

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 734 504 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.12.2006 Patentblatt 2006/51

(51) Int Cl.:
G10D 1/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06009565.0**

(22) Anmeldetag: **09.05.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **14.06.2005 DE 102005027424**

(71) Anmelder: **Schleske, Martin**
82131 Stockdorf (DE)

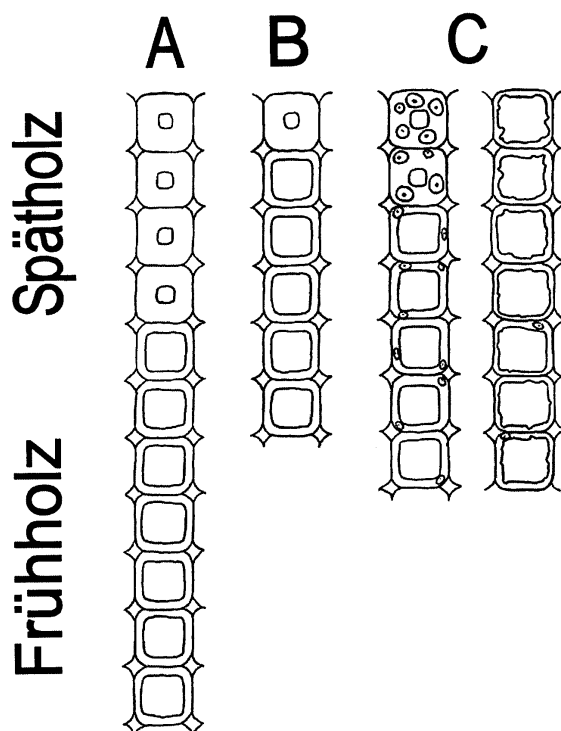
(72) Erfinder:
• **Schwarze, Francis W.M.R., Dr.**
9000 St. Gallen (CH)
• **Schleske, Martin**
82131 Stockdorf (DE)

(74) Vertreter: **Tetzner, Michael et al**
Van-Gogh-Strasse 3
81479 München (DE)

(54) **Verfahren zur Verbesserung der akustischen Eigenschaften von Klangholz für Musikinstrumente**

(57) Verfahren zur Verbesserung der akustischen Eigenschaften von Klangholz für Musikinstrumente, wobei das Klangholz während einer begrenzten Behandlungsdauer der Einwirkung einer holzersetzenden Pilzart ausgesetzt wird, wobei die Pilzart und die Behandlungsdauer derart gewählt werden, dass durch die Behandlung einerseits eine Vergrößerung des Verhältnisses von Schallgeschwindigkeit des Holzes zu Rohdichte des Holzes erreicht wird und andererseits vorgegebene Mindestfestigkeitswerte des Klangholzes nicht unterschritten werden. Ferner bezieht sich die Erfindung auf ein Klangholz für Musikinstrumente, mit vorgegebenen Mindestfestigkeitswerten des Klangholzes, wobei eine das Verhältnis von Schallgeschwindigkeit des Holzes zu Rohdichte des Holzes vergrößernde, zeitlich begrenzte Behandlung mittels einer holzersetzenden Pilzart.

Fig. 1



EP 1 734 504 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung der akustischen Eigenschaften von Klangholz für Musikinstrumente, weiterhin Klangholz, das nach diesem Verfahren behandelt wurde, sowie Musikinstrumente, vorzugsweise Streichinstrumente, deren Resonanzplatten aus derartigem Klangholz bestehen.

[0002] Klangholz für Musikinstrumente (sogenanntes Resonanzholz) soll möglichst leicht sein, gleichzeitig aber einen hohen Elastizitätsmodul (E-Modul bzw. Young's Modul) und eine hohe Schallgeschwindigkeit besitzen. Es soll ferner astfrei sein und schmale, homogene Jahrringe sowie einen geringen Spätholzanteil (<20%) aufweisen. Nur wenige, sorgfältig ausgewählte Holzsortimente erfüllen diese strengen Qualitätskriterien.

[0003] Musikinstrumente, die während des späten 17. und frühen 18. Jahrhunderts gebaut wurden, besitzen im Vergleich zu zeitgenössischen Instrumenten vielfach bessere Qualitätseigenschaften. Zur Erklärung dieses Qualitätsunterschiedes wurden bereits viele Hypothesen aufgestellt; eine davon führt die besondere Holzqualität dieser Instrumente auf die als Maunder-Minimum bezeichnete Klimasituation zurück, die zwischen 1645 und 1715 herrschte und in der die längeren Winter und kühleren Sommer offenbar eine langsamere und gleichmäßigere Holzbildung und damit einen geringen Spätholzanteil bewirkten. Der berühmte Geigenbauer Antonio Stradivari verwendete in den letzten Dekaden seines Schaffens (der sogenannten "goldenen Ära") vorwiegend Fichtenholz von Bäumen, die während des Maunder-Minimums gewachsen waren. Diese Instrumente gelten seit langem als ein nur ganz selten wieder erreichtes Klangideal.

[0004] Die (akustische) Materialqualität M_q von Klangholz wird allgemein durch den Quotienten c/p definiert, wobei c die Schallgeschwindigkeit und p die Rohdichte des Klangholzes bedeuten. Die Schallgeschwindigkeit entspricht der Quadratwurzel aus dem Verhältnis von E-Modul (für Biegung längs zur Faser) zu Dichte. Der E-Modul ist ein von der Geometrie unabhängiger Materialwert; das Produkt aus E-Modul und Flächenmoment ergibt die Biegesteifigkeit des Werkstücks.

[0005] Die Schallgeschwindigkeit von Fichtenholz beträgt in Längsrichtung 4800 bis 6200 m/s, die Rohdichte 320 bis 420 kg/m³.

[0006] Von besonderem Interesse bei allen Maßnahmen zur Verbesserung der Materialqualität M_q ist der Einfluss, den relative Änderungen von E-Modul und Rohdichte auf die Schallgeschwindigkeit haben: Verändert sich bei einer bestimmten Maßnahme der E-Modul (in %) etwa proportional zur Veränderung der Rohdichte (in %), so bleibt die Schallgeschwindigkeit annähernd gleich (die Materialqualität erhöht sich dann etwa umgekehrt proportional zu einer Verringerung der Rohdichte); ein solches Verhältnis relativer Änderungen von E-Modul und Rohdichte wird als "eng" bezeichnet. Verringert sich dagegen bei einer bestimmten Maßnahme der E-Modul (in %) wesentlich weniger als die Rohdichte (in %), so wird die Schallgeschwindigkeit erhöht (die Materialqualität steigt dann mehr als umgekehrt proportional zu einer Verringerung der Rohdichte); ein solches Verhältnis relativer Änderungen von E-Modul und Rohdichte wird als "weit" oder "groß" bezeichnet und ist zur Erzielung einer hohen Materialqualität M_q von Klangholz sehr erwünscht. Klangholz mit einem weiten E-Modul-Rohdichte-Verhältnis ist jedoch in der Natur selten und folglich teuer.

