

# Untersuchungen zur Tauglichkeit von einheimischen Holzarten für die Verwendung im hochwertigen Konzertgitarrenbau – Native Guitars

Mario Zauer<sup>1</sup>, Robert Krüger<sup>1</sup>, Armin Hanika<sup>2</sup>, André Wagenführ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität Dresden, Institut für Naturstofftechnik, Professur für Holztechnik und Faserwerkstofftechnik, 01062 Dresden, E-Mail: mario.zauer@tu-dresden.de

<sup>2</sup> HANIKA Gitarren, 91083 Baiersdorf, E-Mail: info@hanika.de

## Einleitung

Die einzelnen Bauteile von hochwertigen Klassikgitarren bestehen zum großen Teil aus tropischen Holzarten wie z. B. Westindische Zedrele (*Cedrela odorata*): Hals, Ostindischer Palisander (*Dalbergia latifolia*) und Ziricote (*Cordia dodecandra*): Steg, Zargen und Boden sowie Grenadill (*Dalbergia melanoxylon*) und Ebenholz (*Diospyros crassiflora*): Griffbretter. Dies begründet sich speziell in der hohen Steifigkeit, Dimensionsstabilität und den bedeutenden klangrelevanten Materialeigenschaften sowie ausgezeichneten farblichen Nuancen. Darüber hinaus spielt die „traditionelle Anwendung“ eine besondere Rolle. Weiterhin werden als Deckenmaterial Fichte (*Picea abies*) und Zeder (*Thuja plicata*) verwendet. Für die Erzielung geeigneter Eigenschaften für den Musikinstrumentenbau im Premiumbereich, insbesondere einer hohen Resonanzgüte, hohen Dimensionsstabilität sowie reduzierte Wachstums- und Schrumpfspannungen, werden die verwendeten Hölzer zum Teil über mehrere Jahre gelagert, um das Holz natürlich altern zu lassen. Während dieser Lagerungszeiten erfolgen natürliche Umwandlungs- und Abbauprozesse an den chemischen Holzzellwandbestandteilen, was zu den erwähnten Eigenschaftsänderungen führt.

Im Vergleich zu einheimischen Holzarten sind Tropenhölzer zunächst um ein vielfaches teurer. Außerdem hat sich die Verfügbarkeit entsprechend qualitativ hochwertiger Sortimente für den Musikinstrumentenbau in letzter Zeit deutlich reduziert. Darüber hinaus sind beispielsweise alle oben aufgeführten Tropenhölzer aufgrund anhaltender Ausbeutung bereits auf der Roten Liste der Weltnaturschutzunion IUCN (International Union for Conservation of Nature Resources) als gefährdet bis stark gefährdet eingestuft. Seit Januar 2017 sind sämtliche *Dalbergia*-Arten in den CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) Anhang II eingestuft. Das bedeutet, diese Holzarten (inklusive der daraus hergestellten Produkte) sind nur noch eingeschränkt und mit beträchtlichen Auflagen sowie strengen Kontrollen handelbar. Daraus entstand ein enormer bürokratischer Aufwand für den Musikinstrumentenbauer sowie eine Verknappung des bisher verwendeten Materials. Perspektivisch ist davon auszugehen, dass weitere tropische Holzarten (z. B. sämtliche *Diospyros*-Arten), gemäß den CITES Richtlinien, beschränkt handelbar eingestuft werden.

Überdies wird im Sinne der Nachhaltigkeit sowie aus ökologischen Gründen oft die Anwendung tropischer Holzarten energisch diskutiert und kritisiert. Immer mehr Auftraggeber fragen Musikinstrumente aus nachweislich

tropenholzfreier Verarbeitung nach. Allerdings werden einheimische Holzarten den hohen Anforderungen im hochwertigen Musikinstrumentenbau hinsichtlich des Materialverhaltens häufig nicht gerecht [1]. Infolgedessen befinden sich seit einigen Jahren Verbundwerkstoffe als Alternativmaterial auf dem Markt, welche beispielweise auf Basis von Holz furnier, Papier und Cellulosefasern, als Trägermaterial, in Kombination mit duroplastischen Kunststoffen (z. B. Phenol-Formaldehyd-Harz), als Matrixmaterial, gefertigt werden. Allerdings verlieren diese Materialien durch die chemische Komponente ihren natürlichen (Haptik und Optik) sowie ökologischen Charakter.

