# Akustik urbaner Mobilität – Status und Perspektiven

Philip Leistner[1,2], Peter Brandstätt[2]

[1] *Institut für Akustik und Bauphysik IABP, Universität Stuttgart, philip.leistner@iabp.uni-stuttgart.de*
[2] *Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Stuttgart, peter.brandstaett@ibp.fraunhofer.de*

## Einleitung

Urbane Mobilität ist und bleibt eine zentrale Herausforderung für künftige Stadtentwicklung, daran haben auch die Sondereffekte der vergangenen zwei Jahre kaum etwas geändert. Der Straßenverkehr dominiert die Geräuschkulisse in zunehmend verdichteten Städten und weder der öffentliche Nahverkehr noch die wachsende Zahl an Elektrofahrzeugen können bislang die urbane Hörqualität spürbar verbessern. Zu deren Verbesserung bedarf es mehr denn je einer ganzheitlichen Herangehensweise, die Fahrzeuge und Gebäude sowie Verkehr und Infrastruktur gemeinsam berücksichtigt.

Hinter diesem Bedarf und den damit verbundenen Perspektiven bleibt der aktuelle Status Quo allerdings noch deutlich zurück. Einerseits finden unverändert einzelne Betrachtungen, Bewertungen und Maßnahmen losgelöst voneinander statt. Andererseits werden in umfassenden Planungen, Projekten und Konzepten zur urbanen Mobilitätsentwicklung die akustischen Aspekte nur selten einbezogen. Aus diesem Ergebnis einer Recherche und Analyse zahlreicher Quellen (Fachspezifische und übergreifende Literatur, Informationen, Daten) sind Konsequenzen zu ziehen und Perspektiven zu entwickeln.

## Ganzheitliche Betrachtung

Die Entwicklung der Städte und der urbanen Mobilität wird weltweit von mehreren Rahmenbedingungen und „Mega-Trends“ beeinflusst. Klimawandel und Energiewende gehören dazu, Rohstoffknappheit und Ressourceneffizienz wirken sich mehr und mehr aus, aber auch demographische und soziale sowie technologische und ökonomische Entwicklungen haben Folgen. Sie sind das Resultat von Einzel- und Wechselwirkungen, die sich dynamisch und differenziert zu einer Gesamtwirkung zusammenfügen.

Ähnliches gilt für die Akustik, beginnend mit den Menschen als dauerhaft oder temporär am Lärm Beteiligte und von ihm Betroffene. Die akustischen Merkmale der Fahrzeuge und ihre Nutzung im Sinne des urbanen Verkehrs stehen in Wechselwirkung zur baulichen und technischen Infrastruktur (Verkehrswege, Gebäude, Freiräume) sowie zu den weiteren Quellen im urbanen Umfeld. Zusammengefasst prägen sie die spürbare Hörqualität, die von der Stadtgesellschaft vielfach als Belästigung und Belastung beschrieben wird.

## Einzelbetrachtungen

Zu diesen Einzelaspekten liegen umfangreiche Daten und Informationen vor, Werkzeuge zur Verarbeitung und Technologien zur Beeinflussung wurden entwickelt, die Erkenntnis, Verständnis und teils auch Erlebnis ermöglichen. Dennoch bleibt es vielfach bei Einzelbetrachtungen, die allein genommen das Entwicklungs- und Transformationspotential der Akustik urbaner Mobilität nicht ausschöpfen (können).

So steigt die Anzahl sowohl der Pkw-Neuzulassungen als auch der gefahrenen Kilometer nahezu unvermindert. Dabei wächst der Anteil von SUV und schnelleren Fahrzeugen (> 200 km/h) überdurchschnittlich. Zugleich nehmen Elektro- und Hybridfahrzeuge zu und die Fahrzeugflotte wird insgesamt leiser, wie die Daten in Abb. 1 beispielhaft illustrieren.