[0007] Traditionell werden im Geigenbau verschiedene Methoden eingesetzt, um die Materialqualität von Resonanzplatten aus Holz (insbesondere von Fichtenholz, das für die Decke des Korpus meist verwendet wird) zu verbessern. Studien zeigen allerdings, dass diese konventionellen Behandlungsmethoden (unter Verwendung von Grundierungen, Lacken und Mineralstoffen) zwar durchaus den E-Modul erhöhen, jedoch durch den mit der Behandlung verbundenen Zellverschluss häufig auch zu einer Vergrößerung der Dichte bzw. Schwingungsmasse des Holzes führen.

[0008] Eine spürbare und zuverlässige Verbesserung der Materialqualität des Klangholzes lässt sich mit diesen Methoden im allgemeinen nicht erreichen.

[0009] Sofern die Resonanzplatte des Musikinstrumentes nicht aus Vollholz bestehen, sondern als Faserverbund-Sandwichplatte ausgebildet werden soll, beschreibt die EP 01 119 531 einen aussichtsreichen Vorschlag zur Verbesserung der akustischen Qualität des Instruments. Hierbei findet eine Faserverbund-Sandwichplatte mit einem hohen Quotienten von Schallgeschwindigkeit zu Dichte Verwendung, wobei der vom Umriss der Resonanzplatte umgrenzte Flächeninhalt der Resonanzplatte so groß gewählt ist, dass die Frequenz der Hauptkorpusresonanz in einem klangidealen Bereich liegt.

[0010] Die vorliegende Erfindung hat sich demgegenüber zur Aufgabe gesetzt, ein Verfahren zu entwickeln, mit dem sich die akustischen Eigenschaften von Klangholz für Musikinstrumente verbessern lassen.

[0011] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Klangholz während einer begrenzten Behandlungsdauer der Einwirkung einer holzersetzenden Pilzart ausgesetzt wird, wobei die Pilzart und die Behandlungsdauer derart gewählt werden, dass durch die Behandlung einerseits eine Vergrößerung des Verhältnisses von Schallgeschwindigkeit des Holzes zu Rohdichte des Holzes erreicht wird und andererseits vorgegebene Mindestfestigkeitswerte des Klangholzes nicht unterschritten werden.

[0012] Durch die holzersetzende Wirkung der Pilze wird die Rohdichte des Holzes deutlich vermindert, der E-Modul dagegen nicht nennenswert herabgesetzt. Es ergibt sich damit eine Erhöhung der Schallgeschwindigkeit bei gleichzeitiger Verringerung der Dichte. Hieraus resultiert nach den eingangs genannten Beziehungen eine deutliche Verbesserung der Materialqualität des Klangholzes. Das mit einem solchen Holzabbauprozess erzielte grössere E-Modul-Rohdichte-

Verhältnis führt zu einer ähnlichen Materialqualität des Klangholzes wie sie Holz von Bäumen besitzt, die während des Maunder-Minimums gewachsen sind.

[0013] Fig. 1 veranschaulicht schematisch die unterschiedliche Holzstruktur von normalem Nadelholz (Fig. 1A), von besonders hochwertigem, überaus seltenen Klangholz (Fig. 1B) und von erfindungsgemäß behandeltem Klangholz (Fig. 1C):

In Fig. 1A ist eine Zellreihe von normalem Nadelholz schematisch dargestellt. Man erkennt breite Jahrringe mit gleichmäßigem Anteil von dickwandigen Spätholztracheiden und dünnwandigen Frühholztracheiden.

Fig. 1B zeigt besonders hochwertiges, altes Fichten-Klangholz, das während des Maunder-Minimums gewachsen ist. Die Jahrringe sind schmal und bestehen vorwiegend aus Frühholztracheiden mit nur einer Zellreihe Spätholztracheiden.

Fig. 1C veranschaulicht schließlich modernes Klangholz, das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren mit holzzersetzenden Pilzen behandelt wurde. Es sind nebeneinander zwei Stadien der Holzzersetzung dargestellt:

[0014] Fig. 1C zeigt links ein frühes Stadium der Holzzersetzung mit wenigen Kavernen. Der Jahrring ist schmal. Erste Strukturveränderungen durch holzzersetzende Pilze sind erkennbar. In diesem Stadium ist bereits eine gewisse Minderung der Rohdichte festzustellen. In Fig. 1C rechts ist ein spätes Stadium der Holzzersetzung (mit vielen Kavernen) dargestellt. Die Zellwände des Spät- und Frühholzes sind merklich dünner geworden.

[0015] Während der holzzersetzenden Pilzbehandlung nimmt also die Rohdichte des Holzes mit zunehmendem Zersetzungsgrad ab. Bei gleichzeitigem Erhalt oder nur geringer Verringerung des E-Moduls erhöht sich daher die Schallgeschwindigkeit im Holz und infolgedessen auch die Materialqualität M_q .

[0016] Es muss jedoch bei der holzzersetzenden Pilzbehandlung gleichzeitig darauf geachtet werden, dass das Holz nach der Behandlung noch die für den Geigenbau erforderlichen vorgegebenen Mindestfestigkeitswerte besitzt. Hierzu gehört insbesondere ein bestimmter Mindestwert des E-Moduls (für Biegung längs zur Faser) sowie gewisse Mindestwerte der Druckfestigkeit (längs und quer zur Faser). Zweckmäßig sollten insoweit folgende Mindestfestigkeitswerte des Klangholzes nicht unterschritten werden:

E-Modul für Biegung längs zur Faser (in GPa)

Fichte: 7, vorzugsweise 10,
Ahorn: 4, vorzugsweise 5,8,
Pappel: 4, vorzugsweise 5,5,

Druckfestigkeit längs zur Faser (in N/mm² bzw. MPa)

Fichte: 24, vorzugsweise 34,
Ahorn: 27, vorzugsweise 38,
Pappel: 16, vorzugsweise 23

Druckfestigkeit quer zur Faser (in N/mm² bzw. MPa)

Fichte: 3, vorzugsweise 4,2,
Ahorn: 6, vorzugsweise 11,
Pappel: 1,5, vorzugsweise 2,1.

[0017] Die vorstehend genannten unteren Mindestfestigkeitswerte entsprechen etwa 50% und die bevorzugten angehobenen Mindestfestigkeitswerte etwa 70% der Festigkeitswerte des unbehandelten Klangholzes.

