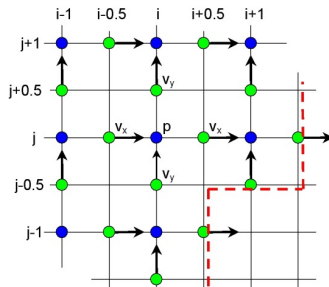


Wellentheoretische Schallausbreitungssimulationen

Kurt Heutschi, Stefan Plüss
Empa, Abteilung Akustik/Lärminderung, CH-8600 Dübendorf

Einleitung

Im Engineering-Alltag basiert die Berechnung der Schallausbreitung zwischen Quellen und Empfängern vorwiegend auf empirischen Näherungsformeln mit einer entsprechenden Limitierung der berücksichtigten Phänomene. Die aktuelle Rechenleistung von Computern ermöglicht zunehmend numerisch exakte Simulationen von Schallausbreitungsvorgängen basierend auf den grundlegenden physikalischen Differenzialgleichungen. Durch Abbildung der Simulationsgeometrie auf ein diskretes Gitter (Figur 1) können entsprechende Differenzialgleichungen formuliert und im Zeitbereich gelöst werden (FDTD: Finite Differences in the Time Domain).

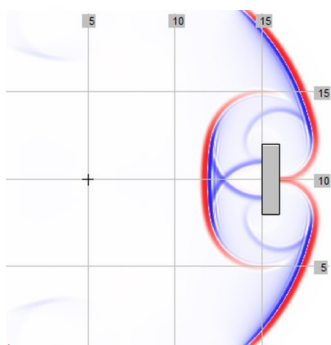
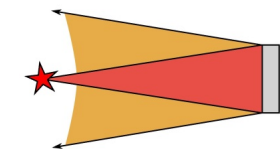


Figur 1: Über dem Simulationsgebiet aufgezo-
genes Gitter der Schallfeldgrößen Schalldruck und Schallschnelle.

Unser an der Empa entwickeltes FDTD Simulationsprogramm kommt zum Einsatz

- als Referenzmodell zur Untersuchung besonderer Effekte auf die Schallausbreitung
- in Ausbreitungssituationen, die bedeutend durch Abschirmung und Reflexionen geprägt sind und durch empirische Ausbreitungsmodelle nur mit grösserer Unsicherheit berechenbar sind (siehe Figur 2).

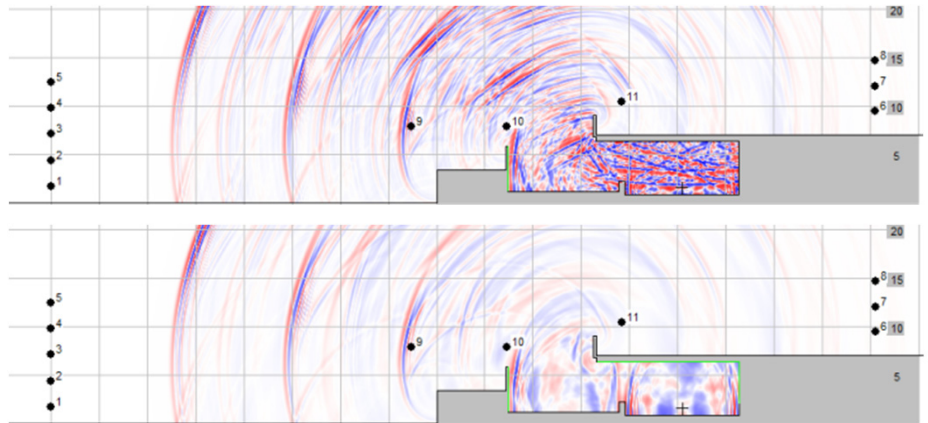
Die FDTD Simulation von zweidimensionalen Geometrien bei Abmessungen von einigen Dutzend Metern dauert typisch 5 bis 10 Stunden.



Figur 2: Geometrische Reflexionsmodellierung mit dem Spiegelquellenkonzept (oben) und wellentheoretische Reflexionssimulation (unten) mit stetigem Übergang in der Schattenzone.

