

Anmelder: Marcus Gulich
Unser Zeichen: BER62636

20. Juli 2022

5

Verwendung eines pyrolysierten Bambusmaterials zur Herstellung eines Saiteninstrumentenbauteils

Technisches Gebiet

10 Die Erfindung betrifft ein Saiteninstrumentenbauteil, wobei dieses
Saiteninstrumentenbauteil aus einem Bambusmaterial gefertigt ist, welches
Bambusstreifen und Harz umfasst, wobei zumindest ein Teil der im Bambusstreifen
enthaltenen Hemicellulose in pyrolysierte Form vorliegt. Weiterhin betrifft die
Erfindung ein Saiteninstrument umfassend das Saiteninstrumentenbauteil, die
15 Verwendung des Bambusmaterials zur Herstellung des Saiteninstrumentenbauteils
und die Herstellung des Saiteninstrumentenbauteils aus dem Bambusmaterial.

Hintergrund der Erfindung

20 Saiteninstrumentenbauteile werden herkömmlicher Weise aus tropischen Hölzern
gefertigt, insbesondere aus Ebenholz und Palisander. Ebenholz und Palisander
besitzen eine hohe Dichte, sind sehr hart, widerstandsfähig und witterungsbeständig.
Zudem haben diese Hölzer hervorragende Klangeigenschaften und durch ihre
Holzstruktur eine angenehme Haptik.

25 Aufgrund des übermäßigen Abbaus tropischer Hölzer wird deren Beschaffung
zunehmend schwieriger, insbesondere da deren Abbau streng reglementiert ist und
die Hölzer mit strengsten Einfuhr- und Handelsbeschränkungen belegt sind.
Zusätzlich nimmt die Qualität der verfügbaren tropischen Hölzer ab. Um diesem
Problem entgegenzuwirken, wird in den letzten Jahren vermehrt nach Alternativen
30 für den Saiteninstrumentenbau gesucht.

Dabei wird versucht, ein Ersatzmaterial bereitzustellen, das hinsichtlich der
klanglichen Eigenschaften, der mechanischen Eigenschaften, der Haptik und der
Optik den tropischen Hölzern möglichst nahe kommt.

35

Als Alternative zum Tropenholz kann verdichtetes europäisches Holz, beispielsweise verdichtetes Ahornholz, Fichtenholz oder Walnussholz, verwendet werden, um Saiteninstrumentenbauteile, wie Saitenhalter, Griffbretter und Kinnhalter herzustellen. Durch den zur Herstellung eingesetzten Verpressungsprozess wird jedoch die Zellstruktur des Holzes zerstört und die Haptik verändert. Zudem muss, um die gewünschte dunkle Farbe von Ebenholz zu erreichen, das Holz gefärbt werden.

Aufgrund der Holzstruktur weisen tropische Hölzer in der longitudinal Richtung, d.h. in Richtung der Fasern, gute Schwingungseigenschaften auf, während in der radial Richtung, d.h. quer zu den Jahresringen, Schwingungen gehemmt werden. Ein Material ohne Holzstruktur weist somit nachteilige Schwingungseigenschaften auf, die unähnlich denen von tropischen Hölzern ist.

Als weitere Alternative kann ein Verbundstoff aus recyceltem Papier und Harz eingesetzt werden. Zur Herstellung wird recyceltes Papier mit einem warmen Harz getränkt, von Hand geschichtet und unter Hochdruck verpresst. Dieser Verbundstoff weist keine Holzstruktur auf, hat einen sehr hohen Anteil an Harz und somit eine zu tropischen Hölzern unähnliche Haptik.

Als weitere Alternative kann zudem glasfaserverstärkter Kunststoff oder europäische Hölzer, wie Birne und Buchsbaum, als Ersatzmaterial für tropische Hölzer eingesetzt werden. Der glasfaserverstärkte Kunststoff weist keine Holzstruktur und auch keine angenehme Haptik auf. Die europäischen Hölzer weisen weder die Dichte noch die Härte und Widerstandsfähigkeit von tropischen Hölzern, insbesondere von Ebenholz, auf.

Weiterhin kann verarbeiteter Bambus als Ersatzmaterial eingesetzt werden. Bambus ist eine der am schnellsten wachsenden Pflanzen der Erde, mit Wachstumsraten von bis zu 100 cm in 24 Stunden. Die einzelnen Bambusstämme erreichen ihre volle Höhe in einer einzigen Vegetationsperiode von drei bis vier Monaten. Während dieser Monate wächst jeder neue Trieb vertikal zu einem Bambusstamm, ohne sich zu verzweigen, bis die maximale Höhe erreicht ist. Im ersten und zweiten Folgejahr härtet die Wand der Bambusstämme aus. Nach etwa 5-8 Jahren brechen die Bambusstämme zusammen und zerfallen. Somit ist Bambus bereits nach drei bis sieben Jahren erntereif. Bambus ist als schnell wachsender Rohstoff ein

umweltfreundliches und nachhaltiges Material. Dabei ist Bambus zusätzlich vergleichsweise preiswert.

5 Bambus besteht aus dünnen, langen Fasern, die in hoher Dichte zusammengefasst sind. Die dünnen, langen Fasern erstrecken sich gleichmäßig entlang der Längsachse des Bambus und sind flexibel. Der Zusammenhalt zwischen den Bambusfasern ist jedoch gering. Zudem weist Bambus nicht die nötigen Abmessungen für die Fertigung von Instrumentenbauteilen auf. Somit ist Bambus nicht unmittelbar als Ersatzmaterial für tropische Hölzer geeignet.

10 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Saiteninstrumentenbauteil bereitzustellen, welches einerseits aus einem umweltfreundlichen Material gefertigt ist, das kein tropisches Holz ist, und welches andererseits ausgezeichnete akustische Eigenschaften, eine angenehme Haptik und vorzugsweise eine gute Widerstandsfähigkeit aufweist.

