Europäische Holzarten und ihre Verwendung im Musikinstrumentenbau

Baccalaureate Thesis

Submitted by

Marie Bernadette Brandstätter

Matrikelnummer 1340611

Supervisor: Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Michael Grabner
Institute of Wood Science and Technology
Department of Material Sciences and Process Engineering
University of Natural Resources and Applies Life Sciences
BOKU - Vienna

August 2016

Abstract/Keywords

Die einzigartigen mechanischen und akustischen Eigenschaften, wie auch die Ästhetik des Holzes, machen es zu einem ideal geeigneten Material für den Einsatz im Musikinstrumentenbau. Aus den europäischen Holzarten können eine Vielzahl von Holzarten für den Bau von Streich- und Zupfinstrumenten, Schlaginstrumenten, Holzblasinstrumenten und Tasteninstrumenten eingesetzt werden. Die typischen Verwendungsbereiche der unterschiedlichen Holzarten im Musikinstrumentenbau bezogen auf Bearbeitung, Konstruktion, Schallleitfähigkeit und akustische Eigenschaften werden geschildert. Die Messung der Schallgeschwindigkeit zeigt die Charakterisierung bezogen auf die unterschiedlichen Instrumententypen. Beispielsweise sind Hölzer mit geringer und hohen Werten der Schallgeschwindigkeit geeignet Resonanzböden und Resonanzdecken und haben einen erheblichen Einfluss auf die akustischen Eigenschaften. Geringe Schallgeschwindigkeitswerte und hohe Werte der Dichte zeigen jene Holzarten, welche im Bereich der Holzbalsinstrumente Verwendung finden.

Schlüsselwörter:

Europäische Holzarten; akustische Eigenschaften; Materialauswahl; Musikinstrumente; Schallgeschwindigkeit;

Inhaltsverzeichnis

1.		Einleitung							
2.		Mat	erial	l und Methode	6				
	2.	1.	Lite	eraturrecherche	6				
	2.2	2.	Bef	ragungen von Instrumentenbauern	6				
		2.2.	1.	Auswahl der Interviewpartner	6				
		2.2.	2.	Erstellung des Befragungsleitfadens	7				
		2.2.	3.	Durchführung und Auswertung der Befragungen	8				
	2.3	3.	Prü	fung der Schallleitfähigkeit	8				
		2.3. Pro		Probenauswahl Probenbeschaffenheit Probenlagerung beschriftung	8				
		2.3.	2.	Prüfgerät – Ultra-Sonic-Tester	9				
		2.3.	3.	Prüfvorgang Schallleitmessung	9				
	2.4	4.	Def	inition und Berechnung der Schallgeschwindigkeit 1	1				
		2.4.	1.	Umrechnung der Messwerte in die Schallgeschwindigkeit	1				
3.		Eur	opäi	sche Holzarten und ihre Verwendung im Musikinstrumentenbau 1	2				
	3.1. Allgemeine Qualitätsansprüche und Kriterien der Holzauswahl für den Musikinstrumentenbau								
	3.2 Ei			zer für Streich und Zupfinstrumente (Kriterien, Anforderungen, aften)	Ĺ3				
	3.3	3.		zer für Schlaginstrumente (Kriterien, Anforderungen, Eigenschaften					
	3.4 Eig			zer für Holzblasinstrumente (Kriterien, Anforderungen, aften)	16				
	3.5	5.	Höl	ölzer für Tasteninstrumente (Kriterien, Anforderungen, Eigenschaften)					
	3.6	-		zartenliste1					
4.		Sch	allg	eschwindigkeit europäischer Holzarten2	2				
		.1. Allgemeine Charakterisierung der Schallgeschwindigkeit europäischer lolzarten							
	4.2 de			arakterisierung der Schallgeschwindigkeit europäischer Holzarten fü kinstrumentenbau					
	4.3 we	_		arakterisierung weiterer Hölzer für den Musikinstrumentenbau, cht typischerweise eingesetzt werden	31				
5.				folgerung/Fazit					
6.		Zus	amn	nenfassung	35				
7.		Sur	nma	ry	36				
8.		Ver	zeicl	hnis	37				
	8.′	1.	Lite	eraturverzeichnis	37				

