

IfM – Institut für Musikinstrumentenbau e.V.

High-Tech im Musikinstrumentenbau?

Verbundwerkstoffe, modifizierte Hölzer und Sandwichstrukturen

Dipl. Ing. (FH) Holger Schiema

Gibt es überhaupt High-Tech im Musikinstrumentenbau?

- Ist der Klang des Holzes nur Voodoo?
- Welchen Einfluss hat das Material auf den Klang?



Motivation für den Einsatz von High-Tech Materialien im Musikinstrumentenbau

- **Verbot des Handels mit bestimmten Hölzern (CITES-Liste)
Bsp. Rio-Palisander, Pernambouc, Ebenholz, Tropenhölzer usw.**
- **Suche nach Alternativmaterialien**
- **Gewichtsreduzierung (Dichte)**
- **Steigerung der mechanischen Kennwerte (Festigkeit, E-Modul)**
- **Erhöhung der Langzeitstabilität**
- **Schutz vor dem Befall von Schimmelpilz und Schädlingen**
- **Senkung der Material und Herstellungskosten**
- **effektivere Fertigung mittels moderner Technologien (Pressverfahren, Extrusion, Spritzguss, CNC-Bearbeitung)**

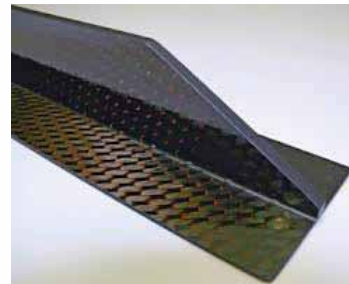
Übersicht der verschiedenen Technologien

Thermische Modifikation von Holz	Verbundwerkstoffe	Sandwichstrukturen
-------------------------------------	-------------------	--------------------

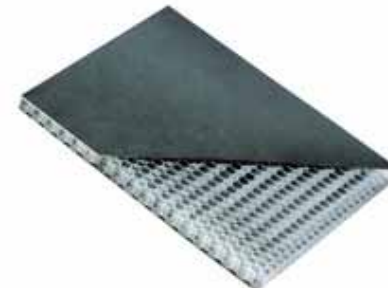
- Heißluft, Wasserdampf bzw. Inertgasbehandlung
- Einbringen von Wachsen und Ölen



- Faserverbundwerkstoffe
- Lamine
- Strukturverbundwerkstoffe



- Vollkern- und Schaumkernstrukturen
- Textil- bzw. Drahtkernstrukturen
- Wellkernstrukturen
- Wabenkernstrukturen

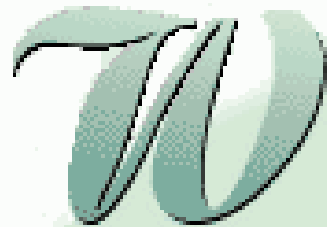


„Thermischer Modifikation von Holz“ Was ist darunter zu verstehen?

1. **Behandlung von Holz bei ca. 100 – 300°C in einer geschlossenen Anlage unter Gasatmosphäre (Luft, Wasserdampf bzw. Inertgas)**
2. **Einbringung von Wachsen und Ölen ins Holz unter Druck und erhöhter Temperatur**
 - der gesamte Querschnitt des Holzes wird erhitzt
 - Verfahren unterscheiden sich im wärmeübertragenden Medium und der Temperatur und dem Druck

Ziel:

- Stabilisierung des Holzes gegenüber Feuchte
- Veränderung der physikalischen und mechanischen Eigenschaften
- Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen Schädlinge und Mikroorganismen



Wie verändert sich das Holz?

