

---

## Vorwort

Keine Disziplin der angewandten Ingenieurwissenschaften dient so vielen Lebens-, Arbeits-, Wohn- und Freizeitbereichen wie die Akustik. Und kaum eine Maßnahme zum technischen Schallschutz oder zur Behaglichkeit des Menschen kommt ohne geeignete bauliche Maßnahmen in Wänden, Räumen oder Kanälen aus – eine ständige Herausforderung für Forscher, Entwickler und Hersteller. Dieses Buch will den aktuellen Stand von Wissen und Technik in der Akustik für die unterschiedlichsten Anforderungen und Anwendungen darstellen.

Geräuschemissionen sind eine lästige Begleiterscheinung fast aller technischen Errungenschaften des Menschen. Lärmbekämpfung an Maschinen und Anlagen gehört deshalb zu den notwendigen Übeln, denen man sich als Produzent oder Verursacher zu widmen hat. Da Geräuscharmheit aber im Allgemeinen nicht zu den hervorstechenden Qualitätsmerkmalen eines Geräts gehört, verursachen schalltechnische Maßnahmen zwar häufig erhebliche Kosten, bringen jedoch nur selten entsprechenden Mehrerlös. Auch bei der bau- und raumakustischen Gestaltung von Gebäuden sehen Architekten und Bauherren nur selten einen triftigen Grund für planerische Zugeständnisse oder auch nur geringfügigen Mehraufwand für eine gute Akustik. Entsprechend gering ist daher üblicherweise die Wertschätzung derjenigen Ingenieure, die sich um die Minderung des Lärms oder die Erhöhung der akustischen Behaglichkeit bemühen. Man vermutet hier auch kaum Chancen für umwälzende Innovationen oder gar lukrative neue Technologien, die Arbeitsplätze erhalten oder gar schaffen könnten.

Es mag daher verwundern, dass sich seit 1980 eine Abteilung für Technische Akustik und Raumakustik der Fraunhofer-Gesellschaft überwiegend nicht mit öffentlicher, sondern mit industrieller Unterstützung über 25 Jahre aufbauen und finanzieren ließ. Dies wurde möglich, weil man sich nicht damit begnügte, ein akustisches Problem einer wissenschaftlichen Klärung näher zu bringen, durch Analysen und Versuchsreihen eine grundsätzliche Lösung aufzuzeigen, im Labor einen Prototypen auf die Beine zu stellen und beim Patentamt etwas anzumelden, es im Übrigen aber bei eindrucksvollen Veröffentlichungen in der einen oder anderen Form zu belassen, so als wäre es Sache anderer, vielleicht weniger ingeniöser Techniker, die neuen Erkenntnisse als Produkt auf dem Markt praktisch umzusetzen. Nach diesem auch von Akustikern weltweit favorisierten Modell B in Tab. 1 landen leider unzählige Halbfabrikate in Zeitschriften und Büchern, fast wie in einem Museum für unverkäufliche Kunstwerke.

Nützlicher können sich Akustiker für Wirtschaft und Industrie machen, wenn sie ihre Fachkompetenz nach Modell A als diverse Dienstleistungen prüfend, beratend und anderweitig unterstützend bei Bedarf und nach Aufwand dem jeweiligen Marktteilnehmer anzubieten verstehen. Zu einer echten Kooperation zwischen Forschung und Entwicklung kommt es auf diesem Wege aber ebenso wenig wie zur wirklichen Beteiligung an einem Markterfolg. Dagegen favorisierte eine Gruppe von zeitweilig über zwanzig Wissenschaftlern, Ingenieuren und Technikern der Fraunhofer-Gesellschaft das Modell C gemäß Tab. 1. Man griff akute schalltechnische Probleme von erheblicher Relevanz und Tragweite auf und erarbeitete innovative Werkzeuge, Materialien und Konzepte zu ihrer Lösung. Erst mit einem exemplarischen Prototyp und demonstrativen Umsetzungsprojekten suchte man sich passende Industriepartner und schloss mit ihnen oft langfristige Lizenz-, Know-how- und Kooperationsverträge ab, die auch heute noch für beide Seiten Früchte tragen.

