

PRESSEINFORMATION

PRESSEINFORMATION

21. September 2021 || Seite 1 | 4

Vibroakustische Metamaterialien reduzieren Strukturschwingungen in Trägerraketen-Komponenten

In der Raumfahrtindustrie wird jedes Bauteil gründlich optimiert, um einen wirtschaftlich günstigen Betrieb zu gewährleisten. Zukünftige Trägerraketen-Konzepte werden noch leichter und zuverlässiger sein. Damit diese ehrgeizigen Anforderungen erreicht werden, ist die Entwicklung neuer Materialien und multifunktionaler Strukturen sowie innovativer Fertigungstechnologien unerlässlich. Im Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF wurde die Umsetzung der vibroakustischen Metamaterialien-Technologie für eine zylindrische Leichtbaustruktur aus Verbundwerkstoff untersucht. Diese stellt die Oberstufe einer konzeptionellen Ariane 6-Trägerrakete dar. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben konzeptionelle und numerische Entwurfsstrategien entwickelt und experimentell validiert. Es traten Schwingungsreduktionen von bis zu 30 Dezibel (dB) im Frequenzbereich zwischen 150 Hertz (Hz) und 200 Hertz auf. Mehr dazu auf der Messe »Space Tech Expo Europe«, Bremen, 16. bis 18. November 2021, Fraunhofer-Stand N 40.

Verbundwerkstoffe (beispielsweise Kohlefaserverbundwerkstoff, kurz CFK) ermöglichen große Masseneinsparungen bei Trägerraketen und werden für die Anwendung in verschiedenen Systemen und Komponenten in Betracht gezogen. Die Europäische Weltraumorganisation (ESA) will bis 2025 eine Oberstufe komplett aus Kohlefaserverbundwerkstoff für die neue Generation der Ariane 6 entwickeln, mit dem Ziel, die Nutzlastkapazität um zwei Tonnen zu erhöhen.

Hohes Potenzial: vibroakustische Metamaterialien

Obwohl Oberstufen aus Verbundwerkstoffen im Vergleich zu metallischen Materialien ein höheres Steifigkeits-Masse-Verhältnis aufweisen, können sie bei bestimmten Frequenzen zu höheren Schwingungsamplituden führen, die insbesondere in der Startphase kritisch sind. Ein innovativer Ansatz zur Reduzierung von Schwingungen sind vibroakustische Metamaterialien. Mit Metamaterialien wird ein in der Natur nicht vorkommendes Verhalten erzeugt. Neben optischen und elektromagnetischen Metamaterialien werden spezielle Formen von Metamaterialien auch zur Lärm- und Schwingungsminderung eingesetzt. Vibroakustische Metamaterialien werden aus mehreren periodisch angeordneten Einheitszellen gebildet - dem kleinsten identischen Teil der Grundstruktur, auf dem ein Resonator (Feder-Masse System) sitzt. Die lokalen Resonatoren sind gezielt auf der Subwellenlängenskala der einfallenden Welle platziert. Sie sind auf eine Resonanzfrequenz abgestimmt, bei der eine Schwingungsreduktion

Redaktion

Anke Zeidler-Finsel | Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF | Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Tobias Melz | Bartningstraße 47 | 64289 Darmstadt | www.lbf.fraunhofer.de | anke.zeidler-finsel@lbf.fraunhofer.de | Telefon +49 6151 705-268

erforderlich ist. Die Wechselwirkung zwischen den lokalen Resonatoren und der einfallenden Welle führt zu einem Stoppband - einem Frequenzbereich mit hoher Schwingungsreduktion.

PRESSEINFORMATION21. September 2021 || Seite 2 | 4

Das Potenzial von vibroakustischen Metamaterialien wurde sowohl für die Luftfahrt als auch für die Raumfahrt erkannt, wo sie beispielsweise bei der Nutzlastumhausung eingesetzt werden. Im Forschungsprojekt »Silent Running« liegt der Fokus auf dem Design von vibroakustischen Metamaterialien, die in der Oberstufe einer konzeptionellen Ariane 6-Trägerrakete eingesetzt werden sollen. »Am Fraunhofer LBF entwickeln unsere Fachteams effiziente numerische Routinen zur Beschreibung des dynamischen Verhaltens von vibroakustischen Metamaterialien. Diese Routinen werden für das Design von branchenspezifischen Produkten eingesetzt«, erläutert Projektleiter Heiko Atzrodt, verantwortlich für die Abteilung Strukturtechnik und Schwingungstechnik im Fraunhofer LBF.

Konzeptionelle und numerische Ansätze für ein Design mit hohen Dämpfungseigenschaften

Die Forschenden haben drei Konzepte von lokalen Resonatoren numerisch betrachtet und experimentell validiert. Für eine detaillierte Untersuchung des Verhaltens von vibroakustischen Metamaterialien in einem endlichen Bauteil wurden Plattendemonstratoren aus CFK realisiert, die den Schwerpunkt dieses Forschungsprojekts bilden. Die Resonatorkonzepte wurden simuliert und ihre Wirkung numerisch bewertet. Dazu werden die Resonatoren auf der CFK-Platte angebracht, um eine Metamaterialstruktur zu erzeugen. Im ersten Schritt wird die Wellenausbreitung der unendlichen, periodischen Struktur anhand des Dispersionsverhaltens (Zusammenhang zwischen der Wellenlänge und -frequenz) einer einzelnen Einheitszelle untersucht. Damit werden Stoppbänder im Frequenzbereich ermittelt, in denen keine freie Wellenausbreitung möglich ist. Im nächsten Schritt wird eine endliche Plattenstruktur modelliert, um Stoppbänder in Frequenzgangfunktionen bei realen Randbedingungen auszuwerten. Für alle Konzepte traten Reduktionen von Schwingungsamplituden von bis zu 30 dB im Frequenzbereich zwischen 150 Hz und 200 Hz in den numerischen Simulationen auf. Durch den gezielten Einsatz geeigneter Materialien wird zusätzlich zum Stoppband ein verbessertes Schwingungsverhalten oberhalb des Stoppbandes erreicht.