Die Thermische Modifikation von Holz bietet eine Möglichkeit, die Eigenschaften von Holz auf physikalischem Wege zu verbessern. Die einzelnen Verfahren zur thermischen Modifikation unterscheiden sich hauptsächlich in der Atmosphäre in der Behandlungskammer (z. B. Wasserdampf, Stickstoff, Unter- sowie Überdruck) und erfolgen üblicherweise bei Temperaturen zwischen 180 °C und 220 °C über mehrere Stunden. Während der thermischen Behandlung ereignen sich Umwandlungs- / Abbauprozesse an den chemischen Holzzellwandbestandteilen [2]. Dies führt zu Eigenschaften, die vergleichbar sind mit natürlich gealtertem Holz. Ursprünglich bezweckte diese Verfahrensweise die Erhöhung der biologischen Dauerhaftigkeit für Außenanwendungen, was bereits mehrfach bestätigt werden konnte [3]. Einige Studien konnten ergänzend nachweisen, dass eine gezielte thermische Modifikation zur Verbesserung der bedeutsamen Eigenschaften für den „sensiblen“ Musikinstrumentenbereich beitragen kann [4, 5, 6, 7].

Ziel der Untersuchungen war es, die Tauglichkeit ausgewählter einheimischer Holzarten für den Einsatz im hochwertigen Klassikgitarrenbau zu testen bzw. mithilfe einer speziellen thermischen Behandlung zu verbessern. Dazu wurden die entsprechenden Eigenschaften denen von üblicherweise angewendeten tropischen Holzarten sowie eines Papier-Kunststoff-Verbundes vergleichend gegenübergestellt. Letztendlich wurden Klassikgitarren gefertigt und deren Akustik sowie Beispielbarkeit bauteilspezifisch bewertet und gegenübergestellt. Das vorliegende Manuskript beschreibt die Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung am Beispiel des Gitarrensteges und Gitarrengriffbrettes.

## Material und Methoden

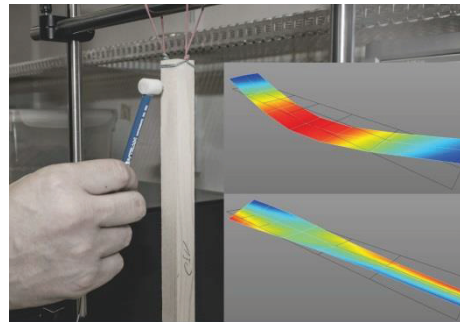
Untersucht wurden üblicherweise verwendete Tropenhölzer: Ostindischer Palisander, Ziricote, Ebenholz und Grenadill.

Zusätzlich wurde ein Verbundwerkstoff aus Papier und Phenolformaldehydharz (Richlite®) getestet, welcher am Markt angeboten wird und für einige Gitarrenbauer als Ebenholzersatz interessant erscheint. Als Tropenholzersatz wurde Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.) und Pflaume (*Prunus domestica* L.) unbehandelt und thermisch modifiziert (TM) ausgewählt. Zur TM [8] wurde das vorgetrocknete Holz in eine thermisch stabile Folie luftdicht eingeschlossen. Anschließend wurden die versiegelten Holzpackungen vakuumiert und in einen speziellen Vergütungssofen überführt. Die TM erfolgte bei 180 °C während 4 h. Die Aufheiz- und Abkühlrate betrug 5 K/h.

Die Tests beinhalteten zum einen zerstörungsfreie Prüfungen mithilfe der experimentellen Modalanalyse. Eine detaillierte Beschreibung zur Durchführung (Abb. 1) dazu sowie zur Berechnung der Kennwerte ist in Sproßmann et al. [9] zu finden. Zum anderen erfolgten zerstörende Prüfungen mithilfe von 3-Punkt-Biegeversuchen (DIN 52186) sowie Härteprüfungen nach Brinell (HB) (DIN EN 1534). Die Prüfungen erfolgten jeweils im klimatisierten Zustand der Proben bei 20 °C und 65 % relative Luftfeuchte. Alle Prüfserien umfassten einen Probenumfang von 10 Proben.

