

# Leichtbaulösungen im Musikinstrumentenbau

Institut für Musikinstrumentenbau an der TU Dresden

Projektleiter: Michael Sucker, Projektabschluss: Mai 2016

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

Das IGF-Vorhaben 17967 BR der Forschungsvereinigung Forschungsgemeinschaft Musikinstrumente e.V., Brunnenstr. 31, 65191 Wiesbaden wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und –entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Der Bericht ist über die Forschungsgemeinschaft Musikinstrumente e.V., 65191 Wiesbaden, Brunnenstraße 31, verfügbar.

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Zusammenfassung

Die Anwendung von Leichtbaulösungen ist im Musikinstrumentenbau keineswegs ein Novum. Obwohl sie sich bisher nicht wirklich durchsetzen können, trifft man immer wieder auf Versuche, sie in Produkte zu integrieren. Allerdings ist die Zielstellung, und das unterscheidet bisherige Einsätze von diesem Projekt, stets auf eine (oft vermeintliche) Verbesserung der akustischen Eigenschaften ausgerichtet. Bei Streich- und Zupfinstrumenten will man das Verhältnis Steifigkeit zu Masse bei den übertragungsrelevanten Teilen, insbesondere der Decke erhöhen, bei Blasinstrumenten die Schwingungen der Wand eindämmen (oder auch freier ermöglichen). Hierbei kommen vorrangig Faserverbundwerkstoffe in Sandwichkonstruktionen zum Einsatz. Nun sind diese Anwendungen nicht das eigentliche Ziel des Leichtbaus.

**Leichtbau** ist zunächst eine Absichtserklärung aus funktionalen oder ökonomischen Gründen das Gewicht einer Konstruktion zu reduzieren oder zu minimieren, ohne die Tragfähigkeit, die Steifigkeit oder andere Funktionen der Konstruktion zu schmälern oder, was schließlich dasselbe bedeutet: die Tragkonstruktion ohne Gewichtszunahme zu verbessern. Um die Ziele nach dieser Definition zu erreichen, muss man natürlich auch das Verhältnis Steifigkeit zu Masse verbessern, aber eben nicht nur bei den ohnehin schon massearmen, schwingungsrelevanten Teilen.

Nun beschränkt sich die oben angeführte Definition des Leichtbaus ausschließlich auf die Schwere-Eigenschaft der Masse. Wie wir noch sehen werden, hat aber auch die träge Masse einen wesentlichen Einfluss auf die nicht akustischen Eigenschaften bestimmter Musikinstrumente.

Instrument	Masse / kg	Instrument	Masse / kg
Trompete	0,96 ... 1,12	Violine	0,38 ... 0,43
Bassposaune	2,2 ... 2,6	Cello	2,7 ... 3,2
Horn	2,5 ... 2,8	Kontrabass	9,2 ... 11,5
Tenorhorn	2,7 ... 3,4	spanische Gitarre	1,3 ... 2
Tuba	9 ... 11	Westerngitarre	1,7 ... 2,3
Oboe	0,6 ... 0,75	Akk. 96/120 Bass	8 ... 11
Klarinette	0,67 ... 0,77	Fagott	2,8 ... 3,5

Tabelle 1: Massen verschiedener Musikinstrumente

Die Massen der (mobilen) Musikinstrumente bewegen sich zwischen ca. 0,165 kg für die Piccoloflöte über ca. 1 kg für die Trompete bis zu ca. 10 kg für Tuba, Kontrabass und Akkordeon. Beachtet man, dass diese Objekte täglich mehrere Stunden gehalten und bewegt werden müssen, so stellen diese Massen eine nicht zu unterschätzende Größe dar. Wurde dies über Jahrzehnte ignoriert,

so verwendet man z. B. seit ca. 20 Jahren zunehmend entlastende „Tragegeschirre“ in Zusammenhang mit umgehängten Instrumenten wie z. B. Fagott und Akkordeon. Bleiben wir beim Fagott. In der ersten Hälfte der 1990er Jahre verzeichnete man intensive Bemühungen gab, das Fagott durch Gewichtsreduktion „kindertauglicher“ zu machen. Die Lösung lag im Abspecken der Mechanik, im Weglassen bestimmter Details.

Um Gewicht zu reduzieren, muss die Dichte der verwendeten Bauteile (nicht zwingend der Materialien!) reduziert werden. Typisch verwendet man im Musikinstrumentenbau massive oder schichtverleimte Materialien. Wählt man weniger dichte, aber hinsichtlich des Elastizitätsmoduls auch weniger steife Materialien, so muss man dies durch eine veränderte Konstruktion ausgleichen, was u. U. die Masseinsparung aufgrund der geringeren Dichte kompensiert.

