

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 Bremsystem 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.

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



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

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 einstufen. 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.

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

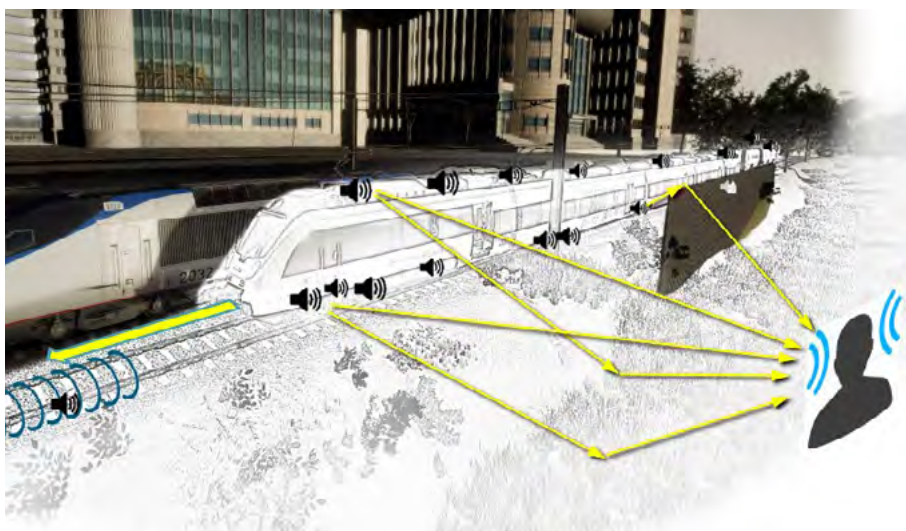


Abb. 3: Was der Zuhörer als Lärm wahrnimmt, ist in Wahrheit eine Kombination zahlreicher Einzelgeräusche.