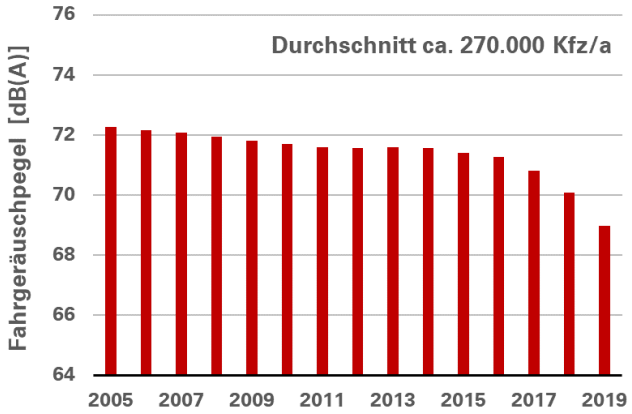


**Abbildung 1:** Entwicklung der Pkw-Fahrgeräuschpegel in der Schweiz bei der Zulassung, aus [1].

Eine ähnliche Entwicklung zeigt sich herstellerübergreifend auch hierzulande. Die fahrzeugklassenabhängigen Grenzwerte nach [2], siehe Abb. 2, erscheinen also nicht allzu ambitioniert, aber sie sind natürlich allein genommen weder Indikator noch Maßstab für die tatsächliche urbane Geräuschkulisse.

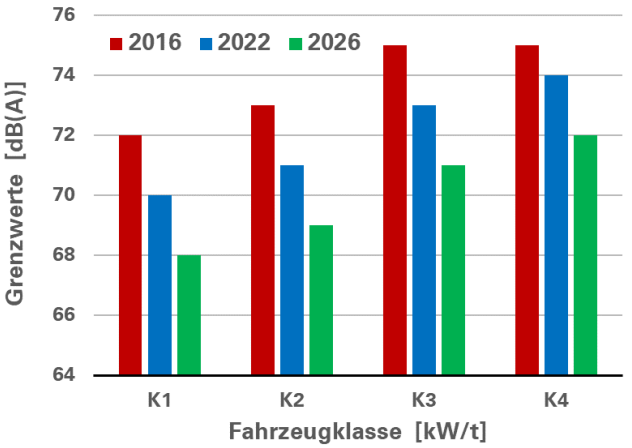


**Abbildung 2:** Geräuschgrenzwerte für Pkw, nach [2].

Im Vergleich zu den Grenzwerten scheint eine andere EU-Verordnung [3] bislang deutlich weniger Beachtung zu finden. Die Kennzeichnung von Reifen umfasst auch die Geräuschentwicklung mit durchaus signifikanten Unterschieden (Abb. 3) ohne offenkundige Korrelation zum Preis. Bei umfassender Kommunikation wäre also eine sogar individuelle Einflussnahme möglich, die gerade das künftig noch bedeutsamere Reifen-Fahrbahn-Geräusch betrifft. Allerdings zeigen Befragungen eine verschwindend geringe Bekanntheit dieses Labels sowohl in der Bevölkerung als auch beim Fachhandel.

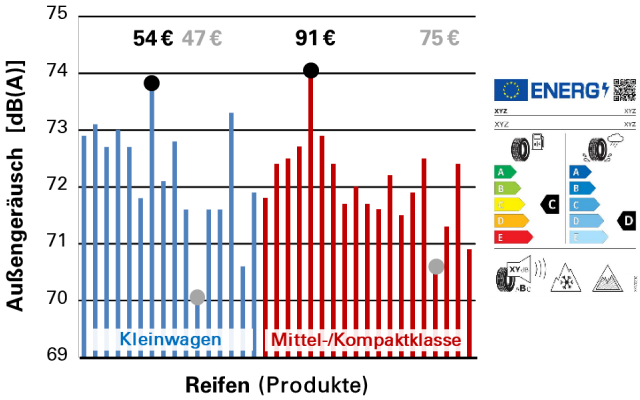


**Abbildung 3:** Außengeräusche und Preise von Sommerreifen (links, aus [4]) und Reifenlabel (rechts, nach [3]).

Einzelmaßnahmen im Verkehrsbereich zur Beruhigung und auch zur Beeinflussung weiterer Umweltwirkungen sind die zunehmenden Begrenzungen der Höchstgeschwindigkeit („Tempo 30“). In Abhängigkeit von Ort, Zeit und Verkehrsbedingungen lassen sich damit Pegelminderungen erreichen, belegt durch zahlreiche Quellen. Mit im Durchschnitt etwas geringerer Wirkung und anderen Kontextvariablen gilt dies auch für Maßnahmen zur Verkehrssteuerung („Grüne Welle“).