8.2.	Abbildungsverzeichnis	43				
8.3.	Tabellenverzeichnis	43				
9. Anl	hang	44				
9.1. Interviewleitfaden Hölzer im Instrumentenbau						
9.2. Quellenangabe Tabelle 1 - europäische Holzarten und ihre Verwendung im Instrumentenbau						
9.3.	Interviewprotokolle	48				
9.4.	Datenblatt Ultrasonic-Tester	78				
9.5.	Tabellen Messergebnisse	80				
9.5	5.1. Liste geprüfter Hölzer	80				
9.5	5.2. Daten Ultrasonic Messung	82				
9.5	5.3. Tabelle Messwerte Schallgeschwindigkeit in m/s	94				
9.5	5.4. Tabelle Messwerte Dichte in g/cm³	96				
9.5	5.5. Tabelle Messwerte Biege – E-Modul in GPa	98				

1. Einleitung

Holz ist auf Grund seiner einzigartigen und speziellen mechanischen und akustischen Eigenschaften, das am besten geeignetste Rohmaterial für den Musikinstrumentenbau. Kein anderes Material besteht den hohen Ansprüchen Verarbeitung, Vielseitigkeit und Ästhetik, die Qualität, für den an Musikinstrumentenbau gefordert werden (WEGST 2006: RICHTER 1988), Holz spielt im Musikinstrumentenbau eine unverzichtbare Rolle. Die Kombination der unterschiedlichen Eigenschaften dieses Materials ist dafür verantwortlich, dass es nicht mehr aus dem Instrumentenbau wegzudenken ist (JOPPING 2003-2004).

Im Musikinstrumentenbau werden die unterschiedlichsten Holzarten in den verschiedenen Bereichen von Instrumententypen eingesetzt. Die Instrumententypen fordern gewisse unterschiedliche Kriterien für die speziellen Verwendungsbereiche. Allgemein lassen sich die Instrumententypen in die Bereiche Zupfinstrumente, Streichund Schlaginstrumente, Holzblasinstrumente und Tasteninstrumente einteilen. Die Auswahlkriterien der einzelnen Holzarten unterscheiden sich sogar in den einzelnen Instrumentengruppen.

In dieser Arbeit werden die Verwendungsbereiche europäischer Holzarten im Musikinstrumentenbau gezeigt. Es wird geschildert, ob diese aus optischen Gründen, konstruktiver Eigenschaften, akustischer Eigenschaften, oder wegen ihrer Bearbeitbarkeit im Instrumentenbau eingesetzt werden. Durch die Messung der Schallleitfähigkeit werden die akustischen Eigenschaften der Holzarten, welche durch die Instrumentenbauer meist intuitiv bestimmt werden, mittels physikalischer Messwerte charakterisiert. Somit wird ein Überblick über Richtwerte für die Auswahl von europäischen Holzarten und ihren Einsatz im Instrumentenbau gegeben.

2. Material und Methode

2.1. Literaturrecherche

Im Zuge der Literaturrecherche wurde eine Vielzahl an Literatur gesichtet und ausgewertet, um einen Überblick über die Verwendung der europäischen Holzarten zu erlangen. Einerseits wurde hierfür die Bibliothek der Universität für Bodenkultur Wien, das Internet und hauptsächlich ältere Fachzeitschriften für die Literaturrecherche herangezogen. Grundsätzlich wurde nach dem Schneeballprinzip, bei dem von einer Literaturquelle die Literaturangaben auf weitere Quellen durchgearbeitet werden, vorgegangen. Für die Ergebnisse wurden hauptsächlich Artikel von Fachzeitschriften herangezogen und ausgewertet.

