zu soziodemografischen Parametern.

Wir wählten drei Routen aus, die sich in der Komplexität der Grau- und Grünflächenstruktur und der Artenvielfalt (niedrig/mittel/hoch) an den festgelegten Hörorten unterschieden. Entlang dieser Routen hielten die Teilnehmer:innen fünf Minuten lang an drei bis vier Hörstationen sowie in einem „grauen" Kontrollbereich - z. B. an U-Bahn-Stationen, die der erste Treffpunkt für die Spaziergänge waren - an, um die Fragen zu beantworten. An jeder Station wurden auch Daten zur strukturellen Komplexität und zum akustischen Monitoring aufgenommen. Die Routen waren zwischen 1,6 und 3,3 km lang und dauerten 60 bis 90 Minuten. Die Teilnehmer:innen wurden mit Hilfe von Plakaten und Flyern in Geschäften und sozialen Netzwerken rekrutiert. Insgesamt wurden sechs Hörspaziergänge durchgeführt. An den Hörspaziergängen nahmen 27 Personen teil. Zusätzlich wurden 14 Personen im Anschluss mit dem Interview-Leitfaden zu ihren Erfahrungen und Eindrücken sowie Verbesserungspotenzial der Hörspaziergänge befragt.

**WP03**: **Synthesis and participation**

Ziel von WP03 war zu untersuchen, wo sich in der Stadt Orte mit hoher Biodiversität, hohem akustischem Komfort und hohen Erholungseffekten mit (positivem) Effekt auf das Wohlbefinden befinden. In WP03 entwickelten wir mehrere Citizen Science- und partizipative, klangbasierte Kunst-Wissenschafts-Schnittstellen, um die Beteiligung an der Untersuchung zu erhöhen. Dazu entwickelten wir ein partizipatives Living Lab mit vier Stationen im BIOTOPIA Lab in München und führten an zwei Wochenenden im November 2023 Workshops durch. Die drei wichtigsten Aktivitäten waren: 1) ein immersives Klangerlebnis (der sogenannte „Klangschirm"), 2) eine partizipative Kartierungsübung, und 3) eine Erkundung des Citizen-Science-Projekts „Dawn Chorus". Mit dem Klangschirm wollten wir das Bewusstsein für Klanglandschaften und ihre emotionale Wirkung schärfen, indem wir für die Vielfalt der Klanglandschaften sensibilisierten. Dazu luden wir die Teilnehmer:innen zu einer interaktiven digitalen Plattform ein, auf der sie verschiedene natürliche Geräusche (Vogelgezwitscher, Wind usw.) und künstliche Geräuschkulissen (Bauarbeiten, Verkehr) in Städten hörten und diese anhand eines „Affektrasters" (Beschrieben in WP2) nach ihrer emotionalen Reaktion bewerten sollten. Die Teilnehmer:innen konnten auch ihre persönlichen Eindrücke von den verschiedenen Geräuschkulissen mit einer Audioaufnahme einer „Sprachnotiz" festhalten.

Mit der partizipativen Kartierung wollten wir die Klangwelten in der Stadt München räumlich darstellen und interpretieren und herausfinden, wie die Klanglandschaften das Wohlbefinden und den akustischen Komfort in Bezug auf die natürliche und gebaute Infrastruktur fördern. Hierfür verwendeten wir eine physische Karte, auf der die Teilnehmer:innen Klangumgebungen erfassen und qualitativ in ihrer räumlichen Dimension und ihren Eigenschaften beschreiben konnten. Wir führten eine Inhaltsanalyse durch, um die Antworten der Teilnehmer:innen systematisch in Themen oder Gruppen zu kategorisieren und die

Häufigkeit und das Vorhandensein bestimmter Wörter oder Themen im Zusammenhang mit Grünflächen zu bewerten. Darüber hinaus haben wir die Antworten der Teilnehmer:innen einer Stimmungsanalyse unterzogen, um die allgemeinen emotionalen Reaktionen auf verschiedene Aspekte von Grünflächen zu bewerten.