Im Bereich der urbanen Oberflächen bieten sich ebenfalls Gestaltungsmöglichkeiten, z.B. mit lärmmindernden Fahrbahnbelägen, die innerorts bei Geschwindigkeiten zwischen 30 und 50 km/h ca. 3 dB Pegelminderung bewirken. Eine deutliche höhere Beruhigungswirkung ist gegenüber „historischen“, mit Einbauten übersäten oder anderen vernachlässigten Fahrbahnen zu erwarten. Natürlich entstehen Kosten für diese Maßnahmen und bei den kommunalen Zuschüssen liegt der Kfz-Verkehr bereits an der Spitze (Abb. 4). Es stellt sich die Frage, ob und wie akustische Bedarfe in eine integrale Planung einfließen.

Die übrigen, vor allem vertikalen urbanen Oberflächen bleiben bislang weitgehend ungenutzt, obwohl die meist harten Gebäudefassaden alle Schallereignisse in unmittelbarer Nähe verstärken und sie über zum Teil weite Entfernungen in das urbane Umfeld übertragen. Gerade im Zuge der Nachverdichtung bieten sich in unterschiedlichen Szenarien konkrete und offenbar wirksame Ansatzpunkte, wie z.B. an Balkonen und in Durchgangsbereichen zu Innenhöfen [6], Abb. 5.

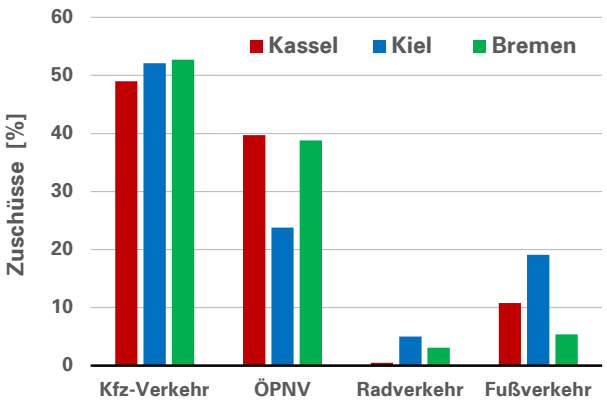


**Abbildung 4:** Aufteilung und Vergleich der kommunalen Zuschüsse („Aufwand - Ertrag“) für Rad-, Fuß-, Kfz- und ÖPN-Verkehr, nach [5].

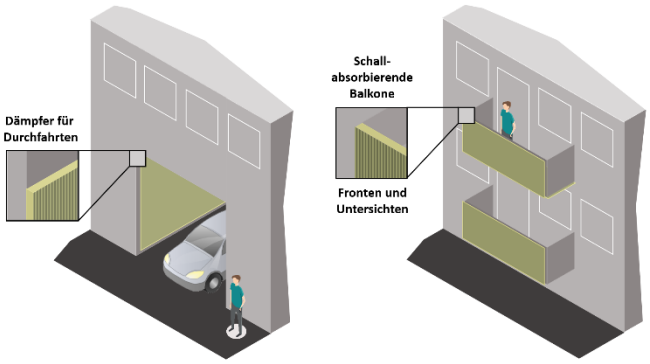


**Abbildung 5:** Akustische Maßnahmen an Balkonen und in Durchgangsbereichen zu Innenhöfen.

Diese Flächen können gerade in Städten natürlich auch als Habitate für Pflanzen und Tiere ausgestaltet sein, Abb. 6, und die Aufenthaltsqualität spürbar erhöhen.