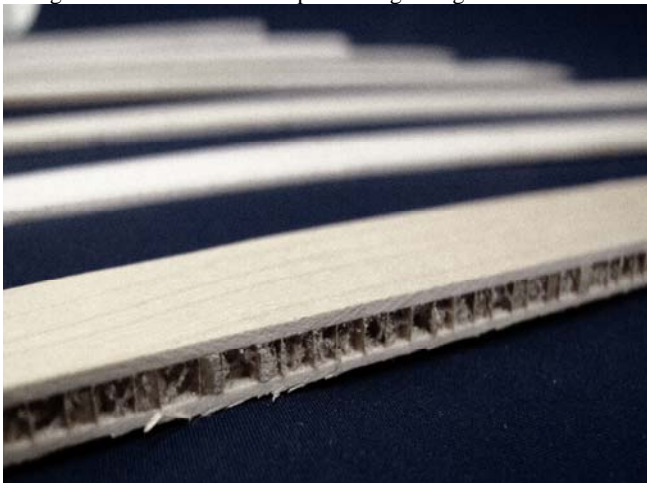
Da die Dimensionen der Instrumente akustisch bedingt sind, liegt die Problematik also darin, weniger dichte, aber immer noch hinreichend steife Strukturen zu schaffen. Die Forderungen hinsichtlich der Steifigkeit kommen dabei aus zwei Richtungen: einmal müssen im Instrument auftretende Kräfte aufgefangen und zum anderen von außen wirkende Kräfte abgehalten werden. Die inneren Kräfte resultieren aus dem Gewicht der Struktur selbst und aus den bei Saiteninstrumenten vorhandenen Saitenzugkräften. Bei den äußeren Kräften wären vorrangig Belastungen durch Anstoßen, Umfallen und Ähnliches zu berücksichtigen. Ein zwar leichtes und steifes Instrument, das aber andererseits bei kleinen, unvermeidlichen Anstößen zersplittert oder Dellen und Risse bekommt, nutzt niemandem.

Es wurde oben auf den bislang nicht beachteten Trägheitseffekt der Masse hingewiesen. Wo liegt hier das Problem im Bereich Musikinstrumente? Neben den akustischen Eigenschaften sind die Spieleigenschaften eines Musikinstrumentes entscheidende, wenn nicht gar die entscheidenden Qualitätsmerkmale. Bei Holzblasinstrumenten ist an dieser Stelle ein wesentlicher Aspekt die Beweglichkeit, die Gängigkeit der Mechanik. Die Eigenschaften der Mechanik hängen einmal von der konstruktiven Gestaltung der Hebelsysteme und damit Hebelverhältnisse ab. Hinzu kommt der Einfluss der vielen notwendigen beweglichen Lagerungen. Beides ist trotz aller kleineren Innovationen seit Jahrzehnten nahezu unverändert geblieben. Wirkliche Veränderungen sind hier schwierig, da sich die Musiker im täglichen vielstündigen Üben an die ergonomisch eigentlich an vielen Stellen ungünstigen Lösungen gewöhnt haben und diese „nicht wirklich missen wollen“. Ein weiterer Aspekt sind die erforderlichen Rückstellfedern. Sie müssen so ausgelegt sein, dass die Klappe hinreichend schnell beim Loslassen zurückgestellt wird. Neben dem Ankämpfen gegen Reibungskräfte muss die Feder in erster Linie die Masse des jeweiligen Hebelsystems hinreichend schnell beschleunigen. Hier werden nun zwei wesentlich die Spiel-

eigenschaften beeinflussende Eigenschaften angesprochen: Die Rückstellkräfte der Federn, gegen die der Musiker bei jeder Mechanikbetätigung ankämpfen muss und die träge Masse der Mechanik-elemente, die er beschleunigen muss. Eine Reduzierung der Mechanikmasse würde hier eine erhebliche Erleichterung, und damit eine deutliche Verbesserung der spieltechnischen Eigenschaften bringen.

Angestrebt wurden im Rahmen des Projektes Lösungen für möglichst viele Instrumententypen. Einerseits benötigt dies deutlich verschiedene Lösungsansätze, andererseits sollte dadurch die Nutzung der prinzipiellen Idee Leichtbau gleichermaßen allen Herstellern zur Verfügung stehen. Die Arbeiten konzentrieren sich zunächst auf die grundsätzlichen Lösungen. Aus diesen resultieren in den meisten Fällen gegenüber dem Ist-Stand deutlich veränderte Technologien. Diese sollen bewusst nicht Gegenstand der Forschungen sein. Es sollten weiterhin ausschließlich verfügbare Elemente der Leichtbautechnik bzw. verfügbare Materialien, aber ggf. neue Kombinationen eingesetzt werden.