15 **Zusammenfassung der Erfindung**

Die Aufgabe wird durch ein Saiteninstrumentenbauteil gelöst, wobei dieses Saiteninstrumentenbauteil aus einem Bambusmaterial gefertigt ist, das Bambusstreifen und Harz umfasst, wobei zumindest ein Teil der im Bambusstreifen 20 enthaltenen Hemicellulose in pyrolysierten Form vorliegt und wobei das Bambusmaterial eine Dichte von 1.000 kg/m³ bis 1.300 kg/m³ aufweist.

Das Bambusmaterial wird im Bausektor, insbesondere im Außenbereich, beispielsweise als Hausverkleidung, Terrassenbelag oder zur Herstellung von 25 Außenmöbel, eingesetzt, da das Material sowohl eine erhöhte biologische Haltbarkeit, Widerstandsfähigkeit, Witterungsbeständigkeit und Größenstabilität aufweist als auch umweltfreundlich ist. Aufgrund dessen quillt das Bambusmaterial bei Feuchtigkeitsschwankungen nicht auf. Dieses Bambusmaterial wurde bisher jedoch nicht als Ersatzmaterial von tropischen Hölzern für 30 Saiteninstrumentenbauteile berücksichtigt.

Das Bambusmaterial, welches Bambusstreifen und Harz umfasst, wobei zumindest ein Teil der im Bambusstreifen enthaltenen Hemicellulose in pyrolysierten Form vorliegt, ist überraschenderweise ein ideales Material für ein 35 Saiteninstrumentenbauteil und weist hervorragende akustische Eigenschaften auf, die denen der tropischen Hölzer gleich kommt. Dabei bedeutet das Vorliegen der Hemicellulose in pyrolysierten Form, dass die Hemicellulose pyrolysiert ist. Durch

die im Bambusmaterial enthaltenen Bambusstreifen weist das Material eine holzartige Struktur und angenehme Haptik auf. Zudem hat das Material durch die Pyrolyse der Hemicellulose eine gleichmäßige schwarze Färbung ähnlich der von Ebenholz. Als Pyrolyse wird ein thermo-chemische Umwandlungsprozess
 5 bezeichnet, in dem organische Verbindungen bei hohen Temperaturen und weitgehend unter Ausschluss von Sauerstoff gespalten werden. Dadurch, dass zumindest ein Teil der Hemicellulose pyrolysiert vorliegt, wird zusätzlich die Haltbarkeit des Materials erhöht.

10 Die Bambusfasern sind vorzugsweise parallel zur Längsachse jedes Bambusstreifens ausgerichtet, wobei die Längsachse eines Bambusstreifens die Richtung seiner größten Ausdehnung entspricht.

Detaillierte Beschreibung

15 Die Erfindung betrifft ein Saiteninstrumentenbauteil, wobei dieses Bauteil aus einem Bambusmaterial gefertigt ist, dass das Bambusmaterial Bambusstreifen und Harz umfasst, wobei zumindest ein Teil der im Bambusstreifen enthaltenen Hemicellulose in pyrolysierte Form vorliegt und wobei das Bambusmaterial eine Dichte von 1000 kg/m³ bis 1300 kg/m³ aufweist.

20

Die Dichte von 1.000 kg/m³ bis 1.300 kg/m³ des Bambusmaterials weist den Vorteil auf, dass sie der Dichte von Ebenholz von 1.100 kg/m³ bis 1.200 kg/m³ ähnelt.

25 Vorzugsweise liegt die meiste Hemicellulose oder fast alle Hemicellulose in den Bambusstreifen in pyrolysierte Form vor.

Die Bambusstreifen können eine Tiefe von 1 bis 4,5 mm und eine Breite von 15 bis 45 mm aufweisen. Die Länge kann zwischen 50 bis 550 mm liegen. Die Länge ist der Abstand zwischen den gegenüberliegenden Seiten der Längsachse. Die
 30 Längsachse des Bambusstreifens entspricht dabei die Richtung seiner größten Ausdehnung.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Saiteninstrumentenbauteil aus einer Gruppe ausgewählt, die einen Dämpfer, eine Stachelbirne, ein Stachel, einen
 35 Obersattel, einen Untersattel, einen Sattel, einen Potiknopf, einen Saitenhalter, einen Steg, einen Endknopf, eine Mechanik, Mechaniken, eine Stegeinlage, ein

Pickguard, einen Kinnhalter, einen Wirbel, ein Furnier für einen Körper oder ein Furnier für eine Kopfplatte umfasst.

5 In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Saiteninstrumentenbauteil ein Bauteil für eine Violine, ein Kontrabass, ein Cello, eine Viola, eine Gitarre, eine E-Violine, ein E-Kontrabass, ein E-Cello, eine E-Viola oder eine E-Gitarre.

10 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das Saiteninstrumentenbauteil ein Streichinstrumentenbauteil oder ein Zupfinstrumentenbauteil, vorzugsweise ist das Saiteninstrumentenbauteil ein Streichinstrumentenbauteil.

15 In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist das Saiteninstrumentenbauteil ein Dämpfer, ein Endknopf, ein Wirbel, ein Kinnhalter, ein Saitenhalter, ein Obersattel oder ein Untersattel für eine Violine, Viola, E-Violine oder E-Viola.

20 In einer alternativen besonders bevorzugten Ausführungsform ist das Saiteninstrumentenbauteil ein Dämpfer, eine Stachelbirne, ein Stachel, ein Saitenhalter, ein Wirbel, eine Mechanik, Mechaniken, ein Obersattel oder ein Untersattel für ein Cello, E-Cello, Kontrabass oder ein E-Kontrabass.

25 In einer weiteren alternativen besonders bevorzugten Ausführungsform ist das Saiteninstrumentenbauteil ein Zupfinstrumentenbauteil und vorzugsweise ein Steg (z.B. klassisch/western), eine Mechanik, Mechaniken, ein Potiknopf, eine Stegeinlage, ein Pickguard, ein Obersattel, ein Saitenhalter, ein Furnier für einen Körper oder ein Furnier für eine Kopfplatte für eine Gitarre oder eine E-Gitarre.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Bambusstreifen mit dem Harz imprägniert und zu dem Bambusmaterial verpresst.