**Abbildung 6:** Grüne Fassade mit ökologischer und akustischer Wirkung (© IABP)

Die Aufzählung der Einzelbetrachtungen ließe sich fortsetzen und mit weiteren Beispielen veranschaulichen, dass ihre Einbeziehung, Verknüpfung und gegebenenfalls auch Abwägung Handlungsoptionen bietet.

## Sondereffekte

Insbesondere die akustische Wirkung eines - infolge der Pandemie erzwungenen - reduzierten Verkehrsaufkommens konnte in den vergangenen zwei Jahren untersucht werden. Eine Reihe von nahezu weltweit durchgeführten Studien und Untersuchungen, z.B. [7, 8, 9, 10], führte zum weitgehend ähnlichen Ergebnis, dass die überwiegend lokal beobachtete Pegelminderung gegenüber der Zeit davor durchaus zwischen 5 und 10 dB betrug. Allerdings stellte sich nach der jeweils anschließenden Öffnung auch rasch wieder die „normale“ Geräuschsituation ein.

Natürlich wirkten sich neben den unterschiedlichen Verkehrsarten auch andere Geräuschquellen aus, wie z.B. Gastronomie und Freizeitaktivitäten, und ein solch drastischer Einschnitt kann kein „Ansatz“ für Lärmminderung sein. Dennoch können die einzigartigen Erkenntnisse die künftige Bewertung von Maßnahmen bereichern, zumal sie neben akustischen auch andere Umwelteffekte aufzeigten.

## Modelle und Pläne für nachhaltige Mobilität

Mit nachhaltiger urbaner Mobilität befassen sich Forschung und Praxis seit vielen Jahren. Allein die quantitative Entwicklung der Publikationen scheint die gestiegene Dringlichkeit auf Grund der bereits genannten „Mega-Trends“ abzubilden. Aber auch die Qualität der Behandlung urbaner Mobilität nimmt zu, indem sich mehr und mehr Fachdisziplinen verbünden, um der Komplexität der Herausforderung gerecht werden zu können. Dabei entstehen einerseits deskriptive Modelle urbaner Mobilität, um etwa Vergleiche oder gar Rangfolgen zwischen Städten anzustellen, z.B. [11]. Sie bieten zwar nur in wenigen Fällen direkte, konkrete und übertragbare Lösungs- oder gar Gestaltungsansätze, fördern aber den Blick über die jeweils eigene Stadt hinaus. Die Modelle sind insofern wertvoll, da sie diesen Blick mit Kategorien und Indikatoren strukturieren.

Eine weitere Gruppe von Analysen und Modellen bezieht die Wechselwirkungen zwischen Betrachtungsebenen und Indikatoren ein. Sie verdeutlichen teils in besonderer Tiefe die wichtige Verknüpfung z.B. zwischen Verkehrs- und Bevölkerungsentwicklung, zwischen ökonomischen und ökologischen Effekten sowie letztlich auch zwischen gesellschaftlichen Erfordernissen und individuellen Bedürfnissen.

Einige dieser Betrachtungen münden auch in Strategien, Pläne und Maßnahmen zur Transformation der urbanen Mobilität, mitunter sogar angereichert mit modellhaft berechneten Perspektiven, z.B. [12, 13, 14]. Dabei werden auch die unterschiedlichen Reifegrade der Städte bezüglich Mobilität und Infrastruktur berücksichtigt. Als Beispiele für eine offenbar etablierte Konsequenz lassen sich der in allen Belangen auszubauende öffentliche Personenverkehr, die Implementierung intelligenter Verkehrsmanagementsysteme und die Reduzierung des Individualverkehrs nennen. Diese Empfehlungen mögen nicht neu klingen, aber ihre Umsetzung etwa mit integrierten (digitalen) Mobilitätsdienstleistungen und -lösungen sowie anderen konkreten Maßnahmen für ganze Städte bedeutet vielerorts nach wie vor Neuland.

Eine wesentliche Beobachtung all dieser wissenschaftlichen Überlegungen und immer mehr auch praktischen Versuche sei hier jedoch hervorgehoben: Akustische Fragestellungen, wie z.B. die Reduzierung des urbanen Verkehrslärms, tauchen in den meisten Modellen und Plänen lediglich als „Kollateraleffekte“ auf. Ohne weitere Betrachtung oder gar Prüfung wird die Lärmminderung sozusagen als automatische Folge angesehen. Dies mag an der Schwierigkeit einer Integration akustischer Aspekte liegen. Es deutet aber auch auf eine geringere Präsenz und Priorität des Themas hin, obwohl die Brisanz und Relevanz außer Frage stehen.

## Aufgaben und Aussichten

Es gibt auch Ausnahmen, z.B. [15], die sich fachübergreifend einschließlich akustischer Expertise der Zukunft urbaner Mobilität widmen. Diese Analysen stellen zumindest die Wechselwirkungen zwischen den Entwicklungen in Städten und ihren akustischen Folgen heraus. So wird in [15] prognostiziert, dass Verkehrsströme (Güter, Personen, Tourismus) zunehmen und dass schnellere Verkehrsträger und erhöhte Mobilität zu mehr gefahrenen Kilometern führen. Mobiles Arbeiten und Home-Office-Verbreitung reduzieren zwar Fahrten zur Arbeit, begünstigen aber zugleich Zersiedelung und Pendelverkehr, gefolgt von einer Änderung der zeitlichen und räumlichen Struktur der urbanen Geräuschkulisse.

Aus sozialwissenschaftlicher Sicht wird eine Beschleunigung des sozialen Lebens erwartet, eine Zunahme der Freizeit und damit „desynchronisierte“ Mobilitätsmuster bzw. -rhythmen. Die Folgen wären erhöhte Lärmbelästigung abends und nachts, längere Hauptverkehrszeiten und weniger Ruhepausen. Dazu können auch stark wachsende Sofortlieferungen mit kleineren, aber häufigeren Sendungen beitragen. Wie eingangs erwähnt, werden Städte und Stadtregionen zur dominierenden Form des menschlichen Lebensraums. Sie werden verdichtet, dehnen sich aus und führen zu intensiveren und längeren städtischen Verkehrsströmen, sowohl für Personen als auch für Güter. Dies hat natürlich Folgen für Mobilität und Lärmbelastung, auch im Sinne von Ungleichheiten (Beteiligung, Betroffenheit) in Stadtzentren, der inneren Peripherie und den Außenbezirken. Diese und weitere Analysen schärfen nicht nur den Blick, sie erweitern auch den Betrachtungs- und Bilanzierungsrahmen.

Künftige Modelle und Strategien sollten daran genauso anknüpfen, wie sie auf die erheblich verbesserten Daten und Informationen, Werkzeuge und Technologien zurückgreifen sollten. Einige wurden bereits genannt, aber es gibt noch mehr. So sind detailliertes (Lärm-) Monitoring und verfeinerte Bewertungsmethoden gut und wichtig. Diese Informationen bieten sich auch für Steuerungssysteme an, indem z.B. modellbasierte Datenverarbeitung und intelligente Sensorsysteme eine zeit-, $CO_2$- oder auch lärm-optimierte Mobilität unterstützt, Abb. 7.

**Abbildung 7:** Daten, Sensoren und Modelle ermöglichen künftig auch individuell wirkungsorientierte Routenplanungen. (© IABP)

Auf der Basis fundierter Informationen lassen sich zugleich regulative Ansätze nachvollziehbar und wirkungsvoll umsetzen. Die zurzeit vor allem in Frankreich erprobten „Lärmblitzer“, siehe z.B. [16], sind dafür eine Option als akustische Analogie zu Radaranlagen für die Überwachung der Geschwindigkeit. Sie erfordern neben der technischen Entwicklung entsprechende Rahmenbedingungen, um sich als Teil des urbanen Verkehrs- und Umweltsystems zu etablieren.

Dafür sind künftig aber auch noch Lücken zu schließen. Fahrzeuge sind weder Punkt- noch Linienschallquellen, so dass für eine akustische Raumplanung und -steuerung 3D-Daten (Abb. 8, links) bereitgestellt werden müssen, auch mit Blick auf andere mobile Systeme wie die „Urban Air Mobility“ (Abb. 8, rechts).