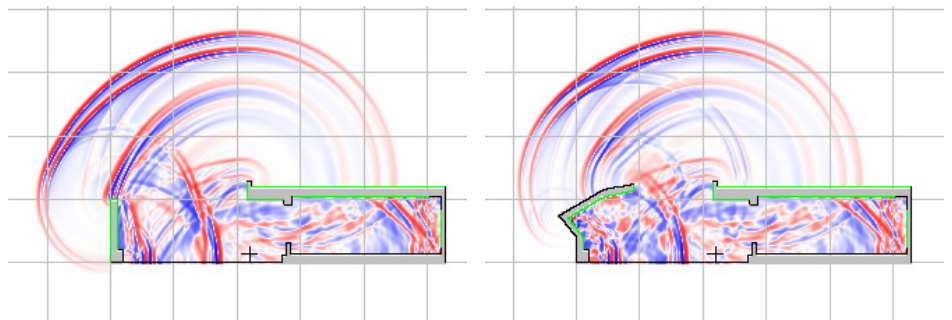
Anwendungsbeispiele

Wirkung von Absorption auf die Abstrahlung aus einer Autobahngalerie



Figur 3: Ausbreitung eines Druckpulses aus einer Galerie ohne Absorption (oben) und mit absorbierend verkleideten Innenflächen (unten). Hierbei ist der Schalldruck farblich codiert mit intensiv rot = hohem Überdruck und intensiv blau = hohem Unterdruck.

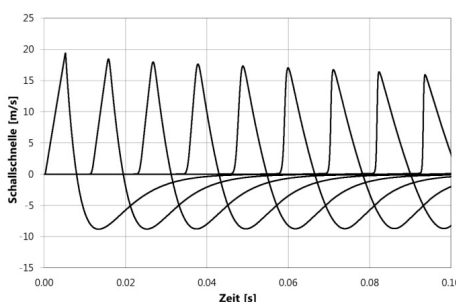
Optimale Gestaltung einer Lärmschutzwand zur Reflexionsminimierung



Figur 4: Ausbreitung eines Druckpulses zur Untersuchung der Reflexionseigenschaften einer absorbierenden geraden (links) bzw. auskragenden, gekrümmten Wand (rechts).

Nichtlineare Simulationen

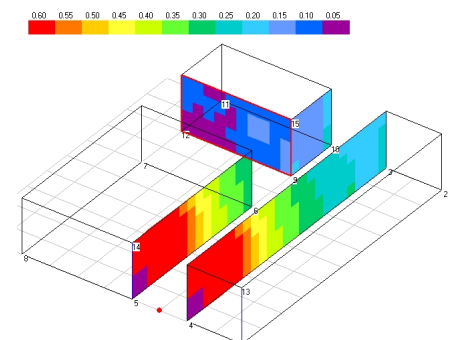
Zur Nachbildung der Ausbreitung von Stosswellen, wie sie z.B. von Explosionen ausgelöst werden, müssen die üblicherweise verwendeten Differenzialgleichungen um die nichtlinearen Terme ergänzt werden. Eine zentrale Eigenschaft der Stosswellenausbreitung ist die vom Druck und von der Schallschnelle abhängige Ausbreitungsgeschwindigkeit. Dies führt zu einem Aufsteilen der Wellenfronten (Figur 5).



Figur 5: Verformung einer Stosswelle während der Ausbreitung.

Contact: Kurt Heutschi, kurt.heutschi@empa.ch

Im Auftrag der armasuisse entwickeln wir gegenwärtig ein 3D Simulationswerkzeug, welches parallelisiert auf einer Grafikkarte die Stosswellenausbreitung in urbaner Umgebung in weniger als einer Stunde simuliert und die für die Abschätzung von potenziellen Schäden relevanten Schallfeldgrößen ermittelt (Figur 6).



Figur 6: Visualisierung der Simulationsergebnisse des von einer Stosswelle verursachten Spitzenüberdrucks in einer Strassenschlucht mit Abzweigung. Die Schallfeldgrösse ist bzgl. Normaldruck (1013 hPa) skaliert und farblich codiert.