30 In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Teil der im Bambusstreifen enthaltenen Hemicellulose, die in pyrolysierte Form vorliegt, durch eine Wärmebehandlung der Bambusstreifen von 1 bis 10 h, vorzugsweise 2 bis 8 h, weiter vorzugsweise 3 bis 5 h, bei einer Temperatur von 150 °C bis 220 °C erhalten. Vorzugweise liegt die Temperatur zwischen 170 °C und 200 °C. Die Bambusstreifen
35 können in einen Wärmebehandlungsofen mit guten Dichtungs- und Isolationseigenschaften eingelegt werden, der mit einem Schutzgas, vorzugsweise mit überhitztem Dampf oder Stickstoff, gefüllt ist. Die Wärme zum Erhitzen der

Bambusstreifen und des Schutzgases kann vorzugsweise durch heißes Öl aus einem Heißöfen, durch Hochtemperatur-Ofengas oder durch ein elektrisches Heizrohr bereitgestellt werden. Der Druck im Hochtemperatur-Wärmebehandlungsöfen kann etwa 0,1 bis 1,0 MPa, vorzugsweise 0,1 bis 0,6 MPa betragen.

In einer bevorzugten Ausführungsform liegt mehr als 20 Gew.-%, vorzugsweise mehr als 40 Gew.-%, weiter vorzugsweise mehr als 60 Gew.-%, weiter vorzugsweise 90 Gew.-%, weiter vorzugsweise 95 Gew.-% der in dem Bambusstreifen enthaltenen Hemicellulose in pyrolysierte Form vor.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind jeweils weniger als 20 Gew.-%, vorzugsweise weniger als 10 Gew.-%, weiter vorzugsweise weniger als 5 Gew.-%, der in dem Bambusstreifen enthaltenen Cellulose und Lignins pyrolysiert, wodurch die holzartige Struktur des Bambusmaterial weiter erhalten bleibt. Dadurch, dass vorzugsweise die Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 150 °C bis 220 °C durchgeführt wird, pyrolysiert Cellulose und Lignin nicht oder nur wenig, da Cellulose erst bei über ca. 320 °C und Lignin erst bei über ca. 400 °C pyrolysiert.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Bambusmaterial eine Dichte von 1.050 bis 1.250 kg/m³, weiter bevorzugt eine Dichte von 1.100 kg/m³ bis 1.200 kg/m³, weiter vorzugsweise eine Dichte von 1.150 kg/m³ auf. Damit weist das Bambusmaterial vorteilhaft eine Dichte auf, die der Dichte von tropischem Holz, insbesondere Ebenholz (1.100 bis 1.200 kg/m³) und Palisander (1.000 bis 1.150 kg/m³), gleich kommt.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Bambusmaterial eine Härte von über 50 N/mm² gemessen nach DIN EN 1534:2020, weiter vorzugsweise eine Härte von über 80 N/mm², weiter vorzugsweise eine Härte von über 100 N/mm², weiter vorzugsweise eine Härte von 80 bis 120 N/mm², weiter vorzugsweise eine Härte von 100 bis 120 N/mm², weiter vorzugsweise eine Härte von 100 bis 110 N/mm² auf. Das Bambusmaterial kann eine vorteilhaft hohe Härte und somit Langlebigkeit und Widerstandsfähigkeit aufweisen. Sowohl Palisander als auch Ebenholz haben jeweils eine Härte von über 50 N/mm² und über 80 N/mm².

In einer beispielhaften Ausführungsform weist das Bambusmaterial eine Dichte von 1.050 kg/m³ bis 1.250 kg/m³ und eine Härte von über 50 N/mm² gemessen nach DIN

EN 1534:2020, vorzugsweise eine Härte von über 100 N/mm² auf. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist das Bambusmaterial eine Dichte von 1.100 kg/m³ bis 1.200 kg/m³ und eine Härte von 100 bis 120 N/mm² auf.

- 5 In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Bambusmaterial einen Feuchtigkeitsanteil von 5 bis 20 Gew.-%, vorzugsweise einen Feuchtigkeitsanteil von 8 bis 17 Gew.-%, weiter vorzugsweise einen Feuchtigkeitsanteil von 10 bis Gew.-15 % auf.
- 10 In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Bambusmaterial ein Elastizitätsmodul von über 12.000 N/mm² gemessen nach DIN EN 408:2012, vorzugsweise ein Elastizitätsmodul von über 15.000 N/mm², weiter vorzugsweise ein Elastizitätsmodul von über 18.000 N/mm² auf. Besonders bevorzugt hat das Bambusmaterial ein Elastizitätsmodul von 12.000 bis 25.000 N/mm², vorzugsweise
15 15.000 bis 23.000 N/mm², weiter vorzugsweise 18.000 bis 20.000 N/mm².

Bevorzugte Bereiche der Dichte, der Härte, und des Elastizitätsmoduls sind in Tabelle 1 aufgeführt.

	Bevorzugter Bereich	Besonders bevorzugter Bereich	Ganz besonders bevorzugter Bereich
Dichte	1.000 bis 1.300 kg/m ³	1.050 bis 1.250 kg/m ³	1.100 bis 1.200 kg/m ³
Härte	über 50 N/mm ²	über 100 N/mm ²	100 bis 120 N/mm ²
Elastizitätsmodul	über 12.000 N/mm ²	über 18.000 N/mm ²	18.000 bis 20.000 N/mm ²

20 **Tabelle 1**

Unverarbeiteter Bambus hat mit ca. 370 bis 850 kg/m³ eine geringere Dichte als Ebenholz, welches eine Dichte von ca. 1.000 bis 1.300 kg/m³ aufweist. Ebenso hat Bambus mit ca. 11.000 N/mm² einen geringeren Elastizitätsmodul als Ebenholz,
25 welches ein Elastizitätsmodul von bis zu 19.000 N/mm² aufweisen kann. Sowohl Dichte als auch Elastizitätsmodul sind für die akustische Qualität maßgebliche Parameter. Durch die Kombination aus einer Dichte von 1.000 bis 1.300 kg/m³ und dem bevorzugten Elastizitätsmodul von über 12.000 N/mm² weist das Bambusmaterial ausgezeichnete Klangeigenschaften auf. Insbesondere durch die
30 bevorzugte Kombination aus einer Dichte von 1.100 bis 1.200 kg/m³ und einem

Elastizitätsmodul von 18.000 bis 20.000 N/mm² ist das Bambusmaterial ein ausgezeichnetes Ersatzmaterial.