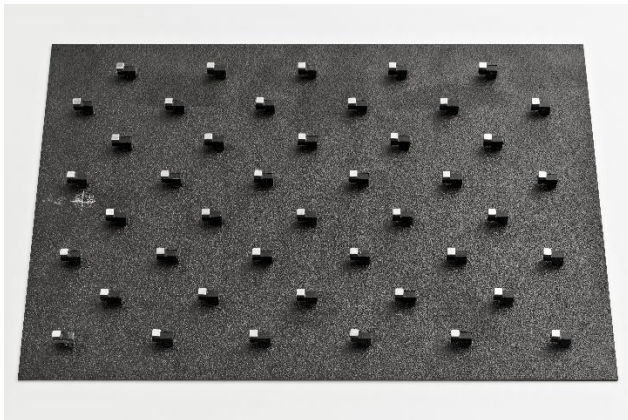
Experimentelle Validierung

Das Schwingungsreduktionsverhalten von vibroakustischen Metamaterialien haben die Darmstädter Forschenden experimentell an planaren Proben untersucht. »Wir haben unser Ziel erreicht, für die drei Konfigurationen wird ein deutlich verbessertes Schwingungsverhalten nach der eingestellten Eigenfrequenz des Resonators beobachtet«, bestätigt Heiko Atzrodt den Projekterfolg.

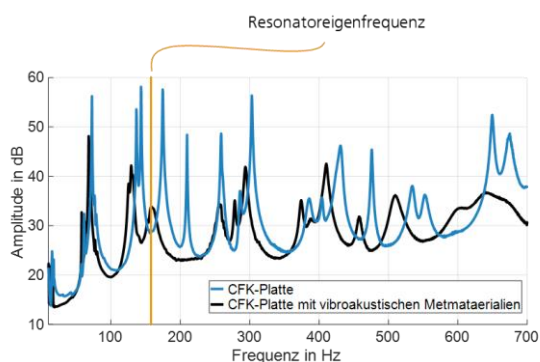
PRESSEINFORMATION

21. September 2021 || Seite 3 | 4

Die experimentelle Umsetzung einer CFK-Probeplatte mit der Anwendung vibroakustischer Metamaterialien-Technologie zeigt ab der Resonatoreigenfrequenz von rund 150 Hz ein deutlich verbessertes Schwingungsverhalten. Dank der Anwendung eines hochgedämpften Materials für die Resonatoren wird das Schwingungsverhalten auch nach dem Stoppbandbereich optimiert. Die Schwingungsreduktion beträgt im erwarteten Stoppbandbereich bis 25 dB und im höheren Frequenzbereich (ab circa 250 Hz) bis 15 dB.



Die individuell konfigurierten vibroakustischen Metamaterialien aus dem Fraunhofer LBF bewirken ein deutlich verbessertes Schwingungsverhalten und sind vielseitig einsetzbar. Foto: Fraunhofer LBF, Ursula Raapke



Vorteilhafte Hybridlösung zur Schwingungsreduzierung in Raumfahrtanwendungen: Stoppband für schmalen Frequenzbereich und sehr gutes Dämpfungsverhalten oberhalb des Stoppbandes. Grafik: Fraunhofer LBF

Pressefotos zur kostenfreien Nutzung unter Quellenangabe.

PRESSEINFORMATION21. September 2021 || Seite 4 | 4

Das **Fraunhofer LBF** in Darmstadt steht seit über 80 Jahren für **Sicherheit und Zuverlässigkeit von Leichtbaustrukturen**. Mit seinen Kompetenzen auf den Gebieten Betriebsfestigkeit, Systemzuverlässigkeit, Schwingungstechnik und Polymertechnik bietet das Institut heute Lösungen für drei der wichtigsten Querschnittsthemen der Zukunft: Systemleichtbau, Funktionsintegration und cyberphysische maschinenbauliche Systeme. Im Fokus stehen dabei Lösungen für gesellschaftliche Herausforderungen wie Ressourceneffizienz und Emissionsreduktion sowie Future Mobility, wie die Elektromobilität und das autonome, vernetzte Fahren. Umfassende Kompetenzen von der Datenerfassung im realen betrieblichen Feldeinsatz über die Datenanalyse und die Dateninterpretation bis hin zur Ableitung von konkreten Maßnahmen zur Auslegung und Verbesserung von Material-, Bauteil- und Systemeigenschaften bilden dafür die Grundlage. Die Auftraggeber kommen u.a. aus dem Automobil- und Nutzfahrzeugbau, der Schienenverkehrstechnik, dem Schiffbau, der Luftfahrt, dem Maschinen- und Anlagenbau, der Energietechnik, der Elektrotechnik, der Medizintechnik sowie der chemischen Industrie. Sie profitieren von ausgewiesener Expertise der gut 400 Mitarbeiter und modernster Technologie auf mehr als 17 900 Quadratmetern Labor- und Versuchsfläche.

Weiterer Ansprechpartner Presseservice:**Peter Steinchen** | PR-Agentur Solar Consulting GmbH, 79110 Freiburg | Telefon +49 761 38 09 68-27 | steinchen@solar-consulting.de**Wissenschaftlicher Kontakt: Dipl.-Ing. Heiko Atzrodt** | Telefon +49 6151 705-349 | heiko.atzrodt@lbf.fraunhofer.de**Daria Manushyna, M.Sc.** | Telefon +49 6151 705-393 | daria.manushyna@lbf.fraunhofer.de
