

## Wie wirkt Lärm auf Kinder?

Louise Tangermann<sup>1,2</sup>, Basel; Martin Rööslü<sup>1,2</sup>, Basel

### Einleitung

Lärm und seine Auswirkungen sind schon lange ein Thema. So wird berichtet, dass zu Zeiten des alten Roms der Wagenverkehr im Zentrum der Stadt eingeschränkt wurde, mit der Absicht die Lärmbelastung zu reduzieren. Mit dem Beginn der Industrialisierung in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts trugen Motoren und Maschinen zunehmend zur Lärmbelastung in den Städten bei. Das weckte schon damals Widerstand. Julia Barnett Rice, die Ehefrau eines wohlhabenden Geschäftsmanns in New York City, protestierte 1906 gegen den Lärm der lauten Signalhörner der Schlepper in der Hudson Bay und schrieb einen Artikel mit dem Titel: *«In an Effort to Suppress Noise»*<sup>1)</sup>. Sie interviewte verschiedene Betroffene zu dem Thema und argumentierte schon zu der Zeit mit der Fachmeinung eines Dr. John H. Girdner eines Krankenhauses in Nähe zum Wasser, dass Kinder besonders lärmempfindlich sind:

*«City noises exert a deleterious effect on the human system; this is especially marked in the case for invalids and children. Noise is a most potent factor in producing functional diseases of the brain and nervous system, not alone by its direct action, but by destroying sound, refreshing sleep.»*<sup>1)</sup>

In Deutschland war es Theodor Lessing, der 1908 ein Buch mit dem Titel: «Ein Recht auf Stille» herausgab und den ersten «Antilärm-Verein» gründete.

Aber was ist eigentlich Lärm? Jeder ist täglich Geräuschen ausgesetzt. Aber wann wird ein Geräusch zu Lärm? Eine streng wissenschaftliche Definition für Lärm gibt es nicht. Generell wird Lärm als unerwünschter Schall beschrieben. Am häufigsten – und auch am häufigsten wissenschaftlich untersucht – ist der Verkehrslärm, zum Beispiel von der Strasse, dem Bahn- oder dem Luftverkehr. Weitere häufig genannte störende Lärmquellen sind Bau- und Industrielärm, Nachbarschaftslärm (laute Musik, Haushaltsgeräte etc.), Glockengeläut oder Freizeitlärm.

Lärm wird als Schalldruckpegel auf der Dezibel-Skala (dB) gemessen. In der Lärmwirkungsforschung ist neben dem Mittelwert der Geräuschbelastung ( $L_{Aeq}$ ) auch der zeitlich gewichtete Mittelwert  $L_{DEN(Day-Evening-Night)}$  gebräuchlich. Dabei wird bei der 24-Stunden-Mittelwertbildung für die Abend- und Nachtstunden 5 bzw. 10 dB addiert und damit dem Umstand Rechnung getragen, dass Lärm in der Nacht als störender als am Tag empfunden wird.

### Wie wirkt chronischer Lärm auf die Gesundheit?

Das Wort «Lärm» leitet sich aus dem Italienischen «all'arme» (zu den Waffen) ab und zeigt anschaulich die Auswirkungen auf den Menschen. Lärm erzeugt eine Stressreaktion. Dabei wird sowohl das sympathische Nervensystem, wie auch die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse – auch Stressachse genannt – aktiviert<sup>2)</sup>. In einer der wenigen Studien zu den hormonellen Reaktionen auf Lärm bei Kindern wurde bei 217 Kindern im mittleren Alter von zehn Jahren nach der Eröffnung eines neuen Flughafens in München eine signifikante Erhöhung von Adrenalin, sowie Noradrenalin festgestellt<sup>3)</sup>.