Basierend aus den Materialuntersuchungen wurden Klassikgitarren gebaut, die teils mit den üblicherweise verwendeten Holzarten: Ostindischer Palisander (Steg, Zargen, Boden), Westindische Zedrele (Hals), Fichte (Decke) und Ebenholz (Griffbrett) gefertigt wurden (Referenzgitarren). Demgegenüber wurden Gitarren hergestellt, in denen jeweils das Griffbrett und der Steg aus unbehandelter sowie TM Robinie und Pflaume bestanden (Testgitarren). Hierbei sollte getestet werden, ob die Änderung des Materials eines Gitarrenbauteils einen Einfluss auf das Klangverhalten des Gesamtinstrumentes einnimmt. Dazu wurden Anzupfversuche zur Ermittlung der Ansprache (Attack) und des Ausklingverhaltens (Sustain) der Gitarren, reproduzierbar angezupfter Leersaiten, durchgeführt. Die Prüfungen erfolgten mithilfe einer automatischen Anzupfvorrichtung (Abb. 2).

Weiterhin wurden Spiel- und Hörversuche mit professionellen Gitarristen (Abb. 3) im Blindtest (mit „verbundenem Augen“) durchgeführt. Diese dauerten jeweils maximal 15 min. Die Auswertung erfolgte anhand eines Fragebogens unter dem Fokus: allgemeiner Klangeindruck, Klangfarbe, Klangvolumen, Dynamik, Attack, Sustain, Handhabung und zum Schluss: Optik. Hierbei wurden die Einzelkriterien anhand von Schulnoten von 1 (sehr gut) bis 5 (schlecht) bewertet und für das Gesamturteil gemittelt. Letztendlich wurden die Gesamtnoten der Testgitarren mit den Austauschhölzern, denen der Referenzgitarren gegenübergestellt, wobei die Bewertung: besser, gleichwertig und schlechter möglich waren.



**Abbildung 1:** Modalanalyse zur Charakterisierung der akustischen Eigenschaften des Holzes (Eigenmode, Frequenz, Dämpfung)



**Abbildung 2:** Anzupfversuche mit einer automatischen Vorrichtung zur Ermittlung der Ansprache (Attack) und des Ausklingverhaltens (Sustain) am Beispiel von Klassikgitarren



**Abbildung 3:** Spieltests der Klassikgitarren im Blindtest

## Ergebnisse

Infolge der TM steigen deutlich die mechanischen Eigenschaften (Abb. 4 bis Abb. 6) und sinken die Dämpfungswerte (Abb. 7) von Robinie und Pflaume und weisen vergleichbare sowie zum Teil bessere Eigenschaften gegenüber Palisander auf. Dies könnte äußerst interessant für den Elektro-Gitarrenbau werden, zumal durch die TM das Holz dunkelbraune Farbtöne, ähnlich dem Palisander, erreichte. Im Elektro-Gitarrenbau werden bisher hauptsächlich *Dalbergia*-Arten (Ostindischer Palisander) im

Griffbrett verwendet und ein Substitutionsmaterial dazu ist dringend erforderlich. Es verbessern sich folglich im Zuge der TM deutlich die akustischen Eigenschaften und die Dimensionsstabilität. Dies begründet sich in den Umbau- und Abbauprozessen an den Holzzellwandbestandteilen, insbesondere den Hemicellulosen, wodurch sich die Wasserdampfsorption reduziert, welche maßgeblich die Eigenschaften von Holz bestimmt. Die mechanischen Eigenschaften von Ebenholz können nicht ganz erreicht werden. Auch die Optik von Ebenholz, welche einen zum Teil äußerst wichtigen „psychoakustischen“ Effekt bei hochwertigen Klassikgitarren einnimmt, konnte mit den gewählten Behandlungsparametern nicht erreicht werden. Allgemein weisen die TM Hölzer sehr gute Eigenschaften, auch hinsichtlich der Optik, zur Eignung als Stegmaterial auf, wobei hier Palisander und Zircote substituiert werden könnten. Als negativ ist der anfängliche „rauchige“ Geruch der TM Hölzer zu bewerten. Dieser verschwindet aber nach kurzer Zeit bzw. könnte mithilfe einer nachträglichen Wärmenachbehandlung vorab deutlich reduziert werden.