[0018] Die Zeitdauer der holzzersetzenden Pilzbehandlung wird also erfindungsgemäß zweckmäßig so lang gewählt, bis einerseits das Verhältnis von Schallgeschwindigkeit zu Rohdichte einen Höchstwert erreicht (was etwa dann der Fall ist, wenn das Volumen der Kavernen ein Maximum aufweist), andererseits jedoch die vorgegebenen Mindestfestigkeitswerte des Holzes nicht unterschritten werden.

[0019] Das erfindungsgemäße Verfahren verbessert nicht nur die akustischen Eigenschaften des Klangholzes, sondern führt noch zu einem weiteren wesentlichen Vorteil, der gerade bei einer Verwendung dieses Klangholzes für Musikinstrumente von erheblicher praktischer Bedeutung ist. Durch die holzzersetzende Wirkung der Pilze werden nämlich auch die hygroskopischen Eigenschaften des Holzes deutlich verbessert. Holz ist bekanntlich hygroskopisch, wobei die Aufnahme oder Abgabe von Feuchtigkeit (in Anpassung an das Umgebungsklima) zum Quellen bzw. Schwin-

den des Holzes und damit auch zu mehr oder weniger großen Formveränderungen führt. Unter extremen Umweltbedingungen, z.B. in klimatisierten Räumen, in Flugzeugen oder Konzertsälen, können so starke und abrupte Änderungen der relativen Luftfeuchtigkeit auftreten, dass es zu starken Spannungen in den Resonanzplatten von Musikinstrumenten, zu Rissen und gravierenden Beeinträchtigungen der akustischen Eigenschaften kommt.

[0020] Bei der erfindungsgemäßen holzersetzenen Pilzbehandlung werden nun die für das Quellen und Schwinden des Holzes verantwortlichen Hydroxylgruppen des Holzes durch enzymatische Prozesse abgespalten, wodurch die Hygroskopizität des Klangholzes merklich verringert wird. Musikinstrumente, deren Klangholz nach dem erfindungsgemäßen Verfahren behandelt wurde, sind daher gegenüber starken Schwankungen der relativen Luftfeuchtigkeit der Umgebung weitaus weniger anfällig als Musikinstrumente, deren Resonanzplatte aus herkömmlichem Klangholz besteht.

[0021] Die Erfindung wird im folgenden an Hand einiger Ausführungsbeispiele und Versuchsergebnisse näher erläutert.

[0022] Für das erfindungsgemäße Verfahren sind besonders diejenigen Pilzarten interessant, die Moderfäulen verursachen. Ihre fadenähnlichen Hyphen wachsen bevorzugt innerhalb der sogenannten Sekundärwand der Zellen. Die Holzersetzung führt in der Sekundärwand zur Bildung von Kavernen, wodurch die Dichte des Holzes abnimmt.

[0023] Die Zellwände werden gewissermaßen von innen zersetzt, während die Mittelschicht, bestehend aus Mittellamelle und Primärwand, erhalten bleibt. Sie enthält Lignin und Pektin, eine kleberartige Substanz, die die Zellen zusammenhält. Eine intakte Mittelschicht ist wichtig für einen hohen E-Modul des Klangholzes. Ein Pilz, der selektiv die Sekundärwand abbaut, führt somit zu leichterem Holz, das jedoch trotzdem über einen relativ hohen E-Modul verfügt. Auf diese Weise lassen sich gezielt gerade die Eigenschaften erreichen, die besonders gutes Klangholz auszeichnen.

[0024] Bei den der Erfindung zu Grunde liegenden, umfangreichen Versuchen wurden zur Verbesserung der akustischen Eigenschaften von Klangholz (sterilisierte Holzproben von Ahorn und Fichte) insbesondere Asco- und Basidiomyceten (Klasse) aus der Familie der *Leotiaceae*, *Polyporaceae*, *Schizophyllaceae*, *Tricholomataceae* und *Xylariaceae* zur Inkubation der Holzproben verwendet. Nähere Angaben zu verwendeten Pilzarten finden sich in nachfolgender Tabelle 1. Sie enthält die Pilzarten, die Familie, die Stammkulturnummern und die bevorzugte Holzart (Wirt), die zum Zweck der Vergütung von Klangholz eingesetzt werden.

Pilzart	Familie	Quelle	Wirt
<i>Xylaria longipes</i>	Xylariaceae	Empa Stammkultur 651	Ahorn
<i>Kretzschmaria deusta</i>	Xylariaceae	Empa Stammkultur 652	Ahorn
<i>Armillaria cepistipes</i>	Tricholomataceae	Empa Stammkultur 655	Ahorn, Fichte
<i>Climacocystis borealis</i>	Polyporaceae	Empa Stammkultur 656	Fichte
<i>Climacocystis borealis</i>	Polyporaceae	Empa Stammkultur 657	Fichte
<i>Phialocephala fortinii</i>	Leotiaceae	Empa Stammkultur 658	Fichte
<i>Phialocephala fortinii</i>	Leotiaceae	Empa Stammkultur 659	Fichte
<i>Schizophyllum commune</i>	Schizophyllaceae	Empa Stammkultur 595	Ahorn, Fichte
<i>Polyporus squamosus</i>	Polyporaceae	Empa Stammkultur 650	Ahorn

[0025] Die ausgewählten Pilzarten treten natürlich an Fichte (*Picea abies*) und Ahorn (*Acer platanoides* und *Acer pseudoplatanus*) auf, d.h. an Hölzern, die traditionell als Resonanzplatten (Decke und Boden) im Geigenbau verwendet werden. Eigene Studien zeigen, dass im Vergleich zu vielen anderen Fäuleerregern das Holzersetzungsmuster der ausgewählten Pilzarten die Ausbreitung der Schallwellen im zersetzten Holz nicht nennenswert verändert. Dies erklärt sich damit, dass während des Holzabbaus die Rohdichte stärker vermindert wird als der E-Modul. Ausserdem weist die Mittelschicht der Holzzellen eine sehr hohe Konzentration von Guaiacyl-Lignin auf, das besonders dauerhaft gegenüber den ausgewählten Pilzarten ist. Aus diesem Grund bleibt selbst im Spätstadium der Holzersetzung ein stark lignifiziertes Gerüst erhalten, das aus den Zellwänden der Gefäße, der Mittelschicht der Fasern, aus Holzstrahlen und Parenchymzellen besteht.

[0026] Fig. 2 veranschaulicht diese Zusammenhänge in schematischer Form etwas näher:

[0027] Wie Fig. 2A zeigt, dringen bei der Holzbehandlung einzelne Hyphen H in die Zellwand ein und wachsen innerhalb der Zellwand entlang der Ausrichtung der (auf der lichtmikroskopischen Ebene nicht sichtbaren) Zellulosemikrofibrillen.

