

Willkommen
Welcome
Bienvenue



Psychoakustische Erkenntnisse des Einsatzes von Drohnen

Beat Schäffer, Empa, Abteilung Akustik/Lärminderung, Schweiz
Kontakt: beat.schaeffer@empa.ch

Informationsveranstaltung vom 23. September 2021:
Lärmauswirkungen des Einsatzes von Drohnen auf die Umwelt

- Hintergrund: Wieso psychoakustische Studien zu Drohnen?
- Literaturrecherche zu psychoakustischen Untersuchungen
 - Methodik
 - Resultate (Exkurse: nicht-systematisch)
 - Exkurs 1: Potenziell störende Geräuschcharakteristiken
 - Psychoakustische Untersuchungen
 - Exkurs 2: Akzeptanz von Drohnen
- Diskussion der Literaturrecherche

- Hintergrund: Wieso psychoakustische Untersuchungen zu Drohnen?

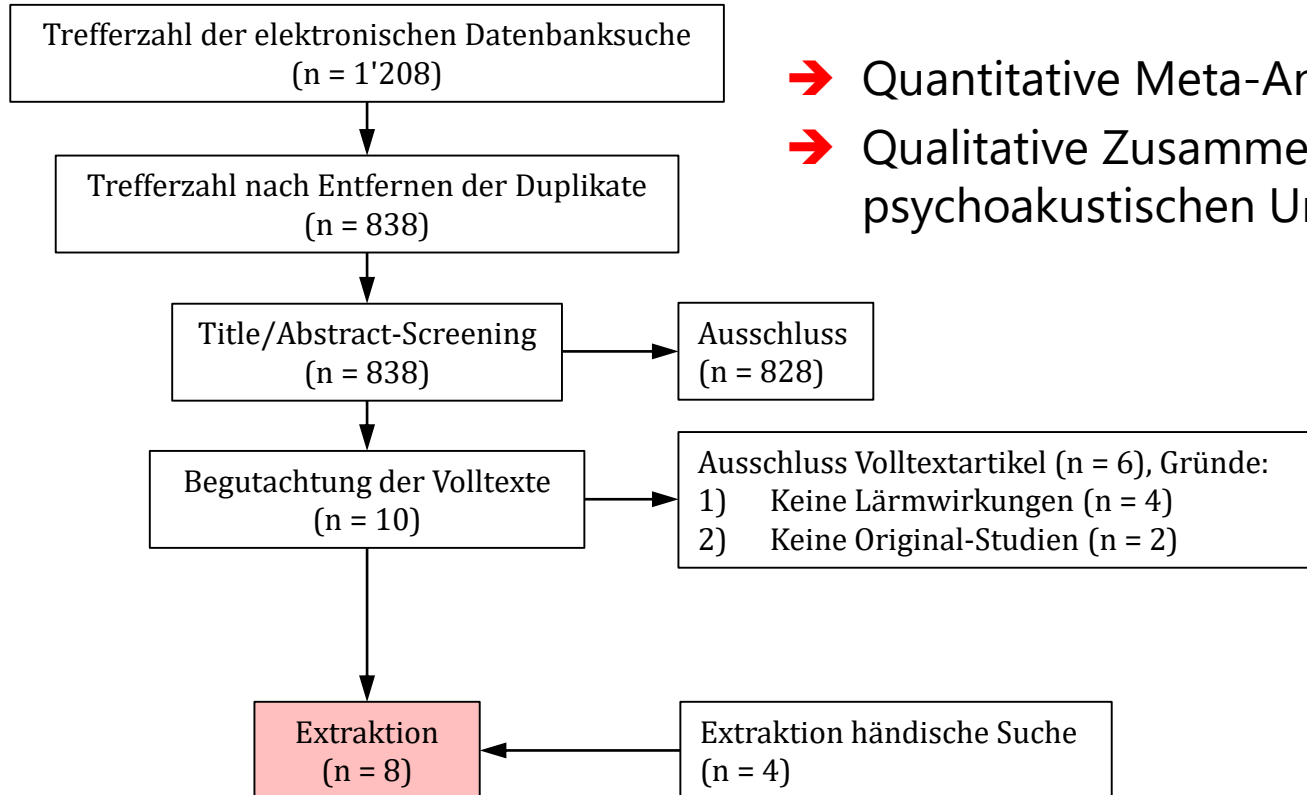
Wieso psychoakustische Studien zu Drohnen? Empa Materials Science and Technology

- Spezielle Schallabstrahlung von Drohnen (→ Beitrag K. Heutschi)
- Vergleichbarkeit Wirkung von Drohnenlärm mit anderen Lärmquellen (z.B. Flugzeuge)?
- Schnelle Entwicklung des Drohnenmarktes (→ Beitrag S. Becker)
 - Standardisierungen und Rechtsvorschriften nötig
 - für Lärm Aspekte noch kaum Vorschriften (ANSI Standardization Roadmap of 2020)
- Profunde Kenntnisse der gesundheitlichen Auswirkungen auf die Bevölkerung erforderlich
- Stand? → Literaturrecherche