Eine chronische Stressreaktion durch Lärm kann langfristig vielfältige negative Auswirkungen auf die Gesundheit haben. Dabei spielen die Art des Lärms, die Situation und die Prädisposition eine wichtige Rolle. Die bekanntesten gesundheitlichen Probleme, die mit Lärm in Verbindung gebracht werden, sind die subjektive Belästigung, schlechter Schlaf, kardiovaskuläre Erkrankungen sowie Einflüsse auf den Metabolismus und die mentale Gesundheit bei Erwachsenen<sup>4)</sup>. Weniger Aufmerksamkeit geweckt haben dagegen die negativen Auswirkungen von Lärm auf die Gesundheit von Kindern. Es wird argumentiert, dass Kinder besonders lärmempfindlich sind, da sie noch in ihrer Entwicklungs- und Wachstumsphase sind. Durch das frühere Zubettgehen und die längere Schlafzeit sind Kinder stärker im Schlaf mit Lärm konfrontiert und daher störanfälliger<sup>5)</sup>.

### Kognitive Auswirkungen

Die am meisten untersuchten gesundheitlichen Auswirkungen auf Kinder durch chronischen Lärm sind Beeinträchtigungen der kognitiven Fähigkeiten, wie Lesefähigkeit, Gedächtnisleistung oder Aufmerksamkeit – häufig erforscht in Schulen, die nahe Flughäfen liegen und Fluglärm ausgesetzt sind.

Eine erste longitudinale Studie wurde 2001 in England bei 275 Kindern im Alter von acht bis elf Jahren durchgeführt<sup>6)</sup>. Hier wurden Kinder in der Nähe eines Londoner Flughafens mit einer Kontrollgruppe ohne Fluglärm in ihrem Leseverständnis und ihrem Aufmerksamkeitsvermögen verglichen und nach einem Zeitraum von einem Jahr ein weiteres Mal untersucht. In Querschnittsanalysen waren unter Berücksichtigung des Alters, dem sozioökonomischen Status und der Muttersprache die Lesefähigkeit und die Konzentrationsfähigkeit bei den lärmexponierten Kindern signifikant schlechter als bei den nicht-exponierten Kindern. In longitudinalen Analysen wurden für die Entwicklung der Lesefähigkeit und Konzentrationsfähigkeit innerhalb eines Jahres tendenziell die gleichen Assoziationen gefunden. Diese waren jedoch statistisch nicht signifikant. Die Studie prüfte auch die Hypothese, ob sich die Kinder innerhalb eines Jahres an den Lärm gewöhnten und konnte dafür keine Evidenz finden.

Eine weitere prospektive Kohortenstudie mit 326 Kindern in München machte sich zunutze, dass ein alter Flughafen stillgelegt wurde, während zur gleichen Zeit ein neuer Flughafen in Betrieb genommen wurde<sup>7)</sup>. Vier Gruppen von Kindern, die im Durchschnitt gleich alt waren (zehn Jahre) und den gleichen sozioökonomischen Status hatten, wurden untersucht. Zwei dieser Gruppen wohnten in der Umgebung des alten Flughafens, zwei in der Umgebung des neuen Flughafens. Dabei war jeweils eine Gruppe lärmexponiert und die andere nicht. Die Kinder wurden einmal vor dem Wechsel der Aktivität der Flughäfen und zweimal danach untersucht. Lärmexponierte Kinder in der Nähe des alten Flughafens zeigten in der ersten Untersuchung, als der Flughafen noch in Betrieb war, ein reduziertes Langzeitgedächtnis und Leseverständnis im Vergleich zu ihrer nicht exponierten Kontrollgruppe. Zwei Jahre nach dem Schliessen des Flughafens war dieser Unterschied ver-

<sup>1</sup> Schweizerisches Tropen- und Public Health-Institut, <sup>2</sup> Universität Basel

schwunden. Auf der anderen Seite wurde um den neuen Flughafen bei den lärmexponierten Kindern reduzierte Gedächtnisleistung und Leseverständnis im Vergleich zu ihrer nicht exponierten Kontrollgruppe beobachtet.

Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit der grossen internationalen Querschnittstudie RANCH, bei der 2844 neun- bis zehnjährige Kinder aus 89 verschiedenen Schulen um Flughäfen in Spanien, Holland und Grossbritannien untersucht wurden<sup>8)</sup>. Unter Berücksichtigung von Störgrössen wie sozioökonomischem Status und mütterlicher Bildung nahmen mit zunehmendem Flug- und Strassenlärm auf dem Schulgelände die Lesefähigkeit und die Gedächtnisleistung der Schulkinder ab. Eine separate Analyse der holländischen Daten fand mit zunehmender Strassenlärmexposition beim Schulhaus eine Zunahme der Fehlerrate in einem kognitiven Test. Eine neue ähnliche Querschnittstudie um den Flughafen Frankfurt bei 1243 Schülern im Alter von sieben bis zehn Jahren kam zum Schluss, dass eine 20 dB höhere Lärmbelastung mit einer um zwei Monate verzögerten Leseleistung der Kinder assoziiert ist<sup>9)</sup>.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die bisherigen Studien bei Kindern zur Kognition hauptsächlich negative Zusammenhänge des Lärms am Schulort mit der Informations- und Sprachverarbeitung, sowie dem Problemlösen und der Gedächtnisleistung nachgewiesen haben. Es gibt verschiedene Hypothesen wie diese Wirkungen zustande kommen. So wird beispielsweise postuliert, dass die Stresswirkung oder die Erfahrung, dem Verkehrslärm machtlos ausgeliefert zu sein, bei Kindern zu Resignation, Demotivation und anderen Verhaltensproblemen führt, die sich schlussendlich auf die Lernleistung auswirken. Umgekehrt könnten lärmbedingte Motivationseinbussen beim Lehrer zu einer verminderten Lehrleistung des Lehrers führen. Ganz trivial könnte der Verkehrslärm aber auch die Verständlichkeit des Lehrers im Schulzimmer beeinflussen oder die Überflüge von Flugzeugen könnten zu wiederholten kurzen Unterbrechungen und so zu ineffizientem Unterricht führen.

### Verhaltensprobleme und Depressionen

Die empirische Datenlage zu lärmbedingten Verhaltensauffälligkeiten und Depressionen bei Kindern ist nicht gross und teilweise widersprüchlich<sup>4)</sup>. In einer grossen dänischen

Kohortenstudie mit 46 940 siebenjährigen Kindern zeigte sich, dass pro 10 dB Erhöhung der kumulativen Lärmexposition am Wohnort die Hyperaktivität, gemessen mit dem «*Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ)*», signifikant um 9% zunahm<sup>10)</sup>. In einer anderen Querschnittstudie mit 2897 sieben- bis elfjährigen Kindern aus Barcelona war die Verkehrslärmexposition des Schulzimmers mit einem erhöhten Risiko für Aufmerksamkeitsdefizitsymptome, jedoch nicht mit einem erhöhten SDQ-Score assoziiert. Die einzige longitudinale Studie zu Verhaltensproblemen bei Kindern verwendete die von den Eltern berichtete Verkehrslärmbelastung als Surrogat für die tatsächliche Lärmexposition am Wohnort. Bei den 1185 Kindern aus Bayern war das Neuauftreten von Verhaltensproblemen zwischen dem 5./6. und dem 9./10. Lebensjahr signifikant mit der Strassenverkehrslärmbelastung der Eltern assoziiert. Interessanterweise waren aber nicht wie bei der spanischen Studie die Hyperaktivität betroffen, sondern vor allem die SDQ-Subskalen «emotionale Probleme» und «Aggressionen». In der oben erwähnten Studie um den Londoner Flughafen unterschieden sich lärmexponierte und nicht exponierte Kinder hinsichtlich Ängstlichkeit und Neigung zu Depressionen nicht<sup>6)</sup>.