[0028] Die Fig. 2B und 2C veranschaulichen den enzymatischen Abbau der Zellwand um die Hyphen H herum. Er führt zur Entstehung von Kavernen K mit kegelförmig ausgebildeten Enden.

[0029] Im Spätstadium der Holzersetzung (Fig. 2D) ist die Sekundärwand Sw nahezu völlig abgebaut, die Mittelschicht ist dagegen erhalten geblieben. Das verbleibende Gerüst und die Tatsache, dass keine Bohrlöcher von Hyphen H

verursacht werden, verleihen dem Holz auch im späten Abbaustadium noch einen sehr hohen E-Modul.

[0030] Fig. 3 zeigt schematisch eine einfache Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Inkubation von Holzproben P erfolgt in einem geschlossenen Kunststoffbehälter B über zuvor infizierten Futterbrettchen F, die sich über Vermiculit V befinden. Von den infizierten Futterbrettchen aus erfolgt die Besiedlung der Holzproben durch den kausalen Fäuleerreger. Das Mineralgestein Vermiculit dient als Feuchtigkeitsquelle für die Hyphen des Pilzes.

[0031] Die Futterbrettchen werden zunächst mit Ethylenoxid sterilisiert (1h; 0.65 bar; 55° C; ca. 1200 mg C₂H₄O/1). Kolleschalen mit 75 ml 2.5 % MEA (Malzextraktagar) werden mit Reinkulturen der verwendeten Pilzarten beimpft. Nachdem die Kolleschalen vom Pilzmyzel nach 4 Wochen bewachsen sind, werden die sterilisierten Ahorn- und Fichten-Futterbrettchen (50 x 25 x 15 mm) für 6 Wochen bei 70 % RH und 22°C inkubiert.

[0032] Als Feuchtigkeitssubstrat wird Vermiculit verwendet (VTT Vermisol Typ M, Korngrösse 1 - 3 mm; Teilchen unter 1 mm werden ausgesiebt). Der Wassergehalt von Vermiculit wird mit Pufferlösung (950 ml 0,1 M KCl + 50 ml 0,1 M HCl) auf eine Feuchte eingestellt, die 100% vom mittleren Wasserrückhaltevermögen (whc1) entspricht.

[0033] Pro Versuchsgefäß wird 60 g Vermiculit (ca. 500 ml) eingefüllt und leicht zusammengepresst. Die Proben werden bei 22 ± 1°C und 70 ± 5 % rel. Luftfeuchtigkeit und während 4, 8 und 12 Wochen exponiert. Nach der Behandlung und dem Entfernen der anhaftenden Pilzmyzelreste wird der Gewichtsverlust durch Pilzangriff anhand von Anfangs- und Enddargewicht ermittelt. Die Verbesserung der Materialqualität M_q wird mittels Eigenfrequenzmessungen bestimmt.

[0034] Fig. 4 zeigt die Veränderung der Materialqualität M_q von Fichte-Klangholz bei Behandlung mit drei in Tabelle 1 genannten Pilzarten. Die prozentuale Verbesserung der Materialqualität M_q der untersuchten Fichte-Klangholzproben ist am ausgeprägtesten bei Behandlung mit *Schizophyllum commune* 595 und einer Behandlungsdauer von 8 Wochen.

[0035] Fig. 5 veranschaulicht die Veränderung der Materialqualität M_q von Ahorn-Klangholz mit drei anderen, in Tabelle 1 genannten Pilzarten. Die prozentuale Verbesserung der Materialqualität M_q der untersuchten Ahorn-Klangholzproben ist besonders ausgeprägt bei Behandlung mit *Xylaria longipes* 651 oder mit *Kretschmaria deusta* 652, jeweils bei einer Behandlungsdauer von 12 Wochen. Bei Verwendung von *Polyporus squamosus* 650 ist bei einer Expositionsdauer von mehr als 8 Wochen wieder ein Abfall der Materialqualität M_q festzustellen.

[0036] Nachstehende Tabelle 2 zeigt die Abmessungen von Klangholzproben vor und nach der Pilzbehandlung und den eingetretenen Masseverlust (Verringerung der Dichte). Dabei bedeuten AL = Ahorn-Längsproben, FL = Fichte-Längsproben.

Probe	Holz-art	Pilz	Vor der Pilzbehandlung					Nach der Pilzbehandlung	
			Dicke [mm]	Breite [mm]	Länge [mm]	Gewicht [g]	Dichte [kg/m ³]	Dichte [kg/m ³]	Masseverlust [%]
AL14	Ahorn	651	2.73	25.51	155.95	7.27	637	609	6.85
AL19	Ahorn	651	2.79	25.46	156.04	7.46	654	574	12.00
AL22	Ahorn	652	2.88	25.53	155.63	7.56	665	561	13.16
AL29	Ahorn	652	2.84	25.41	156.16	7.27	636	504	17.81
AL33	Ahorn	650	2.89	25.40	156.17	7.68	657	641	6.41
FL16	Fichte	656	3.05	27.20	149.8	5.57	448	422	4.09
FL40	Fichte	659	3.02	27.23	150.54	5.66	457	446	1.31
FL50	Fichte	595	2.93	27.18	150.50	5.35	446	429	2.32
FL51	Fichte	595	2.93	27.27	150.69	5.33	443	423	2.10

[0037] In der folgenden Tabelle 3 sind der E-Modul, die Schallgeschwindigkeit und die Materialqualität M_q der Holzproben vor und nach der Pilzbehandlung aufgeführt. Hierbei bedeuten AL = Ahorn-Längsproben, FL = Fichten-Längsproben.

55 50 45 40 35 30 25 20 15 10 5

Probe	Vor der Pilzbehandlung			Nach der Pilzbehandlung		
	E-Modul [MPa]	Schallgeschwindigkeit Erste Mode [m/s]	Materialqualität Mq	E-Modul [MPa]	Schallgeschwindigkeit Erste Mode [m/s]	Materialqualität Mq
AL14	8480	3648	5.7	8770	3797	6.2
AL19	7900	3476	5.3	7170	3533	6.2
AL22	9210	3721	5.6	6320	3355	6.0
AL29	10600	4077	5.4	6970	3721	7.4
AL33	8600	3618	5.5	9400	3829	9.0
FL16	12645	5412	11.8	11083	5225	12.1
FL40	14099	5572	12.1	13243	5490	12.2
FL50	12059	5218	11.6	11021	5095	11.8
FL51	11873	5217	11.7	10662	5058	11.9

[0038] Die Untersuchungen zeigen damit, dass aufgrund der unterschiedlichen Verringerung von Rohdichte, E-Modul und Schallgeschwindigkeit die Materialqualität M_q mit zunehmender Inkubationszeit (Pilzexposition) zunächst steigt und dann wieder abfällt. Mit fortschreitender Dauer ist daher die Verringerung der Rohdichte unzureichend, um die Verkleinerung der Schallgeschwindigkeit zu kompensieren. Die Festigkeitswerte des Klangholzes (E-Modul und Druckfestigkeit) bleiben mit zunehmender Inkubationszeit zunächst etwa gleich und fallen dann ab.