2.2. Befragungen von Instrumentenbauern

Um ein aussagekräftiges Ergebnis neben der Literaturrecherche zu erzielen, wurden zusätzlich Befragungen mit unterschiedlichsten Instrumentenbauern durchgeführt. Befragt wurden Instrumentenbauer aus den Bereichen Streichund Zupfinstrumente, Schlaginstrumente, Holzblasinstrumente und Tasteninstrumente.

2.2.1. Auswahl der Interviewpartner

Bei der Auswahl der Interviewpartner wurde darauf geachtet, dass ein möglichst Erfahrungswerten breites Spektrum an im Instrumentenbau unterschiedliche Tätigkeitsbereiche abgedeckt werden. Die Tätigkeitsbereiche unterschieden "Pädagoge wurden in an der HTL Hallstatt für Instrumentenbauer" Musikinstrumentenbau", "Selbstständige und in "mittelständige Unternehmen". Weiters wurde nach der Ausbildungsart differenziert, wie Lehre, schulische Ausbildung, Hochschulausbildung oder Autodidakt. Wie beim Schneeballsystem wurde versucht, durch die ersten Kontaktpersonen zu weiteren möglichen Interviewpartnern zu gelangen.

Interviewpartner aus dem Bereich Streich- und Zupfinstrumente

- Alex Kanzian (Kontrabassbau)
- Christian Jablonski (Gitarrenbau)
- Fabian Traunsteiner (Kontrabassbau)
- Florian Brandstätter (Streich- und Zupfinstrumente)
- Gregor Nowak (Ukulelenbau)
- Helge Murgg (Streich- und Zupfinstrumente)
- Karl Kirchmayr (historische Musikinstrumente)
- Martin Rainer (Streichinstrumente)
- Richard Jenner (Streich- und Zupfinstrumente)

- Otto Schatzmayr (Streichinstrumente)
- Peter Fötschl (Harfenbau)
- Robert Grieshofer (Streich- und Zupfinstrumente)

Interviewpartner aus dem Bereich Schlaginstrumente

• Johannes Bock (Marimbaphone, Xylophone, Trommel)

Interviewpartner aus dem Bereich Holzblasinstrumente

- Günter Rainer (Schwegelpfeifen)
- Nick Tarasov (Mollenhauer Blockflöten)
- Rudolf Tutz (Historische Holzblasinstrumente)
- Walter Schneider (Blockflöten)

Interviewpartner aus dem Bereich Tasteninstrumente

Walter Schneider (Klavierbau)

Intervierpartner Allgemeines

 Arnold Lobisser (Gründer der Fachschule für Instrumentenbau in Hallstatt)

2.2.2. Erstellung des Befragungsleitfadens

Damit bei der Durchführung der Befragung eine gewisse Sicherheit gegeben ist und man nicht auf wichtige inhaltliche Fragen vergisst, ist ein Interviewleitfaden sehr wichtig. In diesem Fall wurde dieser in drei Teile gegliedert, nämlich in: Allgemeiner Teil, Hauptteil (Holzarten) und Abschluss.

Diese drei Teilbereiche wurden in folgende inhaltliche Themen bzw. Fragestellungen untergliedert:

Allgemeiner Teil:

- Werden europäische Holzarten verwendet/eingesetzt?
- Nach welchen Kriterien wird das Klangholz für die weitere Bearbeitung ausgewählt? (Unterschied Nadelholz, Laubholz, Konstruktionsholz)
- Was sind die Hauptkriterien f
 ür Klangholz?

Hauptteil:

- Liste mit Holzarten
 - Wird diese Holzart verwendet JA/NEIN?; für welche Bauteile, Eigenschaften, Funktion, Bearbeitung, Struktur, akustische Eigenschaften, Steifigkeit, Gewicht/Dichte, Haptik, Ansprache, Optik;
- Weitere noch nicht genannte Holzarten und ihre Verwendung?

Abschluss:

- Physikalische Messmethoden um die akustischen Eigenschaften zu bestimmen?
 - Erfahrungen, persönliche Einstellung, Wirtschaftlichkeit