### Lärmbelastung bei Kindern

Es gibt eine Vielzahl von Studien zur subjektiven Lärmbelastung bei Erwachsenen, die zeigen, dass sich rund 15% der Erwachsenen in Europa bzw. der Schweiz durch Lärm belästigt fühlen. Die oben erwähnte RANCH-Studie ist eine der wenigen Belästigungserhebungen bei Kindern. Sie fand, dass der Anteil von Kindern, die sich vom Fluglärm belästigt fühlten von 5.1% bei 50 dB ( $L_{Aeq7-23}$ ) auf 12.1% bei 60 dB anstieg<sup>11)</sup>. Auch in der Londoner Flughafenstudie waren der Grad der Belästigung und der selbstberichtete Stresslevel bei fluglärmexponierten Kindern höher als bei Nichtexponierten. Diese Studien deuten darauf hin, dass sich Kinder zwar auch durch Lärm belästigt fühlen, dies aber weniger häufig angeben als Erwachsene. Ein Grund für den geringeren Anteil von lärmbelästigten Kindern im Vergleich zu Erwachsenen könnte sein, dass Kinder die stressende Wirkung von Lärm zwar empfinden, jedoch diesen Stress nicht analysieren und dem Lärm zuordnen können.

### Kardiometabolische Effekte

Die Auswirkungen von Verkehrslärm auf kardiovaskuläre Krankheiten bei Erwachsenen

haben sich in vielen Studien bestätigt<sup>2)</sup>. Eine Metaanalyse kam auf der Basis von sieben longitudinalen Studien zum Schluss, dass pro 10 dB Zunahme des Strassenverkehrslärms ( $L_{DEN}$ ) das Risiko für ischämische Herzkrankheiten signifikant um 8% ansteigt<sup>12)</sup>. Bei Kindern wurden hauptsächlich der Blutdruck und Veränderungen im Puls untersucht. In der PIAMA-Kohortenstudie wurde der Blutdruck von 1432 zwölf Jahre alten Kindern mit deren Exposition zu Strassenlärm verglichen und kein statistisch signifikanter Zusammenhang beobachtet<sup>13)</sup>. In der RANCH-Studie war die Fluglärmexposition zuhause signifikant und am Schulort nicht-signifikant mit erhöhtem Blutdruck assoziiert. Jedoch wurde für zunehmenden Strassenlärm am Schulort eine Abnahme des Blutdrucks beobachtet, was in der Studie nicht erklärt werden konnte. Eine neue Meta-Analyse von 13 Studien bei Kindern fand keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Blutdruck und Lärmexposition<sup>14)</sup>. Jedoch waren viele Studien methodisch limitiert. Die widersprüchliche Datenlage der wenigen Studien könnte auf die kürzere kumulative Expositionszeit bei Kindern zurückzuführen sein, da damit kleinere potentielle Effekte im Vergleich zu Erwachsenen zu erwarten wären. Auch wenn bei Kindern nur schwache Einflüsse des Lärms auf das Herzkreislaufsystem auftreten würden, könnte sich dies langfristig dennoch negativ auf die kardiovaskuläre Gesundheit im Erwachsenenalter auswirken.

Bei Erwachsenen wurde in mehreren Kohortenstudien beobachtet, dass Verkehrslärm mit einem erhöhten Risiko für Übergewicht oder Diabetes assoziiert ist<sup>4)</sup>. In der oben erwähnten dänischen Kohortenstudie bei mehr als 40 000 Kindern nahm das Risiko für Übergewicht im Alter von sieben Jahren um 6% zu, pro 10 dB Zunahme der Strassenlärmexposition am Wohnort während der Schwangerschaft oder während den ersten sieben Lebensjahren. Diese Ergebnisse wurden kürzlich in einer norwegischen Studie nur teilweise bestätigt<sup>15)</sup>. In der Studienpopulation von 22 975 Kindern wurde zwischen der Strassenlärmexposition der Mutter während der Schwangerschaft und dem BMI des Kindes bei Geburt eine negative Assoziation festgestellt, und mit dem BMI im Alter von acht Jahren wie in der dänischen Studie eine positive Assoziation. In der norwegischen Studie hatte die Strassenlärmexposition in der Kindheit jedoch keinen Einfluss auf den BMI.