5 Die hohe Härte von über 50 N/mm² des Bambusmaterials bewirkt vorzugsweise eine hohe Widerstandfähigkeit des Materials.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform hat das Bambusmaterial eine Dichte von 1.150 kg/m³, eine Härte von 106,8 N/mm² und ein Elastizitätsmodul von 19.100 N/mm².

10

In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Harz aus einer Gruppe ausgewählt, die Phenolharz und modifiziertes Phenolharz umfasst, wobei das Harz vorzugsweise ein Phenol-Formaldehyd-Harz umfasst, wobei das Phenol-Formaldehyd-Harz weiter vorzugsweise weniger als 3 Gew.-% Phenol und weniger als 0,3 Gew.-%

15

Formaldehyd umfasst.

In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt das Trockengewichtsverhältnis zwischen Bambusstreifen und Harz 20:1 bis 10:1.

20

In einer bevorzugten Ausführungsform ist jeder Bambusstreifen mit einer Vielzahl von Schlitzern versehen, die ihn senkrecht zu seiner Längsachse durchdringen. Dadurch kann die mit dem Harz zu imprägnierende Oberfläche des Bambusstreifens vergrößert und die Menge des Harzes erhöht werden. Im Ergebnis kann die Steifigkeit des Bambusstreifens verringert und der Druck zum Pressen der

25 Bambusstreifen verringert werden. Dadurch kann vorteilhaft eine gleichmäßigere Dichte und eine bessere Oberflächenqualität erreicht werden.

30

In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Bambusstreifen parallel zur Längsachse des Bambusmaterials angeordnet. Die Längsachse des

30 Bambusmaterials entspricht die Richtung seiner größten Ausdehnung. Das Bambusmaterial kann beispielsweise eine Tiefe von ca. 40 mm, eine Breite von ca. 120 mm und eine Länge von ca. 2000 mm aufweisen. In dieser Ausführungsform sind die Bambusstreifen parallel zur Länge des Bambusmaterials ausgerichtet. Dadurch kann das Bambusmaterial eine vorteilhafte holzartige Struktur aufweisen.

35

Vorzugsweise sind die Bambusstreifen in einem Querschnitt des Bambusmaterials ungeordnet angeordnet. Dabei bezeichnet der Querschnitt einen ebenen Schnitt

senkrecht zur Längsachse des Bambusmaterials. Dies bedeutet, dass die Bambusstreifen nicht geordnet Schicht für Schicht im Querschnitt des Bambusmaterials angeordnet sind, sondern die Bambusstreifen sich teilweise gegenseitig überlappen. Auf diese Weise kann eine gleichmäßigere Textur des Bambusmaterials erreicht werden, wodurch mögliche Risse in den Bambusstreifen vermieden werden können.

Das Bambusmaterial kann besonders dadurch gekennzeichnet sein, dass es wie folgt hergestellt ist:

- (i) Modifizierung der Bambusstreifen durch eine Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 150 °C bis 220 °C, wodurch zumindest ein Teil der im Bambusstreifen enthaltenen Hemicellulose pyrolysiert wird;
- (ii) Imprägnierung der Bambusstreifen mit dem Harz; und
- (iii) Pressung der Bambusstreifen, um das Bambusmaterial bereitzustellen.

Vorzugsweise umfasst die Herstellung des Bambusmaterials, die Herstellung der Bambusstreifen aus einem Bambus. Zudem kann eine Vielzahl von Schlitzten in jedem Bambusstreifen gebildet werden, wobei die Vielzahl von Schlitzten den Bambusstreifen senkrecht zu seiner Längsachse durchdringen. In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Bambusstreifen bei einer Temperatur von 100°C bis 130°C erhitzt, um die Bambusstreifen zu trocknen. Anschließend kann der Bambusstreifen durch Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 150 °C bis 220 °C modifiziert werden, wodurch zumindest ein Teil der im Bambusstreifen enthaltenen Hemicellulose pyrolysiert wird. Vorzugsweise werden anschließend die Bambusstreifen, bei denen zumindest ein Teil der Hemicellulose pyrolysiert ist, auf eine Temperatur von weniger als etwa 90°C abgekühlt, und optional der Feuchtigkeitsgehalt der abgekühlten Bambusstreifen, vorzugsweise unter Verwendung von Wasserdampf, angepasst. Die Herstellung kann weiterhin das Imprägnieren der Bambusstreifen mit dem Harz und Trocknen der imprägnierten Bambusstreifen und das Pressung der Bambusstreifen umfassen, um das Bambusmaterial bereitzustellen. Optional kann der Feuchtigkeitsgehalt des Bambusmaterials nach der Pressung eingestellt werden.

Das Bambusmaterial kann besonders dadurch gekennzeichnet sein, dass es wie folgt hergestellt ist:

- (i) Herstellen der Bambusstreifen aus einem Bambus;

- (ii) Bilden einer Vielzahl von Schlitzten in jedem Bambusstreifen, wobei die Vielzahl von Schlitzten den Bambusstreifen senkrecht zu seiner Längsachse durchdringen;
- (iii) Erhitzen der Bambusstreifen bei einer Temperatur von 100°C bis 130°C, um die Bambusstreifen zu trocknen;
- (iv) Modifizierung von Bambusstreifen durch Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 150 °C bis 220 °C, wodurch zumindest ein Teil der im Bambusstreifen enthaltenen Hemicellulose pyrolysiert wird;
- (v) Abkühlen des Bambusstreifens bei dem zumindest ein Teil von der Hemicellulose pyrolysiert wurde, auf eine Temperatur von weniger als etwa 90°C, und anschließendes Anpassen eines Feuchtigkeitsgehalts der abgekühlten Bambusstreifen, vorzugsweise unter Verwendung von Wasserdampf;
- (vi) Imprägnieren der Bambusstreifen mit dem Harz und Trocknen der imprägnierten Bambusstreifen;
- (vii) Pressung der Bambusstreifen, um das Bambusmaterial bereitzustellen.