Dunklere Farbe

Härtere Oberflächen

Geringere Riss-Gefahr
0-50 %

Geringere
Schimmelbildung

Veränderungen der
Biegefestigkeit
-15 bis +20 %

Bessere Wetterfestigkeit

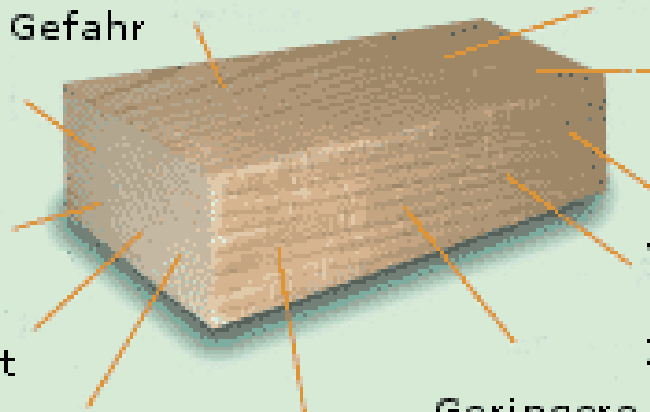
Verbesserte
Wetterbeständigkeit

Verbesserte
Fäulnisbeständigkeit,
je nach Behandlungsstufe

Ausgleichsfeuchte 10-60 %
geringer als bei
unbehandeltem Holz

Geringere Feuchtaufnahme

Geringere Formveränderung
bei Feuchte, 30-90 % besser als
unbehandelt



Historische Entwicklung

- gezielte Modifikation bereits in den 20er Jahren des letzten Jahrhunderts
- erste technische Umsetzung der thermischen Vergütung in den 30er und 40er Jahren (Stamm und Hansen)
- Patent: „Staybwood“ (Holz durchläuft flüssiges Metall oder Salzschmelze bei 260°C bis 315 °C)
- 1934 belgisches Patent „Künstliche Überalterung von Holz“ bei 170°C
- 1950 franz. und dt. Patent „Verfahren zur Behandlung von Holz unter Einwirkung von Wasserdampf, Druck und Temperatur“
- 1973 Feuchte-Wärme-Druck-Verfahren von Burmester
- 70er Jahre Plato-Verfahren, dreistufiger Prozess

Übersicht der derzeitigen Modifizierungsverfahren

Verfahren	Wärmeübertrager	Temperatur-Bereich	Druck	Bemerkung
Wasserdampf	Wasserdampf	150 bis 250 °C	Luftdruck	z. Bsp. Thermowood
Inertgas	Inertgas (Stickstoff) Wasserdampf	150 bis 260°C	hoher Druck (3-15bar)	Feuchte/Wärme/ Druck-Behandlung
Plato	Wasserdampf Wasser	160 bis 200°C	hoher Druck (8-10bar)	mehrstufiges Verfahren
Öl-Hitze	Pflanzenöl	180 bis 220°C	Luftdruck	z. Bsp. Menzholz
Wachstränkung	(PE-)Wachse	um 200°C	Luftdruck	z. Bsp. WaxWood

Beispiele für moderne „Thermoholanlagen“



Anlage der Firma: WTT (Dänemark)

- Dampfdruckverfahren (10 - 14 bar)
- Bearbeitungstemperatur (140°C - 210°C)