## Schlaf

Neben der Stresswirkung können auch lärmbedingte Schlafprobleme langfristig die Gesundheit beeinträchtigen, da Schlaf eine wichtige Funktion für die Gesundheit und die Entwicklung von Kindern hat und Kinder eine längere Schlafzeit benötigen. In einer neuen Übersichtsarbeit sind fünf Studien zum Einfluss von Verkehrslärm auf Schlafprobleme bei Kindern beschrieben<sup>5)</sup>. In all diesen Studien mit Kindern im Alter zwischen sieben und dreizehn Jahren wurden schwache negative Zusammenhänge zwischen Verkehrslärmexposition und selbstberichteter Schlafqualität beobachtet. Die Erhebungen sind jedoch nicht einheitlich in Bezug auf die festgestellten Schlaf- und Expositionsmaße, so dass sich nicht ableiten lässt, ab welcher Lärmbelastung negative Effekte auf den Schlaf zu erwarten sind. Nur eine von diesen fünf Studien erhob zusätzlich mittels Aktigraphie bei 80 Kindern auch objektive Daten zur Schlafqualität<sup>16)</sup>. Dabei wurde aber kein Zusammenhang zwischen modellierter Strassenlärmbelastung und objektiv gemessener Schlaflatenz sowie Bewegungen und Wachphasen im Schlaf beobachtet. In der Studie wurde jedoch in Frage gestellt, ob die Aktigraphie eine gute Messmethode der Schlafqualität für Kinder darstellt. Drei kleine Studien mit insgesamt 47 Teilnehmenden untersuchten Effekte von Lärm im Spital bei Kleinkindern. Alle drei Studien fanden Hinweise, dass sich Lärm auch bei unter fünfjährigen Kindern auf die Schlafqualität auswirkt.

In einer Sekundärdatenanalyse wurde versucht zu klären, ob die in der RANCH und der Münchner Flughafenstudie beobachteten kognitiven Effekte des Fluglärms auf lärmbedingte Schlafprobleme zurückzuführen waren. Dies konnte aber mit den Daten nicht bestätigt werden.

## Auswirkungen auf das Gehör

Neben den bisher beschriebenen Lärmeffekten, die schon bei moderater Umweltlärmbelastung beobachtet werden, sind hohe Lärmexpositionen für das kindliche Gehör ein Risikofaktor. Dabei sind Audio-Player eine wichtige Lärmquelle, die potentiell Auswirkungen auf das Gehör haben können. Um Schäden hervorzurufen reicht entweder ein kurzes sehr lautes Geräusch (> 120dB) aus, oder aber auch eine länger andauernde Einwirkung von 85 dB oder mehr. Im Gegensatz zu akuten Hörschäden, werden die langsam entstehenden Hörschäden bei einer chronischen Lärm-

wirkung anfangs kaum wahrgenommen, was zu einer Unterschätzung der entsprechenden Gesundheitsgefahren führt. Dennoch schienen in einer Umfrage Jugendliche der langfristigen Gefahr durch zu laute Musik bewusst zu sein<sup>17)</sup>. Das äusserte sich aber nicht unbedingt in einem entsprechenden Handeln. In einer Interventionsstudie, in der Jugendliche, die ihre Musik laut hörten, über die negativen Auswirkungen des lauten Musikhörens aufgeklärt wurden, gaben nur die Hälfte an, ihre Musik zukünftig leiser hören zu wollen<sup>17)</sup>. Dies ist kein überraschender Befund, unterstreicht jedoch, dass es nötig sein wird, dieses verhaltensbasierte Gesundheitsrisiko durch den «erwünschten» Lärm bei Jugendlichen in Zukunft effizienter anzugehen. Es ist auch zu beachten, dass Audio-Player oft genutzt werden um Umweltlärm auszugrenzen. Insofern gibt es eine Interaktion dieser Exposition mit störendem Umweltlärm.