Eine weitere Aufgabe ist es, ein Saiteninstrument bereitzustellen, das ein Saiteninstrumentenbauteil umfasst, welches einerseits aus einem umweltfreundlichen Material gefertigt ist, das kein tropisches Holz ist, und welches andererseits ausgezeichnete akustische Eigenschaften, eine angenehme Haptik und vorzugsweise eine gute Widerstandsfähigkeit aufweist. Diese Aufgabe wird durch ein Saiteninstrument gelöst, welches das erfindungsgemäße Saiteninstrumentenbauteil umfasst.

Die Aufgabe ein Saiteninstrumentenbauteil bereitzustellen, welches einerseits aus einem umweltfreundlichen Material gefertigt ist, das kein tropisches Holz ist, und welches andererseits ausgezeichnete akustische Eigenschaften, eine angenehme Haptik und vorzugsweise eine gute Widerstandsfähigkeit aufweist, wird weiterhin durch eine Verwendung des Bambusmaterials zur Herstellung des erfindungsgemäßen Saiteninstrumentenbauteils gelöst. Dabei weist das Bambusmaterial die zuvor genannten Merkmale und Vorteile auf.

Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Herstellung des erfindungsgemäßen Saiteninstrumentenbauteils gelöst, wobei die Herstellung folgende Schritte umfasst:

- a) Bereitstellen eines Bambusmaterials, dessen Herstellung folgende Schritte umfasst:

- (i) Modifizierung von Bambusstreifen durch eine Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 150 °C bis 220 °C, wodurch zumindest ein Teil der im Bambusstreifen enthaltenen Hemicellulose pyrolysiert wird;
 - (ii) Imprägnierung der Bambusstreifen mit einem Harz; und
 - (iii) Pressung der Bambusstreifen, um das Bambusmaterial bereitzustellen, wobei das Bambusmaterial eine Dichte von 1.000 kg/m³ bis 1.300 kg/m³ aufweist;
- b) Zuschneiden des Saiteninstrumentenbauteils aus dem Bambusmaterial.

In Schritt a) (i) können die Bambusstreifen in einen Wärmebehandlungsofen mit guten Dichtungs- und Isolationseigenschaften eingelegt werden, der mit einem Schutzgas, vorzugsweise mit überhitztem Dampf oder Stickstoff, gefüllt ist. Die Wärme zum Erhitzen der Bambusstreifen und des Schutzgases kann vorzugsweise durch heißes Öl aus einem Heißölofen, durch Hochtemperatur-Ofengas oder durch ein elektrisches Heizrohr bereitgestellt werden. Der Druck im Wärmebehandlungsofen kann etwa 0,1 bis 1,9 MPa, vorzugsweise 0,1 bis 0,6 MPa betragen

In einer bevorzugten Ausführungsform des Herstellungsverfahrens, wird in Schritt b) das Bambusmaterial mithilfe eines Laserschneidegeräts oder einer 5-Achsigen Fräse zugeschnitten, vorzugsweise mithilfe einer 5-Achsigen Fräse, wobei die Fräse vorzugsweise eine Computerized Numerical Control (CNC)-Fräse ist. Fräsen ist eine optimale Fertigungslösung für die Fertigung anspruchsvoller 3D-Konturen, wie die von Saiteninstrumentenbauteilen. Mithilfe einer Fräse können Saiteninstrumentenbauteile mit hoher Präzision und Oberflächengüte realisiert werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform in Schritt a) (iii) des Herstellungsverfahrens werden die Bambusstreifen bei einer Temperatur von 120°C bis 150°C und einem Druck von 7 MPa bis 9 MPa zu dem Bambusmaterial verpresst.

In einer alternativen bevorzugten Ausführungsform in Schritt a) (iii) des Herstellungsverfahrens werden die Bambusstreifen bei einem Druck von 45 MPa bis 70 MPa zu dem Bambusmaterial verpresst und anschließend bei einer Temperatur

von 100°C bis 140 °C getrocknet. Dabei kann die Pressung bei einer Temperatur von unter 50 °C, vorzugsweise bei einer Temperatur von 15 bis 25 °C, erfolgen.

5 In einer bevorzugten Ausführungsform des Herstellungsverfahrens wird nach der Pressung in Schritt a) (iii) ein Feuchtigkeitsanteil von 5 bis 20 Gew.-%, vorzugsweise von 8 bis 17 Gew.-%, weiter vorzugsweise von 10 bis Gew.-15 % des Bambusmaterials, vorzugsweise durch Wasserdampf, eingestellt. Der Feuchtigkeitsgehalt des Bambusmaterials kann vorzugsweise für 2 bis 4 h bei Sattedampf angepasst werden.

10

In einer bevorzugten Ausführungsform des Herstellungsverfahrens dauert die Wärmebehandlung in Schritt a) (i) 1 bis 10 h, vorzugsweise 2 bis 8 h, weiter vorzugsweise 3 bis 5 h an.

15

In einer bevorzugten Ausführungsform des Herstellungsverfahrens weist das Bambusmaterial eine Tiefe von 10 mm bis 50 mm auf. Vorzugsweise weist das Bambusmaterial eine Tiefe von 10 mm bis 50 mm, eine Breite von 100 mm bis 600 mm, und eine Länge von 1000 mm bis 3000 mm auf. Das Zuschneiden des

20

Bambusmaterial mithilfe von einer Säge- oder Trennvorrichtung, beispielsweise Tischkreissäge oder Bandsäge, auf eine Länge von bis zu 500 mm zugeschnitten wird, wonach aus dem so vorgeschrittenen Bambusmaterial mithilfe einer Fräsmaschine, beispielsweise einer CNC-Fräsmaschine, das

25

Saiteninstrumentenbauteil zugeschnitten wird. Optional kann nach dem Fräsen das Saiteninstrumentenbauteil von Hand nachbearbeitet werden, beispielsweise durch Schleifen (z.B. durch einen Schwingschleifer), um Frässpuren zu beseitigen und/oder die Oberfläche des Saiteninstrumentenbauteils zur Oberflächenveredelung vorzugsweise mit einem Hartwachs, Öl oder Lack vorzubereiten.