- Literaturrecherche zu psychoakustischen Untersuchungen: Methodik

- Forschungsfrage: *Haben Personen, welche Drohnenlärm ausgesetzt sind, ein erhöhtes Risiko auf Lärmbelästigung und/oder andere extra-aurale Gesundheitsauswirkungen?*
- Fokus: Wirkungsdimension "Lärmbelästigung" (bzw. "Lästigkeit")
- Weitere Aspekte:
 - Moderatoren visuell-akustische Interaktionen und Kontext?
 - Rolle tonaler Eigenschaften?
 - Pegelkorrekturen?
 - Lärmwirkung vs. (psycho)akustische Parameter?
- Suche: Stand Datenbanken ~Sept. 2020; Handsuche ~Nov. 2020

Literaturrecherche: Trefferzahlen

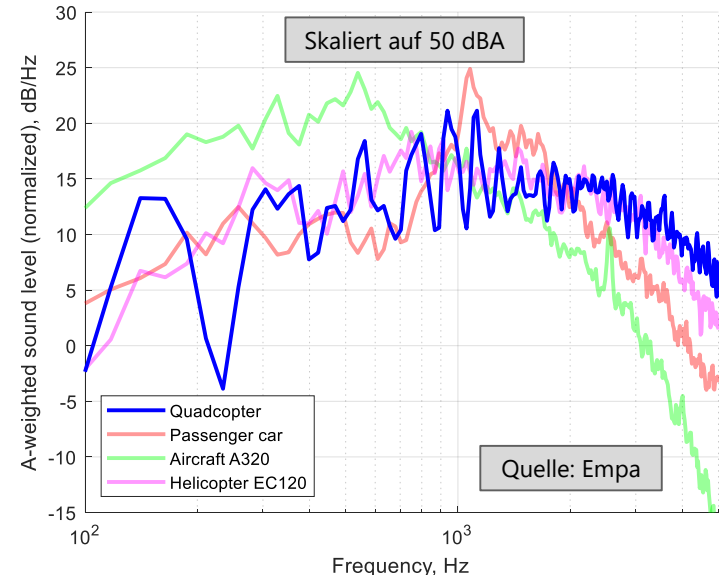


- Quantitative Meta-Analyse nicht möglich
- Qualitative Zusammenfassung zu psychoakustischen Untersuchungen

- Literaturrecherche zu psychoakustischen Untersuchungen: Resultate

Exkurs 1: Potenziell störende Geräuschcharakteristiken (verschiedene Studien)

- Emissionsseitig: Tonhaltigkeit; mittel- und hochfrequente Breitbandgeräusche (→ Beitrag K. Heutschi); unstetige Geräusche (atmosphärische Inhomogenitäten); bisweilen period. Variationen Höhe der Reintöne
- Immissionsseitig (inkl. Schallausbreitung): Vergleich zu anderen Lärmarten
- Psychoakustik-Parameter: Lautheit, Schärfe, Rauheit, Fluktuationsstärke, Tonalität
- Lärmwirkung? → **Literaturrecherche**



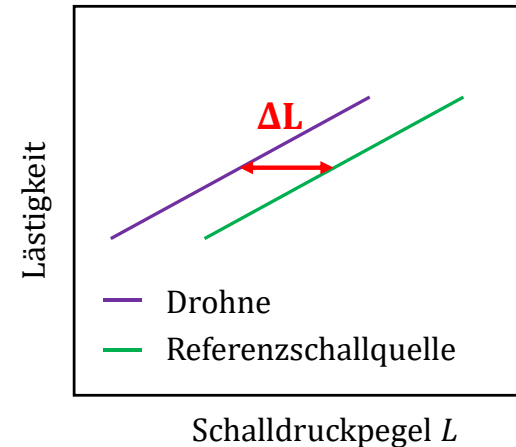
Charakteristiken der 8 extrahierten Studien

- Ausschliesslich Laborstudien → akute Lärmwirkung
- Multicopter (Quad-, Oktocopter); 1 Propeller-Hochauftriebssystem
- Flugzustände: Schweben, Geradeausflug
- Meist Tonaufnahmen; 1 × Auralisierung (Synthese); 1 × reale Drohnen
- Eingeschlossen: 1 Rechenübung mit verschiedenen "*Psychoacoustic Annoyance*"-Modellen; 1 Studienkonzept mit Pilotversuch
- Outcomes: Hauptsächlich akute Lästigkeit unter Laborbedingungen; daneben einzelne weitere Wirkungsdimensionen

(Bergault 2020; Callanan et al.,2020; Christian & Cabell 2017; Gwak et al. 2020; Rizzi et al. 2017; Torija et al. 2019; 2020; Torija & Zi 2020)

- **Lästigkeit** = $f(\text{Schalldruckpegel})$, wie andere Verkehrslärmquellen
- **Erhöhte Lästigkeit von Drohnen:**
(1) Psychoak. Pegeldifferenz ΔL : bei wieviel höherem/tieferem Pegel wirkt Referenzschallquelle gleich lästig wie Drohne?