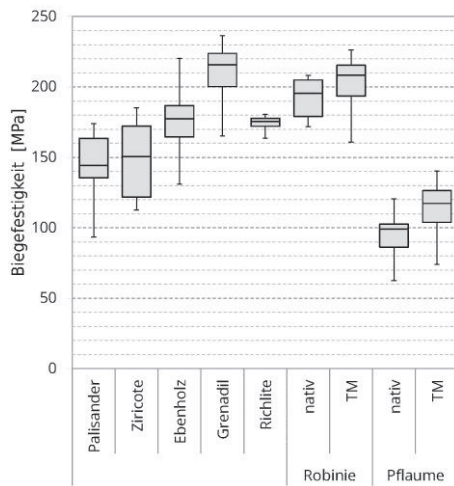


Abbildung 4: Zusammenstellung der Biegefestigkeiten

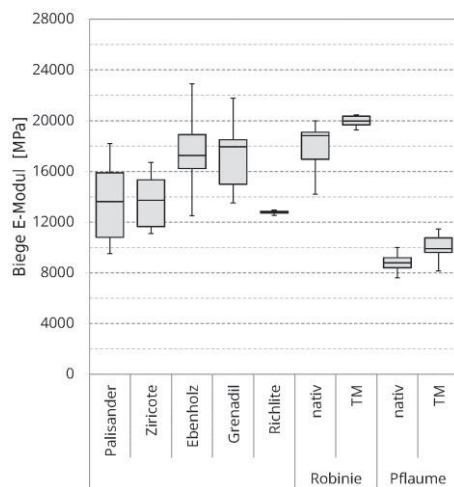


Abbildung 5: Zusammenstellung der Biege-E-Moduln

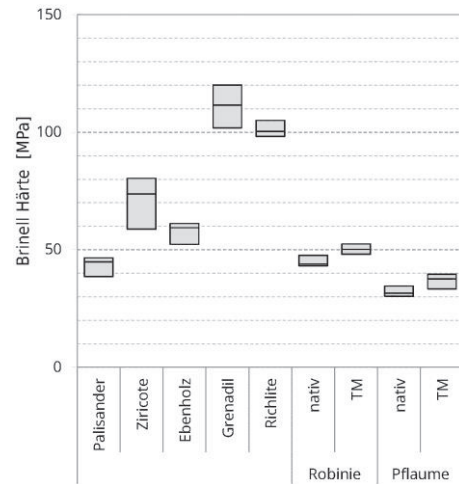


Abbildung 6: Zusammenstellung der Brinell Härten

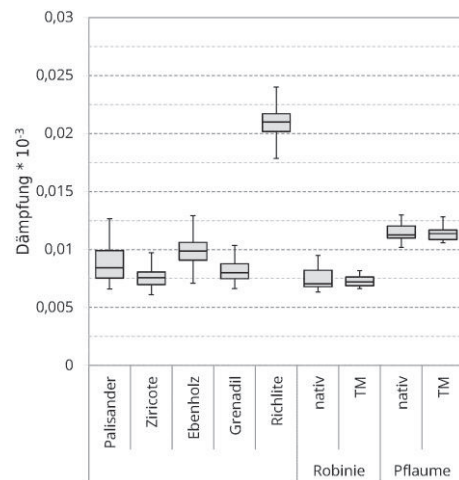


Abbildung 7: Zusammenstellung der Dämpfungswerte

Die Ergebnisse aus den Anzupfversuchen (Beispiel Stegvarianten) zeigen, dass sowohl das Attack (Abb. 8) als auch das Sustain (Abb. 9) der Serien mit modifizierten Hölzern analoge Eigenschaften zu den Serien mit Palisander aufweisen.

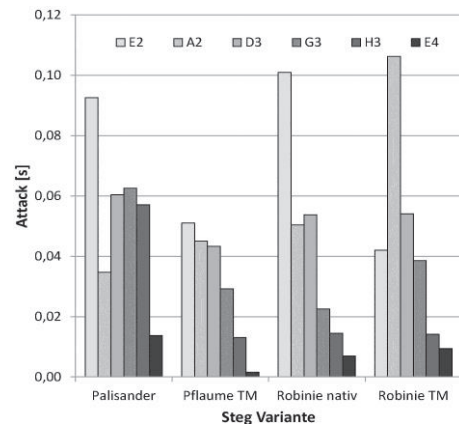


Abbildung 8: Gegenüberstellung der Attack (Serie Steg)



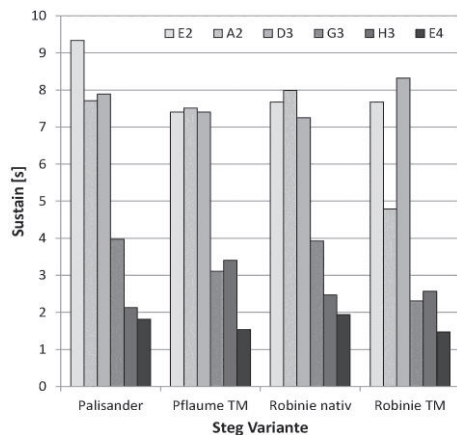


Abbildung 9: Gegenüberstellung des Sustain (Serie Steg)