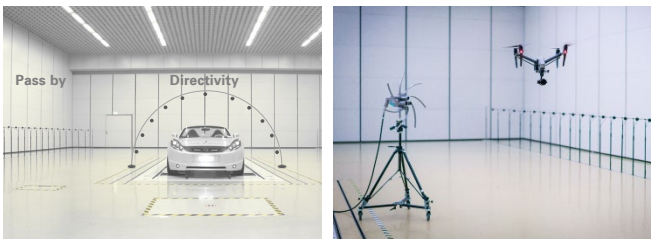


**Abbildung 8:** Erfassung der 3D-Geräuschdaten von Fahrzeugen und Drohnen im Labor. (© Fraunhofer IBP)

## Resümee

Der interdisziplinäre Gestaltungsspielraum zur Verbesserung der urbanen Hörqualität reicht von Regeln und Anreizen über technische und bauliche Lösungen bis zu Informations- und Steuerungsmethoden für alle Bereiche der Mobilität. Dabei ist die Akustik im Kontext der anderen Ziele urbaner Entwicklung zu betrachten und so in die nachhaltige Transformation der Städte zu integrieren. Dieser Aufgabe widmen sich weltweit sowohl Forschungsansätze als auch Umsetzungsversuche mit vielfältigen Ergebnissen. Es lohnt sich, daran anzuknüpfen.

## Literatur

[1] Entwicklung der Pkw-Lärm-Emissionen bei der Zulassung. Bundesamt für Umwelt BAFU, 2020.

[2] EU-Verordnung 540/2014 über den Geräuschpegel von Kraftfahrzeugen und von Austauschschalldämpfer-anlagen.

[3] EU-Verordnung 740/2020 über die Kennzeichnung von Reifen in Bezug auf die Kraftstoffeffizienz und andere Parameter.

[4] Stiftung Warentest, 2015.

[5] Sommer, C.: Kostenvergleich zwischen Radverkehr, Fußverkehr, Kfz-Verkehr und ÖPNV anhand von kommunalen Haushalten. Projektbericht Universität Kassel, 2015.

[6] Goecke, D. et.al.: Der Ruhe den Hof machen - Beispiele für die akustische Gestaltung von Innenhöfen. Lärmbekämpfung 16 (2021) 6.

[7] Steele, D. et.al.: Quieted City Sounds during the COVID-19 Pandemic in Montreal. Int. J. Environ. Res. Public Health 2021, 18(11).

[8] Basu, B. et.al.: Investigating changes in noise pollution due to the COVID-19 lockdown: The case of Dublin, Ireland. Sustainable Cities and Society 65 (2021).

[9] Bonet-Solà, D. et.al.: The Soundscape of the COVID-19 Lockdown: Barcelona Noise Monitoring Network Case Study. Int. J. Environ. Res. Public Health 18 (2021).

[10] Bartalucci, C. et.al.: Noise monitoring in Monza (Italy) during COVID-19 pandemic by means of the smart network of sensors developed in the LIFE MONZA project. Noise Mapping 7 (2020).

[11] Lerner, W. et.al.: The Future of Urban Mobility - Towards networked, multimodal cities of 2050. Arthur D. Little, 2011.

[12] Kiba-Janiak, M. et.al.: Sustainable Urban Mobility Plans: How Do They Work? Sustainability 11 (2019).

[13] Melkonyan A. et.al.: Integrated Urban Mobility Policies in Metropolitan Areas. Sustainable Cities and Society 64 (2020).

[14] Schmidt, J. A. et.al.: Neue Mobilität für die Stadt der Zukunft. Universität Duisburg-Essen, 2013.

[15] Can, A. et.al.: The future of urban sound environments: Impacting mobility trends and insights for noise assessment and mitigation. Applied Acoustics 170 (2020).

[16] https://www.berliner-zeitung.de/news/pilotprojekt-frankreich-testet-laermblitzer-li.182983, abgerufen am 12.04.2022.