## Was kann man in der Praxis gegen Lärm machen?

Der Effekt von Lärm auf die Gesundheit von Kindern ist ein Problem, das in der ärztlichen Praxis schwer zu fassen und quantifizieren ist. Wie erläutert, ist Lärm häufig nur ein Faktor unter mehreren, der zu Verstärkung von unerwünschten Symptomen führt, sich aber im Kindesalter nur selten in einer manifesten Erkrankung äussert.

Es stellt sich somit die Frage, was ein behandelnder Arzt in diesem Zusammenhang tun kann. Zum einen ist es hilfreich, wenn Ärzte ein Bewusstsein für das Problem entwickeln und das Wissen auch im Dialog ihren Patienten weitergeben, dass Lärmbelastung auch im Kindesalter nicht nur «nervenaufreibend» ist, sondern kurz- und längerfristig körperliche und seelische Auswirkungen auf Kinder hat. Bei Konsultationen wegen Hyperaktivität, Verhaltensproblemen, Schlafstörungen, Müdigkeit und Schulschwierigkeiten sollte Lärm in jedem Fall ein Thema im ärztlichen Gespräch sein. Eltern sollten entsprechend sensibilisiert werden, auch um Optionen zu erwägen, wie die Lärmexposition der Familie, und insbesondere der Kinder präventiv minimiert werden kann.

## Konkrete Möglichkeiten, Lärm im Alltag eines Kindes anzusprechen:

- Wie sieht die Situation für Aussenlärm z. B. von Flugzeugen oder Zügen aus? Gibt es Möglichkeiten sich davor zu schützen? Ist

das Kinderzimmer auf eine leise Strasse ausgerichtet?

- Welche potentiellen Lärmquellen gibt es in der Nacht? Wenn sich die Eltern im Nebenraum aufhalten, wie laut hört man ihre Geräusche im Nebenzimmer?
- Sind die Nachbarn laut und länger abends gesellig? Könnte man diesen Lärm durch Kommunikation mit den Nachbarn und Wissen um deren Zimmeraufteilung einschränken?
- Gibt es Lärmquellen im Haushalt die reduziert werden können? Gibt es dauernd nebenher laufende Fernseher oder Musik?
- Gibt es in Haushalten mit vielen Kindern Orte – Ruheinseln – zu denen sich diese zurückziehen können?
- Kinderspielzeuge können beim Kauf auf Lärm hin getestet werden. Regeln für lautes Spielzeug können gemeinsam festgelegt werden und Momente der Ruhe eingeführt werden, gerade beim Zubettgehen.
- Kennen die Kinder das Risiko von Hören lauter Musik über Audio-Player? Ist ihnen bewusst, dass die Musik nicht zu laut abgespielt werden sollte? Gibt es Regeln, damit die Player nicht permanent genutzt werden und es Platz für Ruheinseln gibt?

Als Arzt lässt sich das Thema Lärm auch in der Klinik oder dem Praxisalltag angehen. Es ist allgemein bekannt, dass die Schlafqualität von Patienten in Krankenhäusern reduziert ist. Ein wichtiger beitragender Faktor dieser reduzierten Schlafqualität ist der Lärm durch Geräte, Mitarbeiter und andere Patienten. Lärmmessungen in Krankenhauszimmern ergaben, dass die Lärmexposition im Mittel höher war als 50 dB – in Einzelfällen sogar über 60 dB<sup>5)</sup>. Die WHO empfiehlt in Kliniken einen Lärmpegel von 40 dB in den Gängen und 30 dB in den Patientenzimmern. Weiter empfehlen sich festgelegte Ruhezeiten, während denen Mitarbeitende, Besucher und Patienten angehalten werden, leise zu sein. Um Mitarbeiter, Besucher und Patienten für das Problem von übermässigem Lärm zu sensibilisieren, können speziell dafür entwickelte Leuchtanzeigen installiert werden, die ein Überschreiten der vorgesehenen Lärmgrenzwerte anzeigen.

