**Zeitschrift:** Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

**Herausgeber:** geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und Landmanagement

**Band:** 117 (2019)

**Heft:** 5

**Artikel:** Virtueller Lärm : Empa entwickelt Lärmsituation für Züge

**Autor:** [s.n.]

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-864675

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 25.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

# Virtueller Lärm: Empa entwickelt Lärmsimulation für Züge

Eisenbahnlärm stört. Vor allem in der Nähe von Wohngebieten sorgen Züge regelmässig für schlaflose Nächte. Umso wichtiger ist es, Züge und Schienen so zu optimieren, dass Geräusche gedämmt werden. Empa-Forschende haben eine Computersimulation entwickelt, die realitätsgetreu aufzeigt, wie Bahnlärm entsteht und welche technischen Massnahmen zielführend sind, ihn zu verhindern.

*Le bruit des trains dérange. A proximité des zones d'habitation plus particulièrement les trains sont régulièrement la cause d'insomnies. Il est d'autant plus important d'optimiser le matériel roulant et les voies de façon à atténuer les bruits. Des chercheurs de l'Empa ont développé une simulation par ordinateur qui démontre de façon réaliste comment le bruit de train se forme et les les mesures techniques adéquates pour les éviter.*

Il rumore della ferrovia dà fastidio. I treni sono fonte di notti insonni, specialmente in prossimità dei centri abitati. È quindi fondamentale ottimizzare i treni e i binari, nell'intento di insonorizzare i rumori generati. I ricercatori dell'Empa hanno sviluppato una simulazione al computer che descrive in modo accurato come è generato il rumore della ferrovia e quali provvedimenti tecnici sono utili per evitarlo.

*Empa*

Der Zug rauscht heran, der Lärmpegel steigt, es dröhnt unangenehm in den Ohren, wenn die Waggons vorbeirattern. Ein paar Sekunden später ist der Spuk vorbei, die Lautstärke nimmt ab, und die Wagons verschwinden am Horizont. Was auf den ersten Blick wirkt wie die gewöhnliche Aufnahme eines vorbeifahrenden Zuges, ist in Wirklichkeit weit mehr. Weder die Geräusche, die man durch Lautsprecher oder Kopfhörer hört, noch die Bilder, die man sieht, sind echt: Alles entstand im Rahmen einer Simulation am Computer.

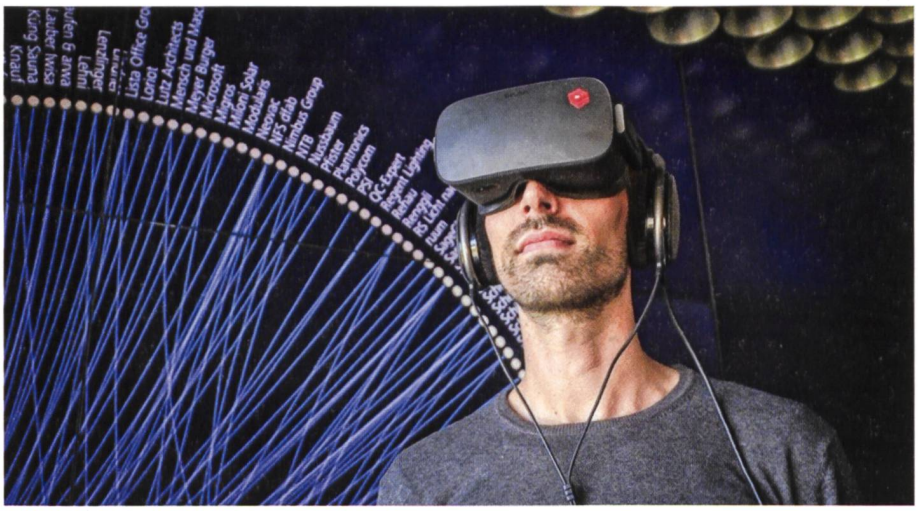

Abb. 1: Die Simulation läuft auch «tragbar» mittels Virtual Reality inklusive Kopfhörer.

## Lärm: Ein Ensemble aus über hundert Geräuschquellen

«Lärm besteht aus verschiedenen Bestandteilen», erklärt Reto Pieren von der Empa-Abteilung «Akustik und Lärmminderung», verantwortlich für die Programmierung der Simulation, die ein Team von Empa-Forschern in einem Horizon2020-Projekt der EU entwickelte. «Die Räder, die Schienen, die Lüftung, der Motor – alles erzeugt Geräusche und verursacht als Ganzes dann die Lärmemission des Zuges.» In anderen Worten: Pieren hat für die über 100 Geräuschquellen eines fahrenden Zuges einzelne Algorithmen entwickelt. Das ermöglicht es, den Zug als Ganzes «hörbar» zu machen oder aber nur einzelne Komponenten.

Nebst den diversen Geräuschquellen eines fahrenden Zuges integriert er ausserdem Umwelteinflüsse in seine Berechnungen. Dazu gehören Lärmschutzwände, Fahrgeschwindigkeit, Zustand der Gleise, Aussentemperatur und sogar die Beschaffenheit des Bodens. Ziel der Simulation ist es, nicht nur Optimierungspotenzial bestehender Zugkompositionen aufzuzeigen, sondern in Zukunft auch Voraussagen treffen zu können, wie beispielsweise neue Räder oder Bauteile den Lärm einer Bahnlinie verändern würden.

