



LEISE UND SCHWINGUNGSARME KLIMAGERÄTE FÜR SCHIENENFAHRZEUGE

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU

Reichenhainer Straße 88
09126 Chemnitz

Abteilung Adaptronik und Akustik

Nöthnitzer Straße 44
01187 Dresden

Dipl.-Ing. Jan Troge
Telefon +49 351 4772-2322
jan.troge@iwu.fraunhofer.de

www.iwu.fraunhofer.de

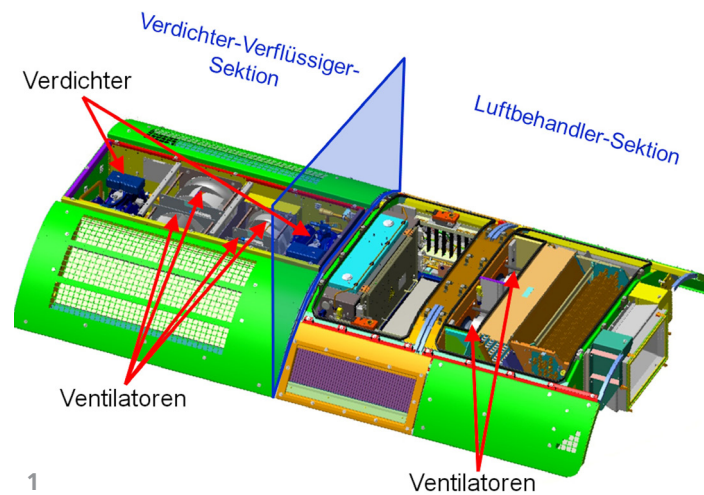
Im gemeinsamen Forschungsprojekt »Minus 10 dB – Leise und schwingungsarme Klimageräte für Schienenfahrzeuge« untersuchten das Fraunhofer IWU und der Klimaanlagehersteller Faiveley Transport Leipzig GmbH & Co. KG Geräusch- und Schwingungsphänomene an Klimageräten. Neben der Identifizierung von Hauptgeräusch- und Vibrationsquellen stand die Analyse der Übertragungswege von Schall und Schwingungen in die Umwelt und in den Fahrzeuginnenraum im Fokus.

Ziel war es, jeweils ein einfaches Berechnungswerkzeug für die Schallabstrahlung sowie die Körperschalleinleitung zu entwickeln, das im industriellen Entwicklungsprozess einsetzbar ist.

Prognose der Schallabstrahlung

Um schon im frühen Entwicklungsstadium eines Bahnklimagerätes Aussagen zur Geräuscherzeugung treffen zu können, wurde eine analytische Netzwerkbeschreibung auf Basis der Analogiebeziehungen zwischen Akustik und Elektrotechnik aufgebaut. Mit möglichst geringem Modellierungsaufwand können damit absolute Werte für die abgestrahlte Schalleistung ermittelt werden können. In einem ersten Schritt wurden dazu alle Komponenten eines Klimagerätes in Quellen, Transfer-elemente und Empfänger klassifiziert.

Quellen sind dabei alle geräuschabstrahlenden Klimakomponenten wie Lüfter und Verdichter. Die Elemente des Luftleitsystems (Kanäle, Volumen) sind passive Transfer-elemente. Sie besitzen ein spezifisches akustisches Übertragungsverhalten, das



durch eine Modellierung als 3-dimensionaler Wellenleiter ganzheitlich unter Berücksichtigung der auftretenden stehenden Wellen beschrieben wird. Für die Erstellung eines akustischen Berechnungsmodells werden die reale Komponenten und die Geometrie eines Klimagerätes in akustische Netzwerkelemente überführt. Die Analyse kann dann mit den klassischen Methoden der Elektrotechnik erfolgen. Als Ergebnis des Prognoseverfahrens liegt die spektrale Schalleistung als Oktav- oder Terzpegel vor, die durch die Öffnungen des Klimagerätes nach außen oder in das Kanalsystem des Wagens abgestrahlt wird.

Prognose der Schwingungsleistung

Zur Berechnung der zu erwartenden dynamischen Kräfte an den Befestigungspunkten des Bahnklimagerätes zum Fahrzeug wurde eine systematische Körperschallbeschreibung auf Basis von Impedanz-Betrachtungen aufgebaut. Dazu erfolgte die Bestimmung der eingespeisten Körperschalleistung einer Quelle (z. B. Verdichter oder Ventilatoren) aus deren strukturunabhängigem Anregungspotenzial und der Strukturimpedanzen an deren Schnittstellen zum Gerät.

Die Körperschalleistung der Quelle ist ein Maß für die eingeleitete Schwingungsenergie und lässt bereits mögliche Impedanz-Fehlanpassungen an den jeweiligen Koppelpunkten erkennen. In einem weiteren Schritt wurden die eingeleiteten Quellkräfte um die Strukturübertragungsfunktionen bis zu den Befestigungspunkten des Gerätes

erweitert, um die dynamischen Kräfte bei gleichzeitigem Betrieb verschiedener Quellen des Gerätes (Verdichter, Ventilatoren) berechnen zu können. Mit Hilfe des Berechnungswerkzeugs lassen sich nun potentielle Schwachstellen in der Systemstruktur sowie an den Befestigungspunkten erkennen und Optimierungsansätze ableiten. Für die Prognose und Validierung der Schwingungseinleitung wurden umfangreiche Messungen am Klimagerät durchgeführt. Um bereits im frühen Entwicklungsstadium die Schwingungseinleitung in den Wagenkasten vorzuberechnen, erfolgen Berechnungen der Strukturimpedanzen und Übertragungsfunktionen auf der Basis von verschiedenen FE-Modellen des Bahnklimagerätes. Damit kann bei der schwingungstechnischen Auslegung sukzessive auf Messungen an Versuchsträgern verzichtet werden.

Ergebnis

Das ehrgeizige Ziel des Vorhabens wurde mithilfe der beiden Berechnungsverfahren erreicht: Verringerung der Schallabstrahlung in die Umgebung um 10 dB sowie Minimierung der Schwingungseinleitung in die Fahrzeugstruktur um 8 dB. Die Verwendung von Axiallüftern mit großen Durchmessern bei gleichzeitig relativ geringen Betriebsdrehzahlen war maßgeblich verantwortlich für die Reduzierung des Außengeräusches. In die Fahrzeugstruktur eingeleitete Schwingungen konnten durch den Einsatz von frequenzgangoptimierten Verdichterlagern ebenfalls deutlich verringert werden. Weiterhin zeigte sich

ein großes Optimierungspotenzial, wenn bestehende Hubkolbenverdichter durch Scroll-Verdichter ersetzt werden. Die Berechnungsmodelle und die gebündelten Verbesserungsmaßnahmen konnten an einem Versuchsträger und einem Funktionsmuster verifiziert werden.

Akustische Eigenschaften von Bahnklimageräten können zunehmend bereits in der Konstruktionsphase berücksichtigt werden. Dieser wirtschaftliche Ansatz wird möglich, da durch die angewandten Berechnungsmodelle auf vibroakustische Messungen an Versuchsträgern zunehmend verzichtet werden kann. Die schalltechnischen Verbesserungen an Klimageräten reduzieren maßgeblich die Lärmbelastung, die von parkenden Schienenfahrzeugen und Fahrzeugen im Haltestellenbetrieb ausgeht.