Wir nutzten das Dawn Chorus Citizen Science Projekt mit dem Ziel, Nutzer:innen für Citizen Science-Projekte zu sensibilisieren, zu fördern und zu schulen. Das Dawn Chorus Projekt und die App dokumentieren mit Hilfe von Bürgerwissenschaftlern über mehrere Jahre hinweg Soundscape-Aufnahmen der Vogelvielfalt und bieten eine innovative und flexible Plattform zur Datenerfassung in Städten und bestimmten Stadtteilen. Hier nehmen Bürgerwissenschaftler:innen regelmäßig in 60-Sekunden-Intervallen ihre Geräuschkulisse auf und beantworten anhand der Audioaufnahmen Fragen zu dem wahrgenommenen akustischen Komfort der Umgebung.

Um die Beziehungen zwischen den Klanglandschaften, der biologischen Vielfalt und dem menschlichen Wohlbefinden quantitativ zu testen, wurden die akustischen Daten, MLS Daten und die Soundwalk Daten zusammengeführt. Mit logistischen Regressionsmodellen untersuchten wir die Wahrscheinlichkeit der gemeldeten Wohlbefindensreaktionen auf der Grundlage von Variablen zur Vogelvielfalt, Indizes zur Klanglandschaft und Indizes zur Komplexität von Grünflächen. Mithilfe dieser statistischen Vorhersagemodelle wurden Wahrscheinlichkeiten für jede Stufe der ordinalen Ergebnisse berechnet, die den Einfluss der Umweltfaktoren auf das menschliche Wohlbefinden zeigen.

**WP04: Governance and management recommendations**

Ziel von WP04 war zu untersuchen, wie die Erkenntnisse über Klanglandschaften und ihre Beziehungen zu Biodiversität und menschlicher Gesundheit in die Stadtplanung integriert werden können. In WP04 führten wir eine explorative Literaturrecherche und -analyse zur Lärmplanung in Städten durch, um folgende Fragen zu beantworten: 1. Wie werden Klanglandschaften in den relevanten Fachbereichen (Ökoakustik, Psychoakustik, Planung) definiert? 2. Welche Methoden und Instrumente werden derzeit für die Analyse und Bewertung von Klanglandschaften für welchen Zweck eingesetzt? 3. Welche Interessengruppen sind derzeit und potenziell an der Bewertung und Planung von Klanglandschaften beteiligt? 4. Was sind die derzeitigen Möglichkeiten und Hürden in der Stadtplanung für die Bewertung und Planung von Soundscapes? 5. Welche Arten von grüner und blauer Infrastruktur werden in aktuellen Studien zur Planung von Klanglandschaften untersucht und wie effektiv sind sie? Die Suchmaschinen OPAC, Google Scholar und Scopus AI wurden dazu mit den Stichwörtern soundscapes, implementation, planning, best/good practices, cities in Kombination mit anderen Stichwörtern wie green infrastructure, green space oder nature-based solutions durchsucht.

Während des gesamten Förderzeitraums wurden das Projekt und die Methoden bei verschiedenen Veranstaltungen vorgestellt, darunter bei der Bayerischen Akademie der

Wissenschaften in München (April 2024), der FEdA Status Konferenz in Frankfurt (Mai 2024) und dem Nature of Cities Festival in Berlin (Juni 2024).

Parallel zur Konsolidierung des Konsortiums, der Methodenerprobung, der Anwendung, der Vernetzung und den Diskussionen wurden Literaturrecherchen zu relevanten Themen für die Anwendung durchgeführt. Dazu gehörten das ökoakustische Monitoring in Städten (zur Veröffentlichung eingereicht; Arzberger et al. in Review), die Soundwalk-Methode (auf einer Konferenz vorgestellt und im Konferenzband veröffentlicht; Immich et al. 2024) und die städtische Schallplanung. Dabei wurden sowohl wissenschaftliche Veröffentlichungen und graue Literatur als auch Best Practices aus anderen deutschen und internationalen Städten berücksichtigt. Die Literaturrecherche diente als Grundlage für die Entwicklung und Einreichung des Phase-2-Antrags. Die Literaturrecherche und die Vernetzung mit relevanten nationalen und internationalen Projekten werden in Phase 2 fortgesetzt und laufend ergänzt.

Durch regelmäßige Kommunikation und Austausch innerhalb der Arbeitspakete sowie innerhalb des Konsortiums wurde der Antrag von allen Projektpartnern im November 2023 erfolgreich bei der Förderagentur eingereicht. Im abschließenden Workshop im Mai 2024 wurden externe Interessengruppen um Feedback zu den Ergebnissen gebeten und es wurden Diskussionen über die Verwendbarkeit der Ergebnisse für zukünftige Initiativen geführt, die derzeit in der Stadt München durchgeführt oder entwickelt werden.