Nach dem Modell C sind so inzwischen bereits fünfzehn alternative Faserfreie Absorber nach Abb. 1 bis zur Serienreife entwickelt worden. Die neuartigen Schallabsorber und Schalldämpfer erfüllten offenbar einen dringlichen Bedarf in einem Markt, der überwiegend von Materialien und Bauteilen beherrscht wird, deren Konzeption bereits über 75 Jahre alt ist (s. z. B. die Arbeit von E. Meyer und Mitarbeitern in Kap. 16). Jedenfalls konnte mit deren Hilfe, auch in Zeiten leerer öffentlicher Kassen, einiges zur Bekämpfung der viel beklagten Lärmbelastung des Menschen erreicht und mehr als zehn kleinen und mittleren Unternehmen eine neue oder zusätzliche Operationsbasis geschaffen werden. Einige entwickelten sich als Innovatoren und Problemlöser zu „hidden champions“ in ihrem jeweiligen Marktsegment.

Einer raschen Umsetzung der Innovationen standen allerdings oft Normen und Richtlinien als Abbildung der konventionellen Technologien, aber auch vorherrschende Lehrmeinungen im Weg. Trotzdem gelang eine besonders schnelle Umsetzung in die industrielle Praxis z. B. mit neuartigen, hoch absorbierenden Auskleidungen für Akustikprüfstände in den Forschungs- und Entwicklungslabors vieler Automobilhersteller und -zulieferer. Das kam nicht überraschend – arbeiten doch hier bei Weitem die meisten Akustiker, und zwar unter größter Wertschätzung des Managements, weil Lärminderung und akustischer Komfort (auch unter dem Begriff „sound design“) in der Kraftfahrzeugbranche tatsächlich einen sehr hohen Stellenwert besitzen.

Die 4. Auflage fasst die Erfahrungen des Autors aus 50 Jahren Forschung, Lehre und Beratung in der angewandten Akustik zusammen. Leitmotiv ist dabei weiterhin die Innovation bei der Lösung allgegenwärtiger praktischer Probleme. Aber nur solche Ideen werden hier propagiert, für die nicht nur eine Realisierung unter Laborbedingungen gelang, sondern eine vorteilhafte Umsetzung in konkreten Projekten. Auch werden nur solche Akustikelemente beschrieben, die es (oft mit Schutzrechten ausgestattet) zu marktgerechten Produkten geschafft haben. Wissenschaftliche Grundlagen werden nur so weit behandelt, wie sie für „funktionell-ergonomisch“ denkende Anwender und „rationell-ökonomisch“ handelnde Umsetzer unverzichtbar sind, um mit den neuen Erkenntnissen, Konzepten, Maßnahmen und Bauteilen in der rauen Praxis erfolgreich sein zu können.

Unter dem neuen Titel wurde der Schwerpunkt dieses Buchs von den Schallabsorbern und Schalldämpfern noch weiter zu deren Anwendung in der Raumakustik und beim

Schallschutz verschoben. Dabei ist aber die Substanz der ersten zehn Kapitel als quasi unentbehrlicher Werkzeugkasten erhalten geblieben und wiederum dem aktuellen Stand des Wissens und der Technik angepasst worden. Gegenüber der 3. Auflage wurde in Kap. 11 die raumakustische Qualität größerer Säle, besonders im Hinblick auf die Klarheit von Musik und Sprache, ausführlicher behandelt. Zur Minderung der in kleineren Räumen durch ihre Nutzer selbst erzeugten Schallpegel werden in Kap. 10 und 14 auch neuere, nachhaltig wirksame bauliche Maßnahmen beschrieben. Ihre relativ einfache und preiswerte Installation z. B. nur in den Raumkanten hat sich aus der ehrenamtlichen Arbeit der vergangenen zehn Jahre in diversen Bildungseinrichtungen (Kitas, Schulen, Hochschulen) entwickelt. Diese startete zunächst unter dem Dach des SOS-Kinderdorfs. Seine zukünftigen Aktivitäten sieht der Autor v. a. in der von ihm und Prof. X. Zha gegründeten eigenständigen, als gemeinnützig anerkannten Stiftung Casa Acustica für besseres Hören, Verstehen, Lernen, Kommunizieren und Musizieren ([www.casa-acustica.de](http://www.casa-acustica.de)), die den Themen Raumakustik und Schallschutz gewidmet ist. Hier soll zum Tragen kommen, wozu auch ein längeres ergebnisreiches Forscherleben allein nicht ausreicht.