30

In einer bevorzugten Ausführungsform des Herstellungsverfahrens weisen die Bambusstreifen jeweils eine Tiefe von 1 mm bis 4,5 mm auf. Die Bambusstreifen können eine Tiefe von 1 bis 4,5 mm und eine Breite von 15 bis 45 mm aufweisen. Die Länge kann zwischen 50 bis 550 mm liegen.

35

Optional können die Bambusstreifen vor der Wärmebehandlung bei 100°C bis 130°C getrocknet werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind mehr als 20 Gew.-%, vorzugsweise mehr als 40 Gew.-%, weiter vorzugsweise mehr als 60 Gew.-%, weiter vorzugsweise 90 Gew.-%, weiter vorzugsweise 95 Gew.-% der in dem Bambusstreifen enthaltenen Hemicellulose pyrolysiert.

5

In einer bevorzugten Ausführungsform sind jeweils weniger als 20 Gew.-%, vorzugsweise weniger als 10 Gew.-%, weiter vorzugsweise weniger als 5 Gew.-%, der in dem Bambusstreifen enthaltenen Cellulose und Lignins pyrolysiert, wodurch die holzartige Struktur des Bambusmaterial weiter erhalten bleibt. Dadurch, dass die
10 Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 150 °C bis 220 °C durchgeführt wird, pyrolysiert Cellulose und Lignin nicht oder nur wenig, da Cellulose bei über ca. 320 und Lignin über ca. 400 °C pyrolysiert.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Bambusmaterial eine Dichte von
15 1.050 bis 1.250 kg/m³, weiter bevorzugt eine Dichte von 1.100 kg/m³ bis 1.200 kg/m³, weiter vorzugsweise eine Dichte von 1.150 kg/m³ auf.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Bambusmaterial eine Härte von
20 über 50 N/mm² gemessen nach DIN EN 1534:2020, weiter vorzugsweise eine Härte von über 80 N/mm², weiter vorzugsweise eine Härte von über 100 N/mm², weiter vorzugsweise eine Härte von 80 bis 120 N/mm², weiter vorzugsweise eine Härte von 100 bis 120 N/mm², weiter vorzugsweise eine Härte von 100 bis 110 N/mm² auf.

In einer Ausführungsform weist das Bambusmaterial eine Dichte von 1.050 kg/m³ bis
25 1.250 kg/m³ und eine Härte von über 50 N/mm² gemessen nach DIN EN 1534:2020, vorzugsweise eine Härte von über 100 N/mm² auf. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist das Bambusmaterial eine Dichte von 1.100 kg/m³ bis 1.200 kg/m³ und eine Härte von 100 bis 120 N/mm² auf.

30 In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Bambusmaterial einen Feuchtigkeitsanteil von 5 bis 20 Gew.-%, vorzugsweise einen Feuchtigkeitsanteil von 8 bis 17 Gew.-%, weiter vorzugsweise einen Feuchtigkeitsanteil von 10 bis Gew.-15 % auf.

35 In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Bambusmaterial ein Elastizitätsmodul von über 12.000 N/mm² gemessen nach DIN EN 408:2012, vorzugsweise ein Elastizitätsmodul von über 15.000 N/mm², weiter vorzugsweise ein

Elastizitätsmodul von über 18.000 N/mm² auf. Besonders bevorzugt hat das Bambusmaterial ein Elastizitätsmodul von 12.000 bis 25.000 N/mm², vorzugsweise 15.000 bis 23.000 N/mm², weiter vorzugsweise 18.000 bis 20.000 N/mm². Damit kann das Bambusmaterial vorteilhaft einen hohen Elastizitätsmodul aufweisen.

5

Bevorzugte Bereiche der Dichte, der Härte und des Elastizitätsmoduls sind in Tabelle 1 aufgeführt.

10 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform hat das Bambusmaterial eine Dichte von 1.150 kg/m³, eine Härte von 106,8 N/mm² und ein Elastizitätsmodul von 19.100 N/mm².

15 In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Harz aus einer Gruppe ausgewählt, die Phenolharz und modifiziertes Phenolharz umfasst, wobei das Harz vorzugsweise ein Phenol-Formaldehyd-Harz umfasst, wobei das Phenol-Formaldehyd-Harz weiter vorzugsweise weniger als 3 Gew.-% Phenol und weniger als 0,3 Gew.-% Formaldehyd umfasst.

20 In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt das Trockengewichtsverhältnis zwischen Bambusstreifen und Harz 20:1 bis 10:1.

25 In einer bevorzugten Ausführungsform ist jeder Bambusstreifen mit einer Vielzahl von Schlitzern versehen ist, die ihn senkrecht zu seiner Längsachse durchdringen. Die Längsachse des Bambusstreifens entspricht dabei die Richtung seiner größten Ausdehnung. Dadurch kann die mit dem Harz zu imprägnierende Oberfläche des Bambusstreifens vergrößert und die Menge des Harzes erhöht werden. Im Ergebnis kann die Steifigkeit des Bambusstreifens verringert und der Druck zum Pressen der Bambusstreifen verringert werden. Dadurch kann vorteilhaft eine gleichmäßigere Dichte und eine bessere Oberflächenqualität erreicht werden.