Anlage der Firma: Mühlböck (Österreich)
mehrstufiges Verfahren

- Dämpfkammer
- Erwärmungsstrecke bis 220°C

Beispiele für den Einsatz thermisch modifizierter Hölzer im Musikinstrumentenbau

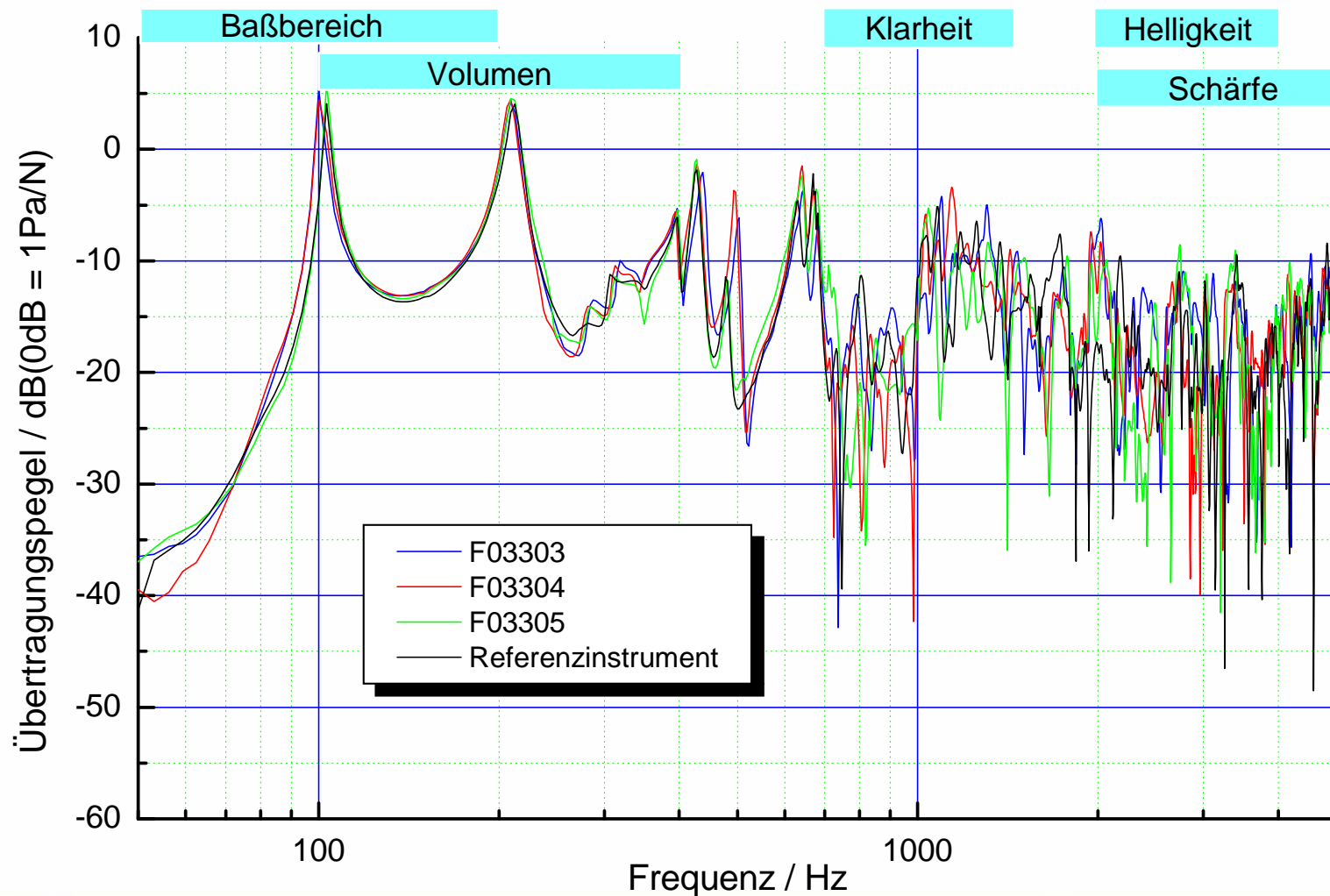


- Gitarre mit unbehandelter Fichtendecke links
- Gitarre mit Thermoholzdecke rechts im Bild



- Mundharmonika mit thermisch modifiziertem Holz

Objektive Beurteilung von Gitarren mit Thermoholzdecke



Merkmalswerte der Mustergitarren

Instrument	Merkmalswerte					
	Hz	dB				
	f_1	L_3	Bassbereich	Klarheit	Helligkeit	Lautstärke
Werte sollen sein:	niedrig	hoch	hoch	hoch	hoch	hoch
F03303 (Thermoholzdecke)	100	-2,1	-7,4	-12,3	-14,8	-12,5
F03304 (Thermoholzdecke)	100	-1,3	-7,2	-10,8	-16,1	-12,6
F03305 (Thermoholzdecke)	103,1	-0,9	-7,4	-12,6	-15,7	-12,8
Referenzinstrument	103,1	-1,8	-8,4	-12	-16,5	-13,2