## 4. Stand des Wissens und wesentliche Ergebnisse

Unsere Ergebnisse zu Biodiversität und Vegetationskomplexität in WP01 liefern wertvolle Erkenntnisse über die Beziehung zwischen Lebensraumverfügbarkeit und -struktur und darüber, wie diese gestaltet und gepflegt werden können, um die Biodiversität in Städten zu fördern. Bei unseren Methodentests und der Datenerhebung, die in zwei Masterarbeiten an der TUM mündeten, stellten wir fest, dass die Heterogenität im vertikalen Profil der Vegetation, einschließlich der Dichte und Verteilung der Vegetation über alle vertikalen Schichten, ein entscheidender Faktor für die Vorhersage der Vogelvielfalt ist. Dies unterstreicht die Bedeutung der Unterholzvegetation in städtischen Grünflächen. Trotz der positiven Auswirkungen der Vegetationskomplexität sind die Entfernung zum Stadtzentrum - die als Indikator für die Urbanisierung der Landschaft verwendet wird - und die Begrünung der Nachbarschaft entscheidende Determinanten für das Vorkommen der Avifauna. Dies deutet darauf hin, dass die städtische Vegetation zwar die negativen Auswirkungen des anthropogenen Lärms teilweise abpuffern kann, dass es aber in dicht bebauten Gebieten schwierig ist, eine hohe Vogelvielfalt zu erreichen.

Akustische Indizes der Vogelvielfalt und Klanglandschaften, die biophonische Geräusche in städtischen Umgebungen genau und effektiv erfassen können, werden jedoch durch die Maskierungseffekte anthropogener und geophonischer Geräusche eingeschränkt. Diese sich überlagernden Geräusche erschweren die akustischen Aufnahmen, insbesondere bei

überfliegenden Arten, und können zu Verzerrungen der Daten führen. Um diese Einschränkungen zu beseitigen, sollten künftige Erhebungen in Phase 2 eine Vorfilterung vornehmen, um die Wirksamkeit akustischer Indizes für ökologische Studien in Städten zu verbessern.

Unsere Untersuchungen in WP02 zeigten, dass Parks wie der Englische Garten, die älter und strukturell komplexer sind, stärker zur mentalen Erholung der Menschen beitragen und häufiger angenehme Gefühle auslösen. Im Gegensatz dazu zeigten „graue" städtische Räume unterschiedliche emotionale Reaktionen, einschließlich Stressreaktionen, ohne ein klares Muster oder eine Richtung für die erholsame Wirkung. Eine überraschende Erkenntnis aus unserer sozial-ökologischen Synthesearbeit war, dass Menschen sich zwar eher in Gebieten mit komplexer Vegetation und hoher akustischer Vielfalt aufhalten, aber weniger wahrscheinlich Gebiete mit einer hohen Vogelvielfalt bevorzugen. Dieses kontraintuitive Ergebnis könnte auf einen Schwelleneffekt zurückzuführen sein, bei dem zu viel Artenvielfalt möglicherweise überwältigend oder verwirrend für Menschen wird.

Um die Datenerfassung zu Biodiversität und Klanglandschaften und deren Erholungspotenzial zu verbessern, entwickeln wir integrierte Plattformen wie die Dawn Chorus-Anwendung, die neben auditiven Daten auch Informationen über die erholsamen Erfahrungen und den Stressabbau der Nutzerinnen und Nutzer sammelt. Wir haben festgestellt, dass die Menschen auf solche Plattformen sehr gut ansprechen und sich sowohl auf digitale als auch auf analoge Workshop-Interventionen einlassen.

In der Literaturrecherche in WP04 wurden Best-Practice-Beispiele aus anderen Ländern zur städtischen Klanglandschaftsplanung erfasst. Insgesamt wurden 64 Studien zur städtischen Lärmplanung ausgewertet, von denen 28 Studien Lärm als eine der wichtigsten Umweltauswirkungen auf die menschliche Gesundheit identifizierten (Lippold & Lawrence, 2019). Die Mehrheit der Studien konzentrierte sich auf traditionelle Ansätze zur Lärmreduzierung, -vermeidung und -bekämpfung, die jedoch nicht ausreicht, um die akustische Qualität in städtischen Umgebungen zu verbessern. Mehrere Studien (Lippold & Lawrence, 2019; Jaszczak et al., 2021) deuten darauf hin, dass die Integration von Klanglandschaften vor allem in frühen Phasen der Freiraumplanung und Grünflächengestaltung erfolgen muss. Während Klanglandschaften als Thema für die Stadtplanung vermehrt Aufmerksamkeit wecken, ist die Forschung darüber, wie unterschiedliche soziokulturelle und ökologische Kontexte die Wahrnehmung und Planung städtischer Klanglandschaften beeinflussen, noch begrenzt (Soares & Coelho, 2016).