Da in Zusammenhang mit Leichtbautechniken nur unvollständige Datensätze angegeben werden, bestand ein wesentlicher Teil der Arbeiten in der Bestimmung der für den Musikinstrumentenbau wichtigen Parameter. So werden z.B. für Kernmaterialien von Wabenstrukturen neben der Dichte nur die Druckfestigkeiten angegeben. Zum Einsatz kamen hier die im IfM bewährten Untersuchungstechniken anhand von speziell angefertigten Probestäben.



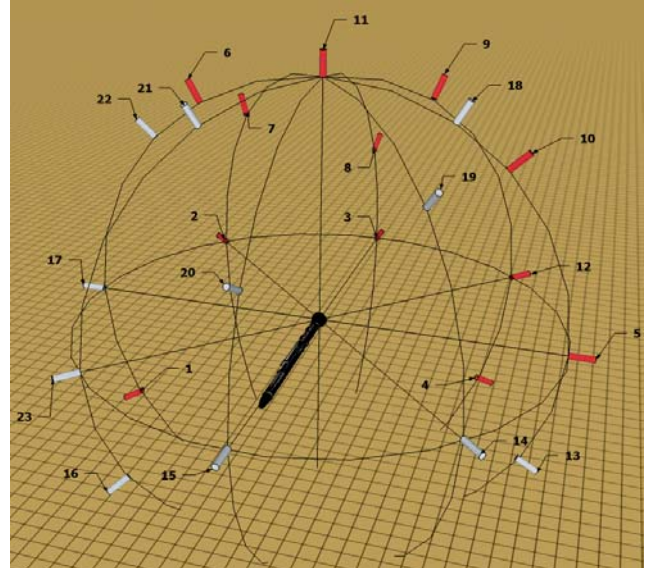
**Abbildung 1: Probestab mit Aramidwabenkern**

Die Elastizitätsmodule der Leichtbaustrukturen bleiben deutlich hinter den bekannten Werten für Tonholz zurück. Ein Einsatz ist daher nur an akustisch nicht relevanten Bauteilen sinnvoll.



**Abbildung 2: Messung der Schallabstrahlung eines Carbon-Versuchsschallstücks**

Im Handel sind heute mittlerweile Metallblasinstrumente aus Carbon und Kunststoff vertreten. Unsere Untersuchungen an den Musterinstrumenten aus Messing, Carbon, Papier und Schaumstoff dienten dazu, die unterschiedlichen Materialien hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit vergleichen zu können. Das Instrument aus Papier (Pappmaché) kann als ein Extremfall für Gewichtsreduktion betrachtet werden.



**Abbildung 3: Anordnung der Mikrofone zur Messung der Schallabstrahlung**

Im Ergebnis des Projektes wurden die Voraussetzungen geschaffen, die Masse von Musikinstrumenten mittels des Einsatzes von Leichtbaulösungen zu reduzieren. Die akustischen Eigenschaften werden dabei nicht negativ beeinflusst. Es wurden Lösungen im Bereich der klassischen Instrumente einschließlich Handzuginstrumente und E-Gitarren gefunden.

Im Bereich der Streich- und Zupfinstrumente betreffen die Lösungen massive Bauteile, nicht die schwingenden Strukturen. Dies betrifft Klötze, Hals oder Solidbodies. Anhand einer aktuellen Problematik bei der Steifigkeit von Gitarrenhälsen konnte eine Leichtbaulösung gefunden werden. Diese ist übertragbar auf andere Streich- und Zupfinstrumente. Da die verwendete Leichtbaustruktur eine relativ hohe Dichte aufweist, ist sie insbesondere als Ersatz für oder in Verbindung mit schweren Tropenhölzern wie Ebenholz einsetzbar.

Bei Akkordeongehäusen und Stimmstöcken hatte eine Entwicklung in Sachen Leichtbau bereits begonnen. Die intensiven Recherchen im Rahmen des Projektes ergaben einen auch wirtschaftlich erfolgsversprechenden Ansatz, die Reduzierung des Balgengewichtes. Im Falle der Holzblasinstrumente wurde der Ansatz einer Materialsubstitution verfolgt. Die relativ hohe Masse einer Klarinettenmechanik aus Neusilber sollte durch einen Hochleistungskunststoff ersetzt werden. Eingehende Untersuchungen von in Frage kommenden Kunststoffen führten zur Wahl eines kohlefaserverstärktem Polyethersulfons. Eine Gewichtsreduzierung der Mechanik von 75% ist hier möglich.