## Referenzen:

- 1) Rice JB. In an Effort to Suppress Noise. The Forum 1906;37.
- 2) Münzel T, Sørensen M, Gori T, Schmidt FP, Rao X, Brook J, et al. Environmental stressors and cardiovascular disease: part I – epidemiologic evidence

supporting a role for noise and air pollution and effects of mitigation strategies. *European heart journal*. 2017;38(8):550-6.

- 3) Evans GW, Bullinger M, Hygge S. Chronic noise exposure and physiological response: A prospective study of children living under environmental stress. *Psychological science*. 1998;9(1):75-7.
- 4) Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet*. 2014;383(9925):1325-32.
- 5) Basner M, McGuire S. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep. *International journal of environmental research and public health*. 2018;15(3):519.
- 6) Haines MM, Stansfeld SA, Job RS, Berglund B, Head J. A follow-up study of effects of chronic aircraft noise exposure on child stress responses and cognition. *International Journal of Epidemiology*. 2001;30:839-45.
- 7) Hygge S, Evans GW, Bullinger M. A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. *Psychological science*. 2002;13(5):469-74.
- 8) Stansfeld SA, Berglund B, Clark C, Lopez-Barrio I, Fischer P, Öhrström E, et al. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *The Lancet*. 2005;365(9475):1942-9.
- 9) Klatte M, Spilski J, Mayer I, Möhler U, Lachmann T, Bergström K. Effects of aircraft noise on reading and quality of life in primary school children in Germany: Results from the NORAH study. *Environment and Behavior*. 2017;49(4):390-424.
- 10) Hjortebjerg D, Andersen AMN, Christensen JS, Ketzler M, Raaschou-Nielsen O, Sunyer J, et al. Exposure to road traffic noise and behavioral problems in 7-year-old children: A cohort study. *Environmental health perspectives*. 2016;124(2):228.
- 11) Van Kempen EE, Van Kamp I, Stellato RK, Lopez-Barrio I, Haines MM, Nilsson ME, et al. Children's annoyance reactions to aircraft and road traffic noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2009;125(2):895-904.
- 12) Van Kempen EE, Casas M, Pershagen G, Foraster M. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary. *International journal of environmental research and public health*. 2018;15(2):379.
- 13) Bilenko N, Rossem Lv, Brunekreef B, Beelen R, Eeftens M, Hoek G, et al. Traffic-related air pollution and noise and children's blood pressure: results from the PIAMA birth cohort study. *European journal of preventive cardiology*. 2015;22(1):4-12.
- 14) Dzhambov, AM., Dimitrova, DD. Children's blood pressure and its association with road traffic noise exposure—A systematic review with meta-analysis. *Environmental research*, 2017; 152:244-255.
- 15) Weyde KV, Krog NH, Oftedal B, Magnus P, White R, Stansfeld S, et al. A longitudinal study of road traffic noise and body mass index trajectories from birth to 8 years. *Epidemiology*. 2018.
- 16) Öhrström E, Hadzibajramovic E, Holmes M, Svensson H. Effects of road traffic noise on sleep: Studies on children and adults. *Journal of environmental psychology*. 2006;26(2):116-26.
- 17) Martin WH, Martin W, Griest SE, Lambert W. How loud is your music? Beliefs and practices regarding use of personal stereo systems. 33rd Annual Hearing Conservation Conference of the National Hearing Conservation Association Portland, Oregon; 2008.

### Korrespondenzadresse

[martin.roosli@swisstph.ch](mailto:martin.roosli@swisstph.ch)

Die Autoren haben keine finanzielle Unterstützung und keine anderen Interessenskonflikte im Zusammenhang mit diesem Beitrag deklariert.