Die Ergebnisse aus den Spiel- und Hörversuchen (Abb. 10) zeigten eindeutig, dass sowohl unbehandelte als auch TM Robinie und Pflaume für den Einsatz im Griffbrett und Steg hervorragend geeignet sind, um Ebenholz und Palisander zu substituieren. Allerdings wurde sehr oft deutlich, dass die „schwarze Farbe“ bzw. auch der strukturlose Charakter des Ebenholzes im Griffbrett ein wichtiges (wünschenswertes) Kriterium für den jeweiligen Musiker einnimmt. Eine deutlich dunklere Farbe könnte mit deutlich höheren Behandlungstemperaturen über 200 °C erreicht werden, wobei allerdings die mechanischen Eigenschaften, insbesondere Härte, drastisch reduziert werden.

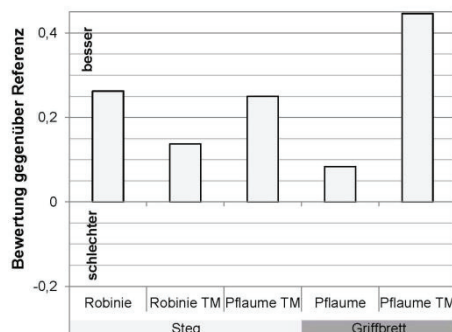


Abbildung 10: Auswertung der Spieltests: Paarvergleich der Testgitarren gegenüber den Referenzgitarren (Gegenüberstellung der gemittelten Schulnoten von 1 bis 5 aus den Einzelkriterien)

## Zusammenfassung

Die Untersuchungen zeigten, dass speziell thermisch modifiziertes (TM) Robinien und Pflaumenholz eine echte Alternative zu Palisander und Ebenholz als Griffbrett und Stegmaterial in hochwertigen Klassikgitarren bieten. Vielfach am Markt angebotene Faser-Kunststoff-Verbunde sind nur bedingt zu empfehlen. Im Ergebnis des gesamten Forschungsvorhabens wurden von der Firma HANIKA (Baiersdorf) neue „NATIVE GUITARS“ und somit CITES freie Modelle entwickelt (Abb. 11), die u.a. aus TM Kirsche (Halsmaterial), TM Elsbeere und TM Ahorn (Boden und Zarge, Halsverstärkung), TM Pflaume (Griffbrett, Steg) und TM Fichte (Decke) bestehen.



Abbildung 11: Neuentwickelte Gitarrenmodelle mit thermisch modifizierten einheimischen Holzarten: NATIVE GUITARS

## Danksagung

Die Untersuchungen und Entwicklungsarbeiten erfolgten im Rahmen eines ZIM Kooperationsprojektes (16KN035324 bzw. 16KN035325), welches durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert wurde. Die Autoren bedanken sich an dieser Stelle.

## Literatur

- [1] Wegst U (2006) Wood for Sound, Am. J. Bot. DOI: 10.3732/ajb.93.10.1439
- [2] Fengel D, Wegener G (2003) Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reaction. Verlag Kessel, München
- [3] Hill CAS (2006) Wood modification: chemical, thermal and other processes. Wiley, Chinchester
- [4] Kubojima Y, Okano T, Ohta M (1998) Vibrational properties of Sitka spruce heat-treated in nitrogen gas. J. Wood Sci. 44:73-77
- [5] Pfriem A (2006) Untersuchungen zum Materialverhalten thermisch modifizierter Hölzer für deren Verwendung im Musikinstrumentenbau. Diss., Techn. Univ. Dresden
- [6] Mohebbi B, Yaghoubi K, Roohnia M (2007) Acoustic Properties of Hydrothermally Modified Mulberry (*Morus alba* L.) wood. Proc. Of the Third European Conf. on Wood Modification, Cardiff, S. 283-286
- [7] Zauer M, Kowalewski A, Sproßmann R, Stonjek H, Wagenführ A (2016) Thermal modification of European beech at relatively mild temperatures for the use in electric bass guitars. Eur. J. Wood Prod. DOI: 10.1007/s00107-015-0973-2
- [8] Zauer M, Sproßmann R (2016) Verfahren zur Herstellung von Tonholz. Deutsches Patent, DE102014214047
- [9] Sproßmann R, Zauer M, Wagenführ A (2017) Characterization of acoustic and me-mechanical properties of common tropical woods used in classical guitars. Results in Physics 7:1737-1742