Die meisten der untersuchten Studien konzentrierten sich auf die Identifizierung, Analyse und Bewertung bestehender Klanglandschaften mithilfe von Methoden wie Soundwalks, Umfragen, Messungen, Mixed Reality und partizipativen Instrumenten. Partizipative Ansätze, die die Bürger:innen einbeziehen, wurden jedoch nur in 26 der 64 Studien in Form von Interviews, Soundwalks oder anderen Methoden zur Datenerhebung und Information der

Forschungsergebnisse eingesetzt. Die proaktive Planung und Umsetzung von Klanglandschaften im städtischen Umfeld wurden selten thematisiert. Eine Herausforderung bei der Planung und Umsetzung ruhiger Klanglandschaften ist der Mangel an geeigneten Ansätzen zur Definition und Identifizierung ruhiger Gebiete, der durch die unterschiedliche Wahrnehmung von Klanglandschaften durch verschiedene Personen noch verstärkt wird (Moebus et al., 2020). In der Literatur wurden auch verschiedene Arten von Eingriffen in die Klanglandschaft untersucht, darunter langfristige und kurzfristige Projekte, künstlerische Installationen und naturbasierte Lösungen. Die Literaturrecherche zeigt, dass die Erforschung des Themas Geräuschkulisse aus einer inter- und transdisziplinären Perspektive dringend erforderlich ist, da es nur wenige evidenzbasierte Forschungsergebnisse gibt, die in die städtische Lärmplanung einfließen.

## 5. Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen

Für die Entwicklung eines gemeinsamen Forschungsplans wurden Workshops an der TUM in München sowie verschiedene Videokonferenzen mit potenziellen Projektpartnern abgehalten. Alle beteiligten Lehrstühle an der TUM haben in Forschung und Lehre im Bereich der Stadtökologie, der Forstwirtschaft und der interdisziplinären Forschung zu urbaner grüner Infrastruktur bereits zusammengearbeitet und verfügen auch über Erfahrung in der Zusammenarbeit mit der Landeshauptstadt München. Das Projekt hat die Arbeitsbeziehungen zwischen diesen Lehrstühlen, speziell bei der gemeinsamen Erarbeitung der Methodik (TUM-FAFSYS, TUM-SMLE, TUM-TOEK, TUM-UPE) weiter gestärkt.

Darüber hinaus haben wir eine enge Zusammenarbeit zwischen den TUM-Lehrstühlen und der LMU aufgebaut, um die Forschung im Bereich der öffentlichen Gesundheit und des menschlichen Wohlbefindens durchzuführen. Hier wurde eine Zusammenarbeit zwischen der LMU im Bereich öffentliche Gesundheit und Gesundheitsförderung und der TU Berlin im Bereich Akustik aufgebaut, die den Erfolg der Soundwalk-Implementierung und des Methodentests in WP02 ermöglichte. Eine stärkere Partnerschaft mit dem Dawn Chorus Projekt, dem BIOTOPIA Lab und der LMU hat den Erfolg der Konzeptentwicklung und -erprobung des Soundlabors sowie der gesamten Umsetzung von WP03 ermöglicht. Diese Kooperation wird in Phase 2 durch Klanglabore und Klangsalons sowie durch die funktionale Entwicklung der Dawn Chorus App für das CitySoundscapes-Projekt weiter ausgebaut werden.

Ein wichtiges Ergebnis von Phase 1 war die formale Integration der Stadt München, vertreten durch das Referat für Klima- und Umweltschutz, in das Konsortium als Praxispartner. In den letzten sechs Monaten der Phase 1 haben wir daran gearbeitet, die Standorte und das Format der Living Labs in der Stadt München für Phase 2 zu bestimmen. Eine endgültige Entscheidung zu den Living Labs soll zu Beginn der Phase 2 erfolgen.