## Erschaffen am Computer

Die Simulation der Empa ist einzigartig, denn bisherige Programme verwenden echte Tonaufnahmen. Pieren jedoch hat die einzelnen Geräusche am Computer hergestellt. Dabei wird für jede Zugkomponente unter Berücksichtigung der physikalischen Parameter das entsprechende akustische Signal berechnet. Physikalische Parameter heisst in diesem Fall Eigenschaften wie die Oberflächenbeschaffenheit und das Material der Gleise und der einzelnen Räder. Diese

Grundparameter stammen dabei aus eigenen Messungen, Messungen von Fahrzeugherstellern und Simulationsrechnungen und werden in die Simulation eingespeist. Aus diesen Daten berechnet der Algorithmus den abgestrahlten Schalldruck, aus dem wiederum das Geräusch bei einem bestimmten Zuhörerpunkt simuliert wird.

Doch es geht noch komplexer: Beim Rollgeräusch beispielsweise wird das Bremssystem der Wagen mit einberechnet. «Dahinter verbergen sich Datensätze, die die Oberflächenmikrostruktur der Räder beschreiben. So wird für jedes Rad eine individuelle Oberflächenstruktur berechnet», erklärt Pieren. Diese Oberflächenstruktur ist massgeblich an der entstehenden Reibung mit den Gleisen und somit an der Schall- respektive Lärmentwicklung beteiligt. Je weniger Unebenheiten die Oberfläche der Räder und der Gleise aufweisen, umso leiser das Fahrgeräusch.

**Abb. 2: Im «AuraLab» der Empa kann die Simulation in einem schalldichten Raum an Probanden getestet werden.**

## Der Schall macht es aus

Ein vorbeifahrender Zug verursacht Lärm, so viel ist klar. Wie ein Anwohner diesen Lärm allerdings wahrnimmt, hängt massgeblich von der lokalen Umgebung und der Schallausbreitung ab. Schall erfährt bei der Ausbreitung diverse Veränderungen. Er wird durch Luft absorbiert, was dazu führt, dass hohe Frequenzen stärker gedämpft werden als tiefe. Ähnliches passiert bei einer Lärmschutzwand: Hohe Frequenzen sind hinter der Wand tatsächlich weniger laut, tiefe Töne werden jedoch über die Wand gebeugt. Diese zentralen Faktoren können in der Simulation ebenfalls nachgestellt werden, ebenso wie der Standort des Zuhörers – von dem die eigentliche akustische Wahrnehmung des Lärms abhängt.

Den künstlich erzeugten Lärm hat Pieren mit Probanden in einem Hörexperiment überprüft. Erfreulicherweise zeigte sich, dass die Probanden die Simulationen und die künstlich generierten Geräusche als sehr plausibel einstuften. Mit der Simulation lassen sich also Auswirkungen von unterschiedlichen Massnahmen «auralisieren», also hörbar machen. Beispielsweise lässt Pieren die Simulation laufen, platziert im Anschluss eine Schallschutzwand und lässt erneut einen Zug vorbeifahren. «Wenn wir sagen, eine Massnahme reduziert den Geräuschpegel um drei Dezibel, können sich die wenigsten vorstellen, was das bedeutet. Wenn ich diese drei Dezibel im direkten Vergleich aber hörbar mache, ist der Effekt sofort klar.»

Die Simulation funktioniert nicht nur im Labor oder mit einem Virtual-Reality-Set. Auch Videos auf YouTube zeigen den Vergleich und machen deutlich, was die Simulation leisten kann. Zukünftig soll sie helfen, wichtige Entscheidungen bezüglich Bau und Ausbau von Bahnlinien und Zügen zu unterstützen. Davon profitieren langfristig Bahnbetreiber, Planer und vor allem die Anwohner.

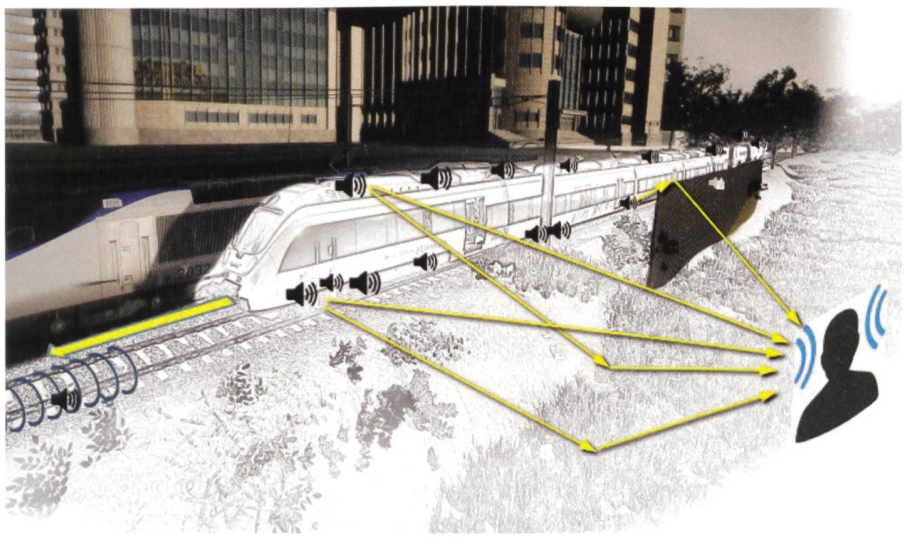

**Abb. 3: Was der Zuhörer als Lärm wahrnimmt, ist in Wahrheit eine Kombination zahlreicher Einzelgeräusche.**

Empa
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
www.empa.ch