- ΔL (Drohnen vs. Kraftfahrzeuge) = 5.6 dB
(Christian & Cabell 2017)
- ΔL (Drohnen vs. Flugzeug) = 4–10 dB
(Gwak et al. 2020)
- **Aber:** ΔL (Flug- vs. Fahrzeuge) = 5–10 dB
(z.B. Brink et al. 2019)



(2) Überenergetische Lästigkeitszunahme in diversen Soundscapes, auch bei lauter Umgebung ($L_{Aeq} \approx 65$ dB) (Torija et al. 2020)

- **Lästigkeit** = $f(\text{Schalldruckpegel})$, wie andere Verkehrslärmquellen
- **Erhöhte Lästigkeit von Drohnen**: $\Delta L > 0$: A-bewertete Pegelmasse (z.B. L_{AE} oder L_{Aeq}) und EPNL bilden Wirkung nicht vollständig ab
- **Psychoakustischen Parameter**: (verschiedene Studien)
 - Lästigkeit = $f(\text{Lautheit, **Schärfe**, Rauheit, Schwankungsstärke, **Tonalität**})$
 - → "*Perception-Influenced Design*" für lärmoptimierte Drohnen? (Rizzi, 2016)
- **Design und Betrieb von Drohnen**
 - Lästigkeit = $f(\text{Drohnengröße/-gewicht})$ (Gwak et al. 2020)
 - **Verweil-Malus** ("*Loitering Penalty*") für langsame Fluggeschwindigkeiten: (Christian & Cabell 2017)
 - Drohnen in Korridoren entlang lauter Umgebungen? (Begault, 2020; Torija et al., 2020)
- Weitere Wirkungsdimensionen: z.B. Soundscapes, audio-visuelle Interaktionen

Exkurs 2: Akzeptanz von Drohnen (verschiedene Studien)

- Heute neutrale bis positive öffentliche Einstellung bzw. Akzeptanz, öffentliche Meinungsbildung noch nicht abgeschlossen
 - Akzeptanz abhängig vom Einsatz: Forschung, Rettung & Zivilschutz / öffentliche Sicherheit ✓ vs. Hobby & kommerzielle Zwecke ✗
 - Tiefe Akzeptanz von Überflügen über eigenes Haus (Sichtbarkeit, Privatsphäre) ✗
 - Soziodemographische Faktoren: ♂ ✓ vs. ♀ ✗; Jüngere ✓ vs. Ältere ✗; mehr ✓ vs. weniger ✗ Informierte und/oder technisch Interessierte
 - Lärmaspekte bislang kaum untersucht, haben aber potenziell Einfluss, z.B.
 - Lärm-Besorgnis (ja/nein) bestimmte Akzeptanz am stärksten (Eißfeldt et al. 2020)
 - Kenntnis über Drohnengeräusch erhöhte Besorgnis wegen Lärm (Eißfeldt & Vogelpohl, 2019)
- ➔ Lärm, audio-visuelle Interaktionen (Privatsphäre) & Kontext vs. Akzeptanz

- Diskussion der Literaturrecherche

Bisher (Stand Datenbanken ~Sept. 2020; Handsuche ~Nov. 2020)

- Nur **wenige Laborstudien und keine Feldstudien**, aber insgesamt einheitliches und schlüssiges Bild
- Fokus: Hauptsächlich Wirkung von Multicoptern (insb. Quadkopter) und Wirkungsdimension Lästigkeit
- **Haupterkenntnisse**
 - Lästigkeit = $f(\text{Pegel})$
 - Spezielle (psycho)akustische Eigenschaften (insb. Tonalität, Schärfe) durch Pegelmaße wie L_{Aeq} oder EPNL bez. Lärmwirkung nicht adäquat abgebildet
 - Drohnen wirken lästiger als Straßenfahrzeuge und Flugzeuge → $\Delta L?$
 - Betrieb: Langsame Fluggeschwindigkeit: "Verweil-Malus" → $\Delta L?$
 - **Kaum erforscht: Kontext & audio-visuelle Interaktionen (→ Akzeptanz?)**

Details



International Journal of
*Environmental Research
and Public Health*



- Special Issue "Drone Noise: A New Public Health Challenge"
 - Geräuschemissionen (Teil Kurt Heutschi)
 - Psychoakustische Erkenntnisse (Teil Beat Schäffer)

Schäffer, B.; Pieren, R.; Heutschi, K.; Wunderli, J. M.; Becker, S. 2021. *Drone noise emission characteristics and noise effects on humans—a systematic review*. Int. J. Environ. Res. Public Health 18, Paper No. 5940, pp1-27.
doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph18115940>

Willkommen
Welcome
Bienvenue



Empa

Materials Science and Technology

Psychoakustische Erkenntnisse des Einsatzes von Drohnen

Vielen Dank!

Beat Schäffer, Empa, Abteilung Akustik/Lärminderung, Schweiz
Kontakt: beat.schaeffer@empa.ch

Informationsveranstaltung vom 23. September 2021:
Lärmauswirkungen des Einsatzes von Drohnen auf die Umwelt