30

35 In einer bevorzugten Ausführungsform werden die Bambusstreifen parallel zur Längsachse des Bambusmaterials angeordnet. Das heißt, dass in einer bevorzugten Ausführungsform, ebenfalls die Bambusfasern parallel zur Längsachse des Bambusmaterials angeordnet sind. Die Längsachse des Bambusmaterials entspricht dabei die Richtung seiner größten Ausdehnung. Das Bambusmaterial kann beispielsweise eine Tiefe von ca. 40 mm, eine Breite von ca. 120 mm und eine Länge von ca. 2000 mm aufweisen. In dieser Ausführungsform sind die

Bambusstreifen parallel zur Länge des Bambusmaterials ausgerichtet. Dadurch kann das Bambusmaterial eine vorteilhafte holzartige Struktur aufweisen.

Vorzugsweise sind die Bambusstreifen in einem Querschnitt des Bambusmaterials ungeordnet angeordnet. Dies bedeutet, dass die Bambusstreifen nicht geordnet Schicht für Schicht im Querschnitt des Bambusmaterials angeordnet sind, sondern die Bambusstreifen überlappen sich teilweise gegenseitig. Daher kann eine gleichmäßigere Textur des Bambusmaterials erreicht werden, wodurch mögliche Risse in den Bambusstreifen vermieden werden können.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Herstellung des Bambusmaterials folgende Schritte:

- (i) Herstellen der Bambusstreifen aus einem Bambus;
- (ii) Bilden einer Vielzahl von Schlitzten in jedem Bambusstreifen, wobei die Vielzahl von Schlitzten den Bambusstreifen senkrecht zu seiner Längsachse durchdringen;
- (iii) Erhitzen der Bambusstreifen bei einer Temperatur von 100°C bis 130°C, um die Bambusstreifen zu trocknen;
- (iv) Modifizierung von Bambusstreifen durch Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 150 °C bis 220 °C, wodurch zumindest ein Teil der im Bambusstreifen enthaltenen Hemicellulose pyrolysiert wird;
- (v) Imprägnieren der Bambusstreifen mit dem Harz und Trocknen der imprägnierten Bambusstreifen;
- (vi) Pressung der Bambusstreifen, um das Bambusmaterial bereitzustellen.

Vorzugsweise findet die Pressung der Bambusstreifen in einer Form statt.

Ein beispielhaftes Herstellungsverfahren des Bambusmaterials ist in der Patentanmeldung WO 2009/127092 beschrieben.

Fig.1 zeigt eine technische Zeichnung eines Saitenhalters für ein Kontrabass, welcher aus dem Bambusmaterial mithilfe einer CNC-Fräse gefertigt wird, wobei eine Vorder-, Hinter-, Drauf- und Seitenansicht dargestellt ist. Die Abstände sind in Millimeter angegeben.

Die Erfindung wird in dem folgenden Beispiel näher erläutert.

Beispiel

Nachfolgend wird die Fertigung des Saiteninstrumentenbauteils beispielhaft anhand der Herstellung eines Saitenhalters gezeigt.

- 5 Das Bambusmaterial (dassoXTR® des Unternehmens Dasso Industrial Group Co. Ltd.) wird mit den Abmessungen 40 mm (Tiefe), 120 mm (Breite) und 2000 mm (Länge) bereitgestellt. Dabei weist das Bambusmaterial folgende in Tabelle 2 gezeigten Eigenschaften auf:

Dichte	1.150 kg/m ³
Feuchtigkeitsgehalt	10 bis 14 Gew.-%
Härte	106,6 N/mm ² (DIN EN 1534:2020)
Brandverhalten	Bf1-s2 (DIN EN 13501-1:2020)
Statische Biegefestigkeit	74,4 N/mm ² (DIN EN 408:2012)
Elastizitätsmodul	19.100 N/mm ² (DIN EN 408:2012)
Biologische Haltbarkeit	Klasse 1 (EN 350:2016)
Schwellrate (Dicke)	4,6 % (DIN EN 15534-1)
Schwellrate (Weite)	0,6 % (DIN EN 15534-1)

10 **Tabelle 2**

Zunächst wird das Bambusmaterial auf eine Größe von 40 cm mithilfe einer Bandsäge grob zugeschnitten.

- 15 Mit Hilfe von einer Vakuumhalterung wird das zugeschnittene Bambusmaterial auf einer 5-Achsigem CNC-Fräsmaschine aufgespannt. Zuerst wird die oben liegende Fläche abgerichtet, wonach sie in sich gerade und im 90°-Winkel zu den Seitenflächen des Bambusmaterials angeordnet ist. Danach werden die Taschen des Saitenhalters auf dieser Fläche, welche später die Unterseite des Saitenhalters
- 20 wird, gefräst. Anschließend wird das Bambusmaterial in der Längsachse um 180° gedreht, so dass die Oberseite bearbeitet werden kann. Die Rundung und der Umriss des Bambusmaterials werden fertig gestellt und die Oberfläche wird derart gefräst, dass nur ein geringes Nacharbeiten von Hand erforderlich ist.

- 25 Anschließend werden die Löcher für die Hängesaiten, welche zum Befestigen des Saitenhalters am Instrument benötigt werden, gebohrt. Diese verlaufen parallel zur Außenkante des Saitenhalters und haben einen Durchmesser von 4 mm. Danach

erfolgt die Oberflächenbearbeitung. Es werden Frässpuren mittels eines Schwingschleifers geglättet und durch zunehmend feinere Schleifvorgänge wird das Werkstück auf eine Oberflächenveredelung durch z.B. Hartwachs vorbereitet. Nach der Oberflächenveredelung wird von einem ebenfalls gefrästen Rohling, der aus demselben Bambusmaterial besteht, der Steg in der entsprechenden Dicke mittels einer Bandsäge, abgesägt und in den Saitenhalter eingeleimt. Danach ist der Saitenhalter fertig und kann am Saiteninstrument verbaut werden.