Weiterhin haben das Projekt und seine Konsortiumsmitglieder aktiv an der Vernetzung mit anderen relevanten Forscher:innen und Initiativen gearbeitet, die mit dem Projekt in

Verbindung stehen. Dazu gehört die Vorstellung des Themas „Gesundheit" und „One Health" beim TUM-Zentrum für Stadtnatur und Klimaanpassung (ZSK) durch Präsentation und Zusammenarbeit mit dem Ziel, neue Forschungsvorschläge zu entwickeln. Außerdem wurde das Projekt der Fachgruppe „One Health for Cities" (Gesundheitsreferat der LHM) und auf einer Fachkonferenz des Gesundheitsbeirats der Stadt München vorgestellt. Mögliche Verknüpfungen auf städtischer Ebene in München sind die Integration von Forschungsprozessen und -ergebnissen mit Aktivitäten zur Umsetzung der Münchner Biodiversitätsstrategie, die Entwicklung des Münchner Fachleitfadens für Gesundheit mit dem Leitbild „One Health" und damit verbundene Umsetzungsprojekte. Überregional sind es Projekte wie „Orientierungswerte für städtisches Grün" (BfN, BMUV). Darüber hinaus wurde das Projekt durch den Austausch mit Doktoranden des DFG-Graduiertenkollegs „Urban Green Infrastructure (RTG UGI)" an der TUM in Verbindung gebracht. Dieses Engagement, zum Beispiel durch die Forschung von Doktorand Andrew Fairbairn, führte zur Gestaltung und Umsetzung des Studiendesigns. In der nächsten Phase können eine stärkere Integration und Synergien mit dem RTG UGI geschaffen werden.

Außerdem trafen wir uns mit Forscher:innen der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL in der Schweiz (PI: Marcel Hunziker) und der University of Surrey in Großbritannien (PI: Melissa Marselle), um mögliche Kooperationen, speziell zur Anwendung gleicher Methoden, zu diskutieren. Durch die FEdA-Statuskonferenz (Mai 2024) sowie durch regelmäßige digitale FEdA-Treffen im Programm BiodivGesundheit war es möglich, sich mit anderen Projekten der Leitinitiative sowie mit Projekten anderer Förderinitiativen wie BiodivWert und BiodivKI auszutauschen. Der Austausch mit ähnlichen Projekten wie HEBEDI, BIOWELL, AMMOD und BioWaWiKI soll im Laufe von Phase 2 intensiviert werden.

## 7. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Mit der Einreichung des vollständigen Antrags durch das gesamte Konsortium in Phase 1 und der anschließenden positiven Prüfung wurde das Hauptziel von Phase 1 erreicht. Die Arbeitsgruppen trafen sich regelmäßig alle zwei Wochen und das gesamte Konsortium monatlich. Die Erprobung der vorgeschlagenen Methoden, die Literaturrecherchen, die Koordination des vollständigen Antrags, die Treffen und die Gründung des Konsortiums waren ein großer und wichtiger Bestandteil der Finanzierung von Phase 1. Jeder Partner trug zu den Diskussionen über den theoretischen Inhalt und die Methoden des Projekts bei und formulierte die Textbausteine einschließlich der Arbeitspakete für den Vollantrag. In einer wachsenden Stadt wie München erfordern die Aktualität und Dringlichkeit des Themas eine Unterstützung in kommunalen Planungsprozessen sowie in zivilgesellschaftlichen Initiativen, auch durch partizipative Prozesse. Solche Entscheidungshilfen können sowohl aus den Produkten der Phase 1 als auch aus den Ergebnissen der Phase 2 in Form von Praxislaboren und Schnittstellen zwischen Kunst und Wissenschaft hervorgehen.

## 8. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit des Ergebnisses

Der Vollantrag für die Forschungs- und Entwicklungsphase war erfolgreich und Phase 2 wird am 1. Oktober 2024 beginnen. Die Methoden, die in Phase 1 getestet wurden, werden in die Umsetzung von Phase 2 einfließen. Die empirischen Ergebnisse der Phase 1 wurden auf Konferenzen vorgestellt und in Publikationen zusammengefasst, sodass sie bereits für Wissenschaft und Praxis nutzbar sind. Das Ziel von Phase 1 wurde somit erreicht und die Produkte von Phase 1, einschließlich der methodischen Entwicklung, der vorläufigen Datenerhebung und der Literaturrecherchen, werden in die vollständige Entwicklung und Umsetzung von Phase 2 einfließen.