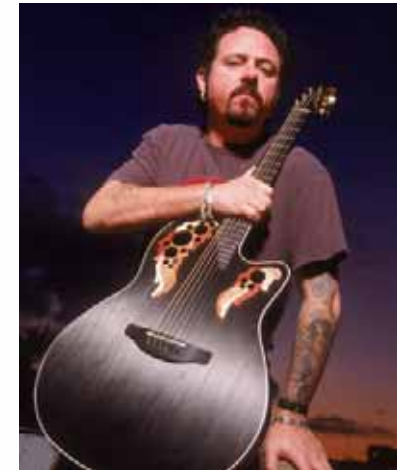
F 03303 und F 03304 = besser als Referenzinstrument; F 03305 = gleichgut

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse an Thermoholz

Bewertungsgruppe	Eigenschaft	Bewertung
Akustisch relevante Werkstoffeigenschaften	Dichte	unbedenklich
	Dynamischer E-Modul	
	Lucchi-E-Modul	
	Schallausbreitung	günstig
	Dämpfung	
Technologische Eigenschaften	Härte	unbedenklich
	Schlagzähigkeit	mindernd
	Klebfestigkeit	unbedenklich
	Lackierbarkeit	
	Spanbarkeit	
	Schweißbeständigkeit	unbedenklich
Fertiginstrument	Aussehen	unbedenklich, günstig
	Subjektiver Spieltest	unbedenklich
	Objektiver Spieltest	unbedenklich, günstig

Verbundwerkstoffe im Musikinstrumentenbau

- die Firma Ovation entwickelte 1964 eine Gitarre mit gewölbten Korpus aus spez. Faser-Kunststoff-Verbundmaterial und Holzdecke
- derzeitiges Modell „Adamas“ besitzt eine Decke in Sandwichbauweise aus CFK und Birkenfurnier (Stärke nur 1 mm)
- viele namhafte Musiker spielen Ovation-Gitarren (Steve Lukather, Melissa Etheridge, Al Di Meola und weitere



Quelle: Ovation

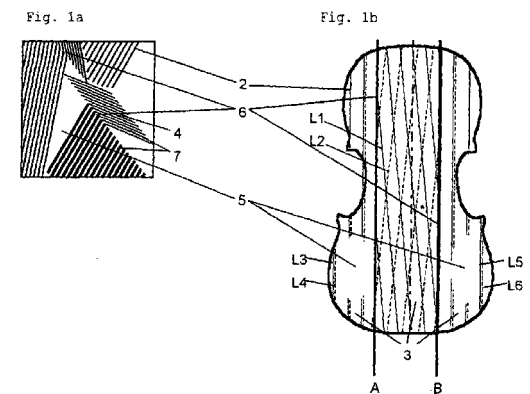


weitere Verbundwerkstoffe im Musikinstrumentenbau

- **1995 vollsynthetisches Saxophonblatt der Firma Hartmann und Hahn GmbH**
 - Material mit der Bezeichnung „HFC“ (Hollowfiber Foamresin Compound)
 - Material ersetzt Förderkanäle durch Hohlfasern und die Zellstruktur durch schäumbare Harze (ähnliche Eigenschaften wie Rohrholz)
- **1997 Patent von Harry Hartmann und Dieter Hahn (Aufbau von Resonanzkörpern aus Faserverbundwerkstoffen)**
 - einzelne Faserstränge aus Hohlfasern
 - durch unterschiedliche Anordnung und Materialkombinationen lassen sich die akustischen Eigenschaften gezielt beeinflussen
- **2001 Patent von Martin Schleske (Aufbau einer Resonanzplatte in Faserverbundbauweise)**
 - er orientiert sich an der Anisotropie des Holzes