[0039] Die genaue Wahl der Behandlungsdauer für die jeweils eingesetzte Pilzart ist somit von großer Bedeutung. Die Pilzart und die Behandlungsdauer werden derart aufeinander abgestimmt, dass durch die Behandlung einerseits — im Vergleich zum unbehandelten Ausgangszustand — eine Vergrößerung des Verhältnisses von Schallgeschwindigkeit des Holzes zu Rohdichte des Holzes (d.h. eine Vergrößerung der akustischen Materialqualität M_q) erreicht wird, andererseits jedoch vorgegebene Mindestfestigkeitswerte des Klangholzes nicht unterschritten werden.

[0040] Die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit c und des E-Moduls E wird an Hand folgender Formeln vorgenommen:

$$\text{Schallgeschwindigkeit } c = \frac{0.98 * L^2 * f}{d}$$

wobei bedeuten:

- c die Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwellen in m/s,
- L die Länge eines Probestreifens in m (zum Beispiel 0.2 m)
- f die Eigenfrequenz der ersten Biegemode in Hertz (zum Beispiel 459 Hz)
- d die Dicke des Probestreifens in m (zum Beispiel 0.003 m)

[0041] Bei dem genannten Beispiel ergibt sich:

$$c = \frac{0.98 * (0.2)^2 * 459}{0.003} = 6000$$

$$\text{E-Modul } E = c^2 * \delta$$

wobei bedeuten:

- E den Elastizitätsmodul für Biegung ("E-Modul" bzw. "Young's Modulus")
- c die Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwellen in m/s
- δ die Dichte in kg/m^3 (zum Beispiel 400 kg/m^3)

[0042] Bei dem genannten Beispiel ergibt sich:

$$E = 6000^2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 * 400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1.44 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 14.4 \text{ GPa}$$

[0043] Eine Holzersetzung über die gewünschte Behandlungsdauer hinaus wird vorzugsweise durch eine Sterilisation der Holzproben mit Ethylenoxid (1h; 0.65 bar; 55° C; ca. 1200 mg $\text{C}_2\text{H}_4\text{O/l}$) unterbunden. Nach einer solchen Sterilisation stellen die Pilze ihre Aktivität ein. Das Klangholz behält dann dauerhaft die erreichte akustische Materialqualität M_q und seine Festigkeitswerte.

[0044] Die bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zugleich erreichte Verbesserung der hygroskopischen Eigenschaften lässt sich aus Fig. 6 entnehmen (dabei bedeuten AL = Ahorn-Längsproben, FL = Fichte-Längsproben, AQ = Ahorn-Quersproben, FQ = Fichte-Quersproben). Fig. 6 zeigt die Verminderung der Wasseraufnahme (bezogen auf das Darrge-

wicht) nach 12 Wochen Pilzbehandlung. Im Vergleich zu den unbehandelten Proben (Kontrolle) ergibt sich bei den pilzbehandelten Querproben eine signifikante Verminderung der Wasseraufnahme, die hygroskopischen Eigenschaften (d.h. das Quellen und Schwinden des Holzes) sind also wesentlich verbessert. Dabei ist zu beachten, dass Quellen und Schwinden nicht nur eine Vergrößerung oder Verkleinerung des Holzkörpers an sich bedeuten, sondern auch eine

Veränderung der Form aufgrund unterschiedlicher Schwindmaße in Längs-, Radial- und Tangentialrichtung.
[0045] Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren behandelte Klanghölzer wurden als Resonanzplatten (Decke und Boden) von Streichinstrumenten verwendet. Untersuchungen der Klangqualität dieser Instrumente ergaben u.a. folgende optimale Varianten für die Wahl der Pilzart und der Behandlungsdauer des jeweils für die Decke bzw. den Boden des Streichinstrumentes vorgesehenen Klangholzes:

a) Die Pilzart und die Behandlungsdauer für die als Decke bzw. Boden zu verwendenden Hölzer werden so gewählt, dass sich der Quotient aus der Veränderung der Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwellen in Längsrichtung zur Holzfaser zur Veränderung der Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwellen in Querrichtung zur Holzfaser des für die Decke verwendeten Holzes um maximal 25%, vorzugsweise um 8 bis 12%, vom entsprechenden Quotienten des für den Boden verwendeten Holzes unterscheidet.

b) Die Pilzart und die Behandlungsdauer für die als Decke bzw. Boden zu verwendenden Hölzer werden so gewählt, dass sich die Veränderung der Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwellen in Längsrichtung zur Holzfaser des für die Decke verwendeten Holzes um maximal 25%, vorzugsweise um 8 bis 12%, von der entsprechenden Veränderung des für den Boden verwendeten Holzes unterscheidet.

c) Die Pilzart und die Behandlungsdauer für die als Decke bzw. Boden zu verwendenden Hölzer werden so gewählt, dass sich die Veränderung der Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwellen in Querrichtung zur Holzfaser des für die Decke verwendeten Holzes um maximal 25%, vorzugsweise um 8 bis 12%, von der entsprechenden Veränderung des für den Boden verwendeten Holzes unterscheidet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verbesserung der akustischen Eigenschaften von Klangholz für Musikinstrumente, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Klangholz während einer begrenzten Behandlungsdauer der Einwirkung einer holzersetzenden Pilzart ausgesetzt wird, wobei die Pilzart und die Behandlungsdauer derart gewählt werden, dass durch die Behandlung einerseits eine Vergrößerung des Verhältnisses von Schallgeschwindigkeit des Holzes zu Rohdichte des Holzes erreicht wird und andererseits vorgegebene Mindestfestigkeitswerte des Klangholzes nicht unterschritten werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** Pilzarten Verwendung finden, die in der Natur an Fichte (*Picea abies*) und Ahorn (*Acer platanoides* und *Acer pseudoplatanus*) auftreten, vorzugsweise Asco- und Basidiomyceten aus der Familie der *Leotiaceae*, *Polyporaceae*, *Schizophyllaceae*, *Tricholomataceae* und *Xylariaceae*.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** folgende Mindestfestigkeitswerte des Klangholzes nicht unterschritten werden:

a) E-Modul für Biegung längs zur Faser (in GPa)

Fichte: 7, vorzugsweise 10,
 Ahorn: 4, vorzugsweise 5.8,
 Pappel: 4, vorzugsweise 5.5,

b) Druckfestigkeit längs zur Faser (in N/mm² bzw. MPa)

Fichte: 24, vorzugsweise 34,
 Ahorn: 27, vorzugsweise 38,
 Pappel: 16, vorzugsweise 23

c) Druckfestigkeit quer zur Faser (in N/mm² bzw. MPa)

EP 1 734 504 A1

Fichte: 3, vorzugsweise 4.2,
Ahorn: 6, vorzugsweise 11,
Pappel: 1.5, vorzugsweise 2.1.