Die Stadt München hat derzeit vor allem zwei relevante Initiativen, bei denen die Ergebnisse der Phase 1 die Entscheidungsprozesse in der Stadtplanung und Landschaftspflege unterstützen können. Dabei handelt es sich um die Biodiversitätsstrategie der Stadt München und die One Health Initiative in München. Die Ergebnisse der Arbeit in Phase 2 werden mit den laufenden Aktivitäten dieser Initiativen synergetisch zusammenwirken und auch direkt für diese Initiativen nutzbar sein.

Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Phase 2 werden in wissenschaftlichen Fachzeitschriften sowie in praxisorientierten Produkten veröffentlicht, die an die Kommunen weitergegeben werden. Die Untersuchungen in den vorgeschlagenen Praxislaboratorien werden sich an den lokalen Bedürfnissen orientieren und können als Plattformen genutzt werden, um wissenschaftliche Ergebnisse sowie deren Genauigkeit und Verwendbarkeit zu testen und zu diskutieren. Das Projekt reagiert damit auf den aktuellen Bedarf an wissenschaftlich fundiertem, aber praxisorientiertem Wissen über die Nutzung grüner Infrastruktur und des Soundscape Managements zur Förderung der menschlichen Gesundheit und zur Schaffung naturbasierter Lösungen zur Unterstützung der Biodiversität.

**9. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt**

Zu den Entwicklungen und Produkten aus Phase 1 gehören Daten über die Artenvielfalt von Singvögeln. Außerdem wurde eine Methode für das ökoakustische Monitoring und die Analyse von Klanglandschaften entwickelt, um die Artenvielfalt von Singvögeln sowie akustische Indizes zu berechnen und diese mit der strukturellen Komplexität der Grünflächen in Verbindung zu bringen. Dies wird in Phase 2 weiter ausgebaut werden. Außerdem haben wir Fortschritte bei den Methoden zur Erfassung der Wahrnehmung von Klanglandschaften gemacht und diese mit der physischen Umwelt und den akustischen Indizes in Beziehung gesetzt.

Anhand unserer Literaturrecherchen haben wir Empfehlungen für stadtökologische Untersuchungen zur Ökoakustik mit Hilfe von KI-generierten Biodiversitätsindizes sowie für die Stadtplanung zur stärkeren Berücksichtigung von Klang in der Stadtentwicklung erarbeitet. Wir haben auch mehrere Ansätze identifiziert, die für die Analyse von Klanglandschaften und

deren Bewertung im Hinblick auf den akustischen Komfort verwendet werden, wie zum Beispiel die „Quiet Areas“ der Europäischen Umweltagentur (EUA 2016). Ruhige Gebiete werden dabei bewertet, indem das Verhältnis zwischen erwünschten und unerwünschten Geräuschen und dem Erholungswert eines Gebiets ermittelt wird. Weitere Bewertungsmethoden, deren Anwendbarkeit in Phase 2 überprüft werden soll, sind der Soundscape Ranking Index (SRI) sowie der Quietness Suitability Index (QSI).

Für die Entwicklung der Forschung und für die Entwicklungsphase haben wir uns mit anderen Forschungsprojekten und Initiativen zu Soundscapes in Deutschland, der Schweiz und Großbritannien getroffen. Zu den gemeinsamen Forschungsinteressen gehören die sozial-ökologische Beurteilung und Bewertung von Soundscapes in verschiedenen Landschaften. Darüber hinaus war der Austausch auf den FEdA-Statuskonferenzen in Form von Präsentationen, Postersitzungen und Workshops von großem Nutzen, um die Inhalte weiterzuentwickeln und die Durchführbarkeit des Projekts zu verbessern. Für Phase 2 des Projekts wird eine weitere Vernetzung und einen Forschungstransfer über die Projektlaufzeit hinaus angestrebt.

## 10. Veröffentlichungen

Annighöfer P, Arzberger S, Bahlmann T, Egerer M, Fairbairn A, Hemauer M, Meyer S T, Mühlbauer M, Voicu G, Weissmann J (2024). Soundscapes across cityscapes: linking songbird biodiversity to urban soundscapes and local vegetation structures. Poster presented at: 53rd Annual Conference of the German Ecological Society, Freising, Germany.