Quelle: www.saxophon-service.de



Quelle: Patentschrift M.Schleske EP 1 182 642 B1

Carbonfaser - Verbundwerkstoff im Musikinstrumentenbau



Vario Trompete aus Carbon

- Unterdrückung energiezehrender Wandschwingungen
- orts- und richtungsabhängige gezielte Versteifungselemente
- dem Instrument wird eine leichte Spielbarkeit nachgesagt

Quelle: www.dacarbo.ch

Carbon-Violine der Firma mezzo-forte

Quelle: www.mezzo-forte.de



Alternativmaterial für Pernambuco-Holz

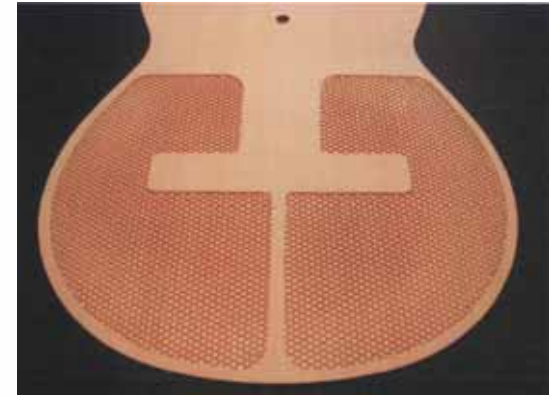
- für Pernambuco Holz existieren Handelsbeschränkungen
- das geringe Gewicht und die bleibende Vorspannung können nicht ohne weiteres auf andere Hölzer übertragen werden
- Ersatz bietet Carbon
- die Bögen sind sehr leicht und gut spielbar
- Nachteil: sehr aufwendige Fertigung, relativ hoher Preis (1,5 T€ bis 4 T€)



Quelle: www.arcus-bow.de

Sandwichbauweise im Gitarrenbau

- Prinzip der mit Aramidwaben laminierten Decke wurde ca. 1990 von Matthias Damann und Gernot Wagner für die Decken von Konzertgitarren entwickelt
- Sandwichbauweise wird mittlerweile erfolgreich weltweit im Konzertgitarrenbau eingesetzt
- der Dynamikumfang des Instruments und die abgestrahlte Schallenergie sind nach Ansicht der Musiker höher