- 5 **4.** Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Behandlungsdauer so lang gewählt wird, dass das bei Einhaltung der vorgegebenen Mindestfestigkeitswerte des Klangholzes größtmögliche Verhältnis von Schallgeschwindigkeit des Holzes zu Rohdichte des Holzes erreicht wird.
- 10 **5.** Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Klangholz bei einer Temperatur von 18 bis 26°C, vorzugsweise 21 bis 23°C, und einer relativen Luftfeuchte von 60 bis 80 %, vorzugsweise von 65 bis 75 %, während einer Zeitdauer von 6 bis 15 Wochen, vorzugsweise von 8 bis 12 Wochen, mit der holzersetzenden Pilzart behandelt wird.
- 15 **6.** Verfahren nach Anspruch 1 zur Verbesserung der akustischen Eigenschaften von Klanghölzern, die als Decke und Boden eines Streichinstrumentes Verwendung finden, **dadurch gekennzeichnet, dass** Pilzart und Behandlungsdauer für die als Decke bzw. Boden zu verwendenden Hölzer so gewählt werden, dass sich der Quotient aus der Veränderung der Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwellen in Längsrichtung zur Holzfasern zur Veränderung der Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwellen in Querrichtung zur Holzfasern des für die Decke verwendeten Holzes um maximal 25%, vorzugsweise um 8 bis 12%, vom entsprechenden Quotienten des für den Boden verwendeten Holzes unterscheidet.
- 20 **7.** Verfahren nach Anspruch 1 zur Verbesserung der akustischen Eigenschaften von Klanghölzern, die als Decke und Boden eines Streichinstrumentes Verwendung finden, **dadurch gekennzeichnet, dass** Pilzart und Behandlungsdauer für die als Decke bzw. Boden zu verwendenden Hölzer so gewählt werden, dass sich die Veränderung der Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwellen in Längsrichtung zur Holzfasern des für die Decke verwendeten Holzes um maximal 25%, vorzugsweise um 8 bis 12%, von der entsprechenden Veränderung des für den Boden verwendeten Holzes unterscheidet.
- 25 **8.** Verfahren nach Anspruch 1 zur Verbesserung der akustischen Eigenschaften von Klanghölzern, die als Decke und Boden eines Streichinstrumentes Verwendung finden, **dadurch gekennzeichnet, dass** Pilzart und Behandlungsdauer für die als Decke bzw. Boden zu verwendenden Hölzer so gewählt werden, dass sich die Veränderung der Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwellen in Querrichtung zur Holzfasern des für die Decke verwendeten Holzes um maximal 25%, vorzugsweise um 8 bis 12%, von der entsprechenden Veränderung des für den Boden verwendeten Holzes unterscheidet.
- 30 **9.** Klangholz für Musikinstrumente, mit vorgegebenen Mindestfestigkeitswerten des Klangholzes, vorzugsweise Resonanzplatte für Streichinstrumente, **gekennzeichnet durch** eine das Verhältnis von Schallgeschwindigkeit des Holzes zu Rohdichte des Holzes vergrößernde, zeitlich begrenzte Behandlung mittels einer holzersetzenden Pilzart.
- 35 **10.** Musikinstrument, insbesondere Streichinstrument, mit wenigstens einer Klangholz-Resonanzplatte vorgegebener Mindestfestigkeitswerte, **gekennzeichnet durch** eine das Verhältnis von Schallgeschwindigkeit des Holzes zu Rohdichte des Holzes vergrößernde, zeitlich begrenzte Behandlung mittels einer holzersetzenden Pilzart.
- 40
- 45
- 50
- 55

Fig. 1

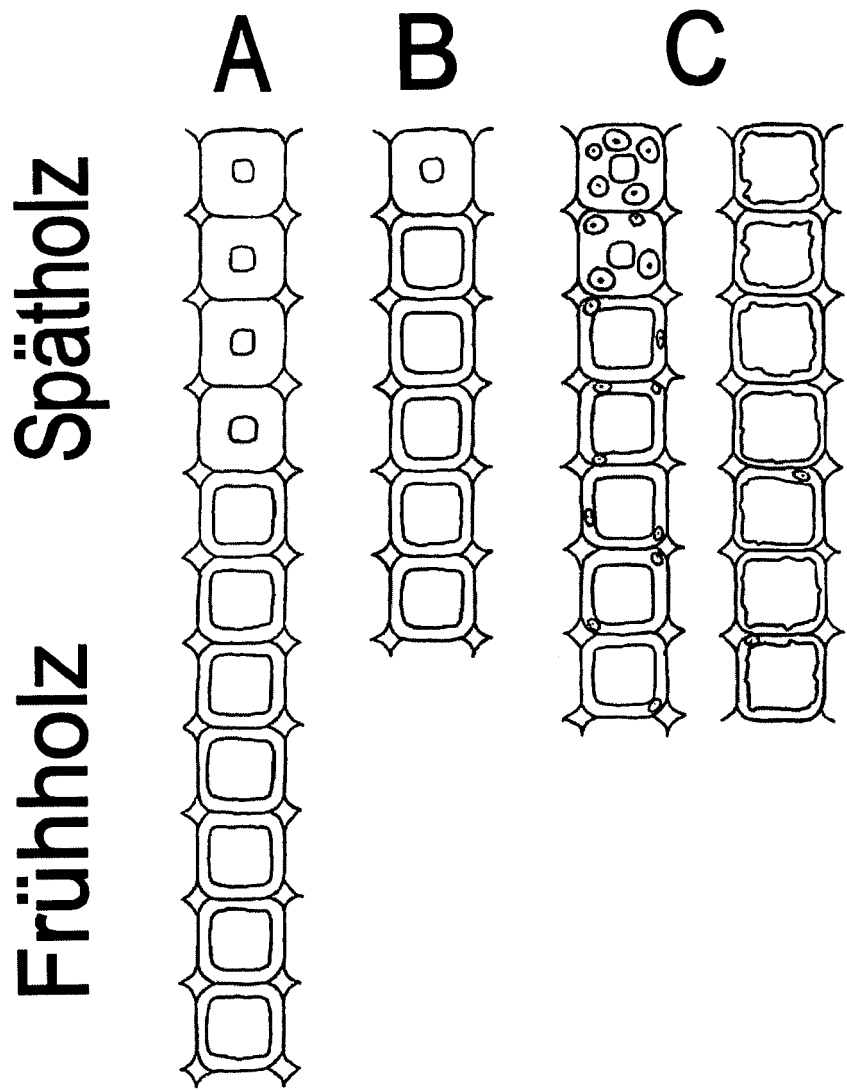


Fig. 2

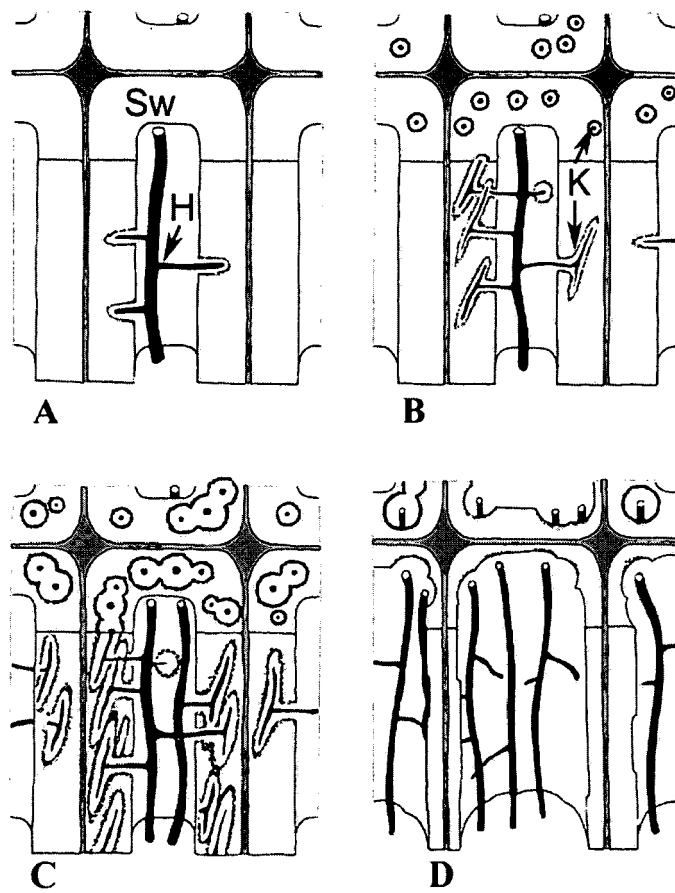


Fig. 3

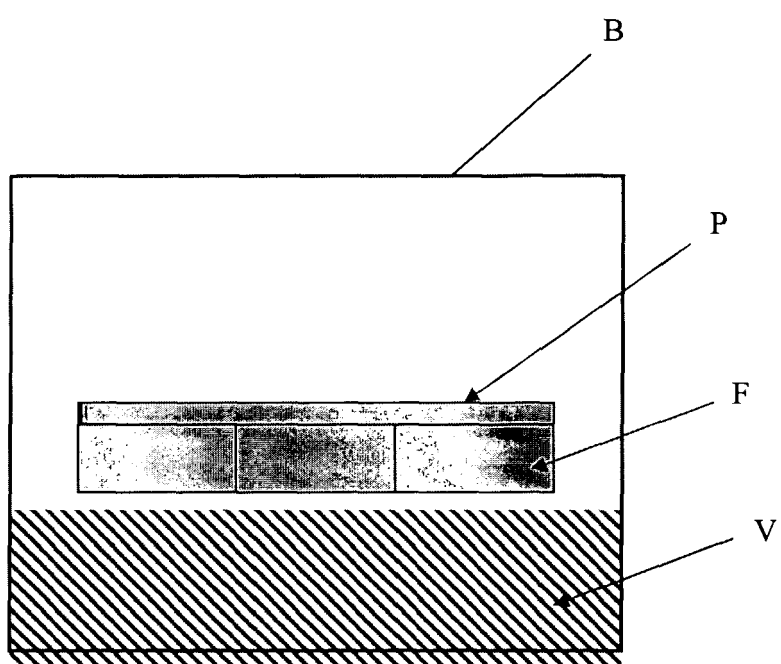


Fig. 4

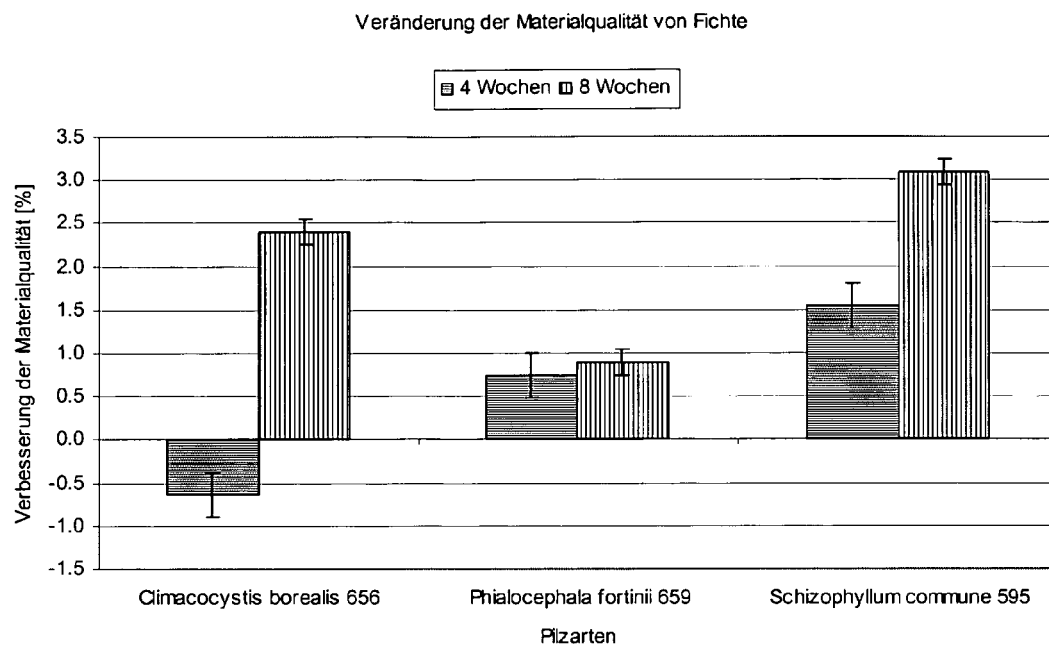


Fig. 5

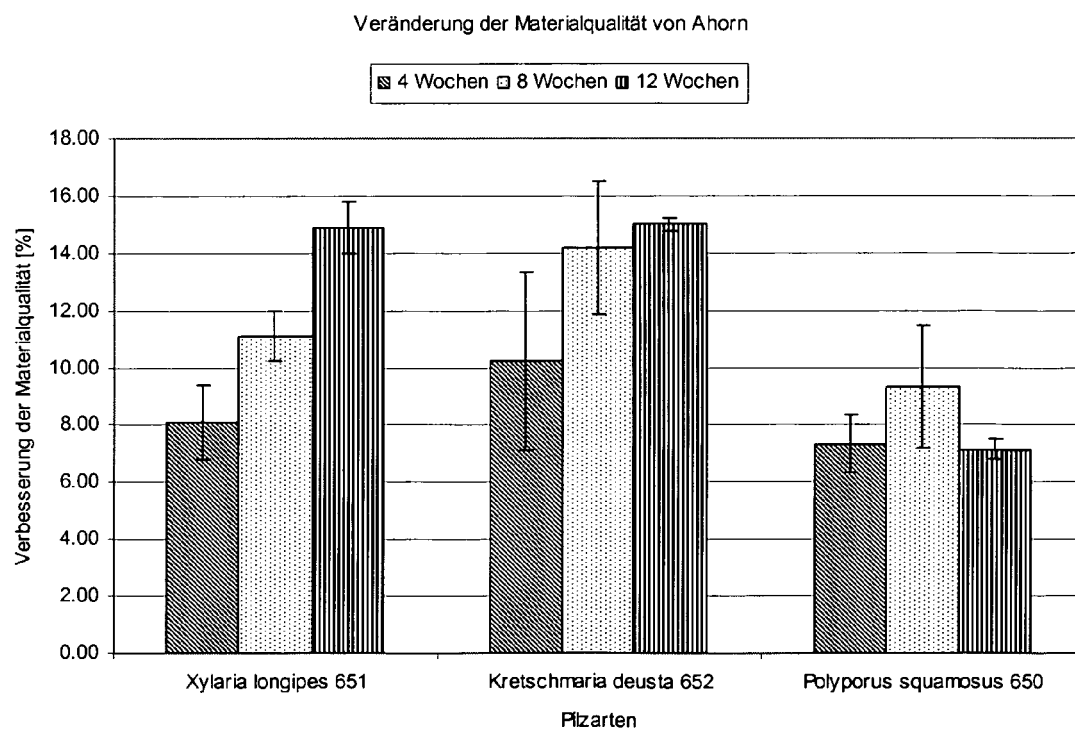
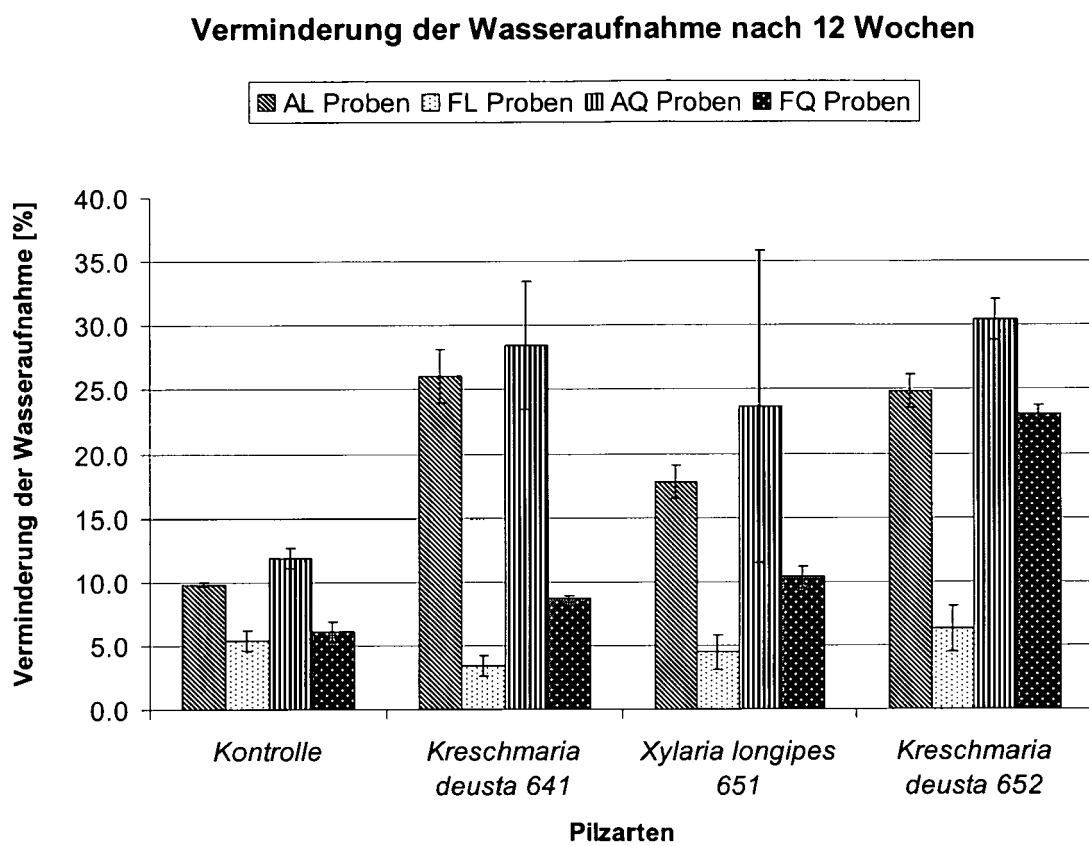


Fig. 6





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 06 00 9565

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	BUNCE, NIGEL ; HUNT, JIM: "How do you make a Better Violin?" THE SCIENCE CORNER, [Online] 7. Oktober 1987 (1987-10-07), Seiten 1-1, XP002389001 University of Guelph Gefunden im Internet: URL:http://web.archive.org/web/20050212095658/http://www.physics.uoguelph.ca/summer/scor/articles/scor166.htm> [gefunden am 2006-07-05] * Seite 1, Zeile 38 - Zeile 43 *	1-10	INV. G10D1/00
X	CARLA HELFFERICH: "Songs from Alaska's Spruce" ALASKA SCIENCE FORUM, [Online] 24. Oktober 1990 (1990-10-24), Seiten 1-2, XP002389002 Gefunden im Internet: URL:http://web.archive.org/web/20041012215419/http://www.gi.alaska.edu/ScienceForum/ASF10/1001.html> [gefunden am 2006-07-06] * Seite 2, Zeile 8 - Zeile 18 *	1-10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) G10D
A	OBATAYA, ONO, NORIMOTO: "Vibrational Properties of Wood along the Grain" JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE, Bd. 35, 2000, Seiten 2993-3001, XP002389003 * Zusammenfassung * * Absatz [0001] *	1-10	
A	EP 0 363 559 A (WAHL, EUGENE A) 18. April 1990 (1990-04-18) * Spalte 3, Zeile 38 - Zeile 43 *	1,2	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 6. Juli 2006	Prüfer De Vos, L
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 06 00 9565

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

06-07-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0363559	A	18-04-1990	KEINE

EPO FORM P0481

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 01119531 A [0009]