Arzberger S, Fairbairn A, Hemauer M, Mühlbauer M, Weissmann J, Egerer M (2024). The potential of soundscapes as an ecosystem monitoring tool for urban biodiversity. Journal of Urban Ecology, Manuscript under review.

Immich G, Voss S, Hisada N, Fiebig A, Meier N, Probst B, Coenen M. (2024). Klanglandschaften in der Stadt: Beziehungen zwischen biologischer Vielfalt, Geräuschumgebung und menschlicher Gesundheit in einer grünen städtischen Infrastruktur (CitySoundscapes). Proceedings "Fortschritte der Akustik - DAGA 2024"; 2024: 1425-1428.

## 11. Referenzen

Buxton, R. T., Pearson, A. L., Allou, C., Fristrup, K., & Wittemyer, G. (2021). A synthesis of health benefits of natural sounds and their distribution in national parks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *118*(14), e2013097118.

Hasegawa, Y., Lau, S. K., & Chau, C. K. (2022). Potential mutual efforts of landscape factors to improve residential soundscapes in compact urban cities. *Landscape and Urban Planning*, *227*, 104534.

Houlden, V., Jani, A., & Hong, A. (2021). Is biodiversity of greenspace important for human health and wellbeing? A bibliometric analysis and systematic literature review. *Urban forestry & urban greening*, *66*, 127385.

Goines, L., & Hagler, L. (2007). Noise pollution: a modem plague. *South Med J*, *100*(3), 287-94.

Fairbrass, A. J., Rennert, P., Williams, C., Titheridge, H., & Jones, K. E. (2017). Biases of acoustic indices measuring biodiversity in urban areas. *Ecological Indicators*, *83*, 169-177.
Francomano, D., González, M. I. R., Valenzuela, A. E., Ma, Z., Rey, A. N. R., Anderson, C. B., & Pijanowski, B. C. (2022). Human-nature connection and soundscape perception: Insights from Tierra del Fuego, Argentina. *Journal for Nature Conservation*, *65*, 126110.

Jennings, P., & Cain, R. (2013). A framework for improving urban soundscapes. *Applied Acoustics*. *74*(2), 293-299.

Lippold, M., & Lawrence, D. B. T. (2019). *Soundscape planning as a tool for urban planning*. Universitätsbibliothek der RWTH Aachen.

Jaszczak, A., Małkowska, N., Kristianova, K., Bernat, S., & Pochodyła, E. (2021). Evaluation of soundscapes in urban parks in olsztyn (Poland) for improvement of landscape design and management. *Land*, *10*(1), 66.

Marselle, M. R., Hartig, T., Cox, D. T., De Bell, S., Knapp, S., Lindley, S., ... & Bonn, A. (2021). Pathways linking biodiversity to human health: A conceptual framework. *Environment International*, *150*, 106420.

Moebus, S., Gruehn, D., Poppen, J., Sutcliffe, R., Haselhoff, T., & Lawrence, B. (2020). Akustische Qualität und Stadtgesundheit–Mehr als nur Lärm und Stille. Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz, 63(8), 997-1003.

Perillo, A., Mazzoni, L. G., Passos, L. F., Goulart, V. D., Duca, C., & Young, R. J. (2017). Anthropogenic noise reduces bird species richness and diversity in urban parks. *Ibis*, *159*(3), 638-646.

Radicchi, A., Cevikayak Yelmi, P., Chung, A., Jordan, P., Stewart, S., Tsaligopoulos, A., … Grant, M. (2020). Sound and the healthy city. *Cities & Health*, *5*(1–2), 1–13. https://doi.org/10.1080/23748834.2020.1821980

Uebel, K., Marselle, M., Dean, A. J., Rhodes, J. R., & Bonn, A. (2021). Urban green space soundscapes and their perceived restorativeness. *People and Nature*, *3*(3), 756-769.

Sun, K., De Coensel, B., Filipan, K., Aletta, F., Van Renterghem, T., De Pessemier, T., ... & Botteldooren, D. (2019). Classification of soundscapes of urban public open spaces. *Landscape and Urban Planning*, 189, 139-155.

World Health Organization. Centre for Health Development. (2010). *Hidden cities: unmasking and overcoming health inequities in urban settings*. World Health Organization.