Patentansprüche

- 5
1. Saiteninstrumentenbauteil, wobei dieses Bauteil aus einem Bambusmaterial gefertigt ist, dadurch gekennzeichnet,
dass das Bambusmaterial Bambusstreifen und Harz umfasst, wobei
zumindest ein Teil der im Bambusstreifen enthaltenen Hemicellulose in
pyrolysiertes Form vorliegt und wobei das Bambusmaterial eine Dichte von
1000 kg/m³ bis 1300 kg/m³ aufweist.
- 10
2. Ein Saiteninstrumentenbauteil nach Anspruch 1, wobei das
Saiteninstrumentenbauteil aus einer Gruppe ausgewählt ist, die einen
Dämpfer, eine Stachelbirne, ein Stachel, einen Obersattel, einen
Untersattel, einen Sattel, einen Potiknopf, einen Saitenhalter, einen Steg,
15 einen Endknopf, eine Mechanik, Mechaniken, eine Stegeinlage, ein
Pickguard, einen Kinnhalter, einen Wirbel, ein Furnier für einen Körper oder
ein Furnier für eine Kopfplatte umfasst.
- 20
3. Ein Saiteninstrumentenbauteil nach Anspruch 1 oder 2, wobei das
Saiteninstrumentenbauteil ein Bauteil für eine Violine, ein Kontrabass, ein
Cello, eine Viola, eine Gitarre, eine E-Violine, ein E-Kontrabass, ein E-Cello,
eine E-Viola, oder eine E-Gitarre ist.
- 25
4. Ein Saiteninstrumentenbauteil nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei
jeweils weniger als 20 Gew.-%, vorzugsweise weniger als 10 Gew.-%, weiter
vorzugsweise weniger als 5 Gew.-%, der in dem Bambusstreifen
enthaltenen Cellulose und Lignins pyrolysiert sind.
- 30
5. Ein Saiteninstrumentenbauteil nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei
der Teil der im Bambusstreifen enthaltenen Hemicellulose, die in
pyrolysiertes Form vorliegt, durch eine Wärmebehandlung der
Bambusstreifen von 1 bis 10 h, vorzugsweise 2 bis 8 h, weiter vorzugsweise
3 bis 5 h, bei einer Temperatur von 150 °C bis 220 °C erhalten wird.
- 35

6. Ein Saiteninstrumentenbauteil nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Bambusmaterial eine Dichte von 1050 kg/m^3 bis 1250 kg/m^3 , weiter vorzugsweise eine Dichte von 1100 kg/m^3 bis 1200 kg/m^3 aufweist.
- 5 7. Ein Saiteninstrumentenbauteil nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Bambusmaterial eine Härte von über 50 N/mm^2 gemessen nach DIN EN 1534:2020, weiter vorzugsweise eine Härte von über 80 N/mm^2 , weiter vorzugsweise eine Härte von über 100 N/mm^2 , weiter vorzugsweise eine Härte von 100 bis 120 N/mm^2 , weiter vorzugsweise eine Härte von 100 bis 110 N/mm^2 aufweist.
- 10
8. Ein Saiteninstrumentenbauteil nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Bambusmaterial ein Elastizitätsmodul von über 12.000 N/mm^2 gemessen nach DIN EN 408:2012, vorzugsweise ein Elastizitätsmodul von über 15.000 N/mm^2 , weiter vorzugsweise ein Elastizitätsmodul von über 18.000 N/mm^2 aufweist.
- 15
9. Ein Saiteninstrumentenbauteil nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Harz aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Phenolharz und modifiziertes Phenolharz umfasst, wobei das Harz vorzugsweise ein Phenol-Formaldehyd-Harz umfasst, wobei das Phenol-Formaldehyd-Harz weiter vorzugsweise weniger als 3 Gew.-% Phenol und weniger als 0,3 Gew.-% Formaldehyd umfasst.
- 20
10. Ein Saiteninstrument umfassend ein Saiteninstrumentenbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 9.
- 25
11. Verwendung eines Bambusmaterials zur Herstellung eines Saiteninstrumentenbauteils nach einem der Ansprüche 1 bis 9.
- 30
12. Herstellung eines Saiteninstrumentenbauteils nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Herstellung folgende Schritte umfasst:
- a) Bereitstellen eines Bambusmaterials, dessen Herstellung folgende Schritte umfasst:
- 35 (i) Modifizierung von Bambusstreifen durch Wärmebehandlung bei einer Temperatur von $150 \text{ }^\circ\text{C}$ bis $220 \text{ }^\circ\text{C}$, wodurch

- zumindest ein Teil der im Bambusstreifen enthaltenen Hemicellulose pyrolysiert wird;
- (ii) Imprägnierung der Bambusstreifen mit einem Harz; und
- (iii) Pressung der Bambusstreifen, um das Bambusmaterial bereitzustellen, wobei das Bambusmaterial eine Dichte von 1.000 kg/m³ bis 1.300 kg/m³ aufweist;
- 5 b) Zuschneiden des Saiteninstrumentenbauteils aus dem Bambusmaterial.
- 10 13. Die Herstellung eines Saiteninstrumentenbauteils nach Anspruch 12, wobei in Schritt a) (iii) die Bambusstreifen bei einer Temperatur von 120°C bis 150°C und einem Druck von 7 MPa bis 9 MPa zu dem Bambusmaterial verpresst werden.
- 15 14. Die Herstellung eines Saiteninstrumentenbauteils nach Anspruch 12, wobei in Schritt a) (iii) die Bambusstreifen bei einem Druck von 45 MPa bis 70 MPa zu dem Bambusmaterial verpresst und anschließend bei einer Temperatur von 100°C bis 140 °C getrocknet werden.
- 20 15. Die Herstellung eines Saiteninstrumentenbauteils nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei die Wärmebehandlung in Schritt a) (i) 1 bis 10 h, vorzugsweise 2 bis 8 h, weiter vorzugsweise 3 bis 5 h andauert.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Saiteninstrumentenbauteil, wobei dieses Bauteil aus einem Bambusmaterial gefertigt ist, das Bambusmaterial Bambusstreifen und Harz umfasst, wobei zumindest ein Teil der im Bambusstreifen enthaltenen Hemicellulose in pyrolysiertes Form vorliegt und wobei das Bambusmaterial eine Dichte von 1000 kg/m³ bis 1300 kg/m³ aufweist.

Fig.1