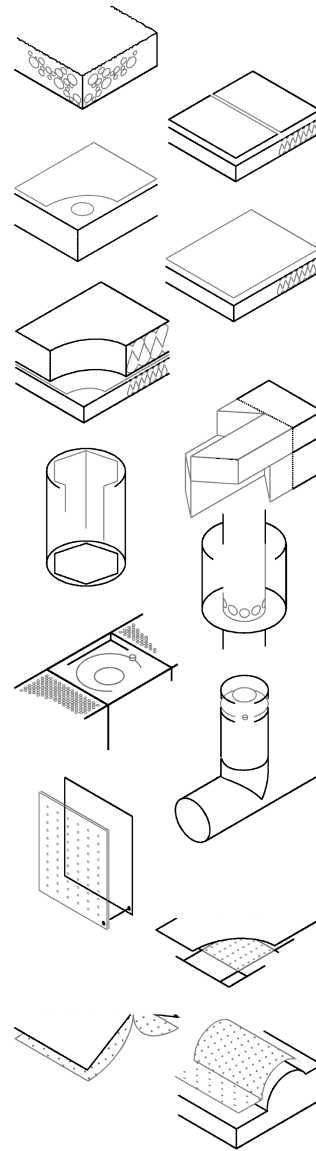
Diese Monografie lebt von der Überzeugung des Autors, dass ein Forscher in einer so anwendungsbezogenen Disziplin wie der technischen Akustik erst am Ziel seines Strebens ist, wenn er akute Probleme erkannt, neuartige Lösungen entwickelt und diese unter Marktbedingungen in die Praxis umgesetzt hat. Die Produktinnovationen aus seiner langjährigen Tätigkeit in drei sehr unterschiedlichen Forschungseinrichtungen und als Freischaffender hat der Autor in zahlreichen Veröffentlichungen in diversen Fachzeitschriften wie in Tagebuchblättern festgehalten (s. <http://publica.fraunhofer.de/ibp/Fuchs.htm>). Sein erstmals 2004 publiziertes Buch erschien, jeweils dem aktuellen Stand der Erkenntnisse angepasst, auch 2007 und 2010 auf Deutsch und 2012 auf Chinesisch. Die englische Version von 2013 enthielt bereits einen erweiterten Schwerpunkt zur raumakustischen Behandlung kleinerer Räume. Das vorliegende Werk ergänzt die vertiefenden Arbeiten der letzten drei Jahre zur Raumakustik kleinerer und größerer Räume.

Dem im Nachwort zur 2. Auflage begründeten Konzept eines „work in progress“ will auch diese Auflage wieder gerecht werden. Der Autor möchte dem Verlag für die vorbildliche Betreuung dieses Werks bei Konzeption, Satz und Druck danken und seine Leser wiederum auffordern, ihm ihre kritischen Gedanken dazu nicht vorzuenthalten.

Berlin, August 2016


*Helmut Fuchs*

1. Poröses Recycling-Glas
2. Schlitz-Absorber
3. Membran-Absorber
4. Verbundplatten-Resonator
5. Breitband-Kompaktabsorber
6. Asymmetrisch Strukturierter Absorber
7. Eckiger Innenzug
8. Reinigbarer Rohr-Schalldämpfer
9. Aktive Schalldämpfer-Kassette
10. Aktiver Abzweig-Resonator
11. Mikroperforierter Platten-Absorber
12. Mikroperforierte Unterdecke
13. Mikroperforierter Folien-Absorber
14. Mikroperforierte Glas-Verkleidung
15. Mikrogeschlitzte Metall-Platte



**Abb. 1** Alternative Faserfreie Absorber ALFA für die Raumakustik und den Technischen Schallschutz

**Tab. 1** Wege zur Umsetzung von Innovationen aus der Forschung in den Markt mit Industriepartnern über Dienstleistungen (DL) und Lizenz-, Know-how- und Kooperationsverträge (LV)

Phasen	Schritte	Weg A		Weg B		Weg C	
		Fhl	Ind.	Fhl	Ind.	Fhl	Ind.
F & E	1 Problem Lösung	→ DL	① ↓	① ↓		① ↓	
	2 Umsetzung Schutzrecht		② ↓	② ↓		② ↓	
	3 Test Prototyp	→ DL	③ ↓	③ ↓		③	
Erprobung	4 Tauglichkeit Markt	→ DL	④ ↓			→ LV	④ ↓
	5 Haltbarkeit Design		⑤ ↓				⑤ ↓
	6 Demonstration Medien	→ DL	⑥ ↓				⑥ ↓
Vermarktung	7 Menge Preis		⑦ ↓				⑦ ↓
	8 Alternative Wettbewerb		⑧ ↓				⑧ ↓
	9 Kommunikation Kooperation		⑨ ↓				⑨ ↓
	10 Penetration Diversifikation		⑩				⑩

Raum-Akustik und Lärm-Minderung  
Konzepte mit innovativen Schallabsorbern und  
-dämpfern

Fuchs, H.V.

2017, XXXI, 717 S. 565 Abb., 237 Abb. in Farbe.,  
Hardcover

ISBN: 978-3-662-53162-4