Quelle: www.ochs-gitarrenbau.de

Violine mit Sandwichdecke

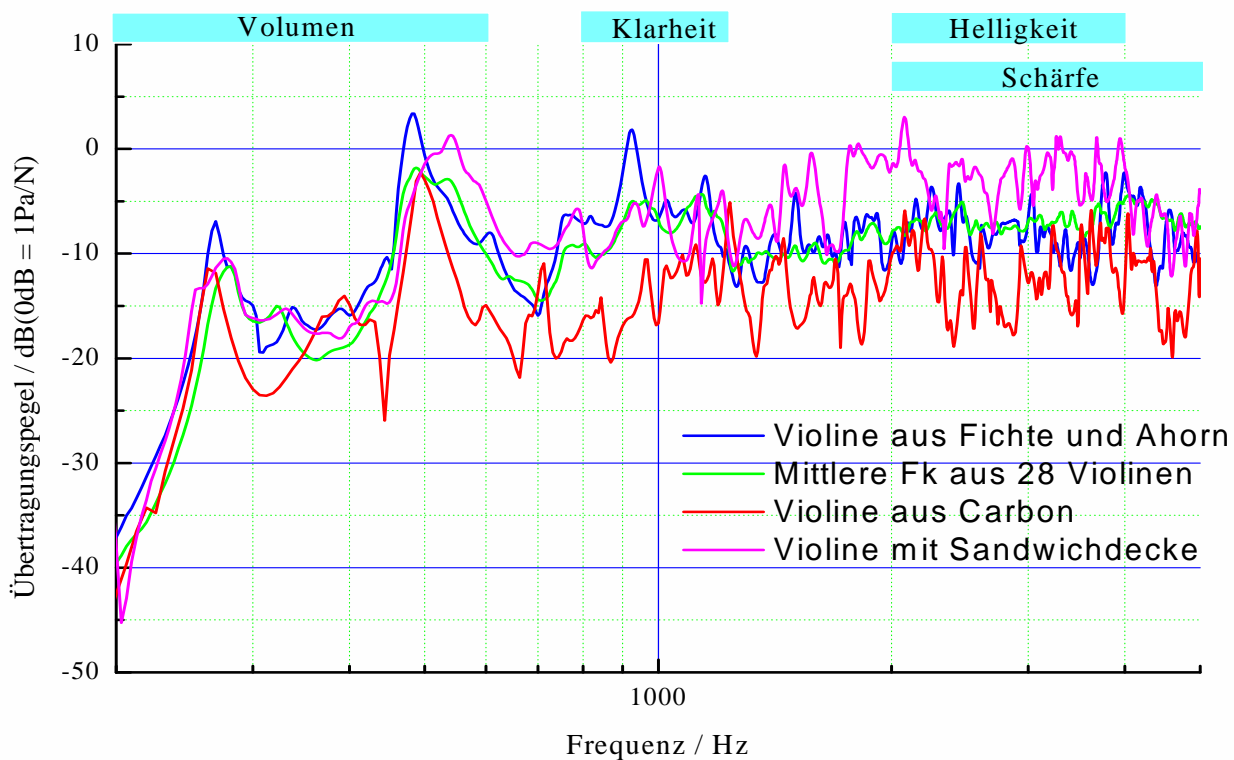
- **Violine R. König 2006**
- **Decke aus Deckschichten Fichte und Aramidwabenkern**
- **in der Mitte ca. 3 mm nach außen auslaufend**
- **Gesamtgewicht der Violine konnte um ca. 20% reduziert werden**
- **insgesamt um ca. 3 dB lauter als Vergleichsinstrumente in traditioneller Bauweise**

Testmuster Projektarbeit FH Zwickau



Akustische Eigenschaften im Vergleich (Bsp. Violine)

- Abstimmung der ersten Resonanzen orientieren sich an bekannten Modellen
- starke Resonanzen im nasalen Bereich



Bewertung anhand von Merkmalswerten

Instrument	Merkmalswerte					
	Hz Helmholz- resonanz	dL Ausg (Ausgeglichenheit)	dB dLs (Schärfe)	dLn (Nasalität)	dLa (Klarheit)	Lges (Lautstärke)
Werte sollen sein:	niedrig	niedrig	hoch	hoch	hoch	hoch
Mittlere Werte über 28 Referenzgeigen	276	1,6	-0,34	1,86	-31,4	24,6
Violine aus Fichte und Ahorn	268	0,9	0,1	2	-29,1	24,7
Violine aus Carbon	247	1,7	5,8	0,1	-31,4	20,2
Violine mit Sandwichdecke	278	4,0	4,5	-0,1	-35,1	28,2

Fazit:

Thermische Modifikation von Holz	Verbundwerkstoffe	Sandwichstrukturen
<ul style="list-style-type: none">• aus akustischer Sicht im Musikinstrumentenbau einsetzbar• stellen eine Alternative zu teurem Klangholz dar• interessant für Restaurationen• stehen dem Instrumentenbauer schneller zur Verfügung als langjährig abgelagertes Klangholz	<ul style="list-style-type: none">• neue Gestaltungsmöglichkeiten• höhere mech. Kennwerte• Abstimmung der Resonanzen nicht unproblematisch• bei guter Konstruktion durchaus verwendbar• Marktakzeptanz noch nicht eindeutig positiv• Herstellungskosten sind im Vergleich zum Nutzen zu hoch	<ul style="list-style-type: none">• im Gitarrenbau schon viele Jahre angewandt und akzeptiert• gute akustische Eigenschaften• deutliche Gewichtsreduzierung• Instrumente sind lauter und sprechen besser an

Was verbindet diese 3 Stars?

Vanessa Mae



David Garrett



Nigel Kennedy



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !