



## Wie man stochastisch Kabinenlärm simuliert

So schön das Fliegen ist: Lärm in der Kabine kann Stress auslösen und für Müdigkeit sorgen. In verschiedenen Forschungsprojekten entwickeln Forscherinnen und Forscher der Technischen Universität Braunschweig Methoden, um Kabinenlärm vorherzusagen und kontrollieren zu können. Dafür wird zuerst ein sogenanntes vibroakustisches Modell erstellt, das die strukturellen und akustischen Eigenschaften eines Flugzeugs darstellt. Dazu werden Bauteile entlang des Schallübertragungspfades identifiziert, die den Kabinenlärm beeinflussen. Diese werden anhand ihrer Materialeigenschaften abgebildet, um ein möglichst genaues Kabinenlärmmodell zu erhalten.

## Die Ursachen für Lärm

Die wichtigsten Ursachen für den Kabinenlärm sind die Luft-Umströmung des Flugzeugs sowie die Turbinen- oder Propellergeräusche. Die so erzeugten Vibrationen werden durch die Außenhaut und Isolierung an die Innenverkleidung übertragen. Die Innenverkleidung beginnt zu vibrieren und strahlt so Schall in die Kabine ab.

Wie der Lärm sich „ausbreitet“, lässt sich mit den erstellten Modellen simulieren und berechnen. Die Forscherinnen und Forscher am Institut für Akustik und am Institut für Dynamik und Schwingungen der TU Braunschweig können so Vorhersagen zum Lärm in der Kabine machen. Die Abbildung zeigt eine solche Vorhersage für ein elektrisch betriebenes Propellerflugzeug. Gut zu erkennen ist, dass es in der Nähe des Propellers zu lauten Geräuschen kommt.

Abbildung: Darstellung des Kabinenlärms auf Sitzhöhe für eine Flugzeugkonfiguration aus dem Exzellenzcluster Sustainable and Energy Efficient Aviation (SE2A).

## Was man damit machen kann

Die Simulationen können dabei helfen, verschiedene Flugzeugkonzepte und neue Designs zu testen. So können die akustischen Eigenschaften schon früh im Entwicklungsprozess berücksichtigt werden. Moderne Simulationswerkzeuge ermöglichen ein besseres Verständnis von komplexen Systemen und eine Analyse der zugrundeliegenden Zusammenhänge. Mit Modellen können verschiedene Einflussfaktoren identifiziert und deren Wechselwirkungen verbessert werden.

Zwei grundlegende Probleme erschweren dabei eine genaue Vorhersage von Kabinenlärm. Zum einen müssen die Strukturen der Kabine, insbesondere der Flugzeugrumpf, sehr genau auf-

gelöst werden, was die Simulation sehr aufwendig macht. Zum anderen sind viele Einflussgrößen im Voraus gar nicht vollständig bekannt. Materialparameter des Rumpfes schwan-ken von Flugzeug zu Flugzeug und die turbulente Grenzschicht, eine der dominanten Lärmquellen, hängt von den aktuellen Flugbedingungen ab, die stochastisch variieren.

Die Lösungsansätze der Forscherinnen und Forschern umfassen Methoden des Hochleistungsrechnens, um die lärmverursachenden Vibrationen des Rumpfs hochgenau auflösen zu können. Außerdem spielt die „Quantifizierung von Ungewissheit“ eine wichtige Rolle. Dabei geht es darum, unvollständige oder stark schwankende Ausgangsdaten zu beschreiben und deren Einfluss auf das Gesamtergebnis abzuschätzen. Damit lassen sich etwa Streuungen von realen Geometrien und Strömungsbedingungen mathematisch beschreiben. Dadurch werden letztendlich robuste Entwürfe ermöglicht, die unter vielen Bedingungen in der Praxis eine geringe Lärmbelastung ermöglichen.

Yannik Hüpel, Sabine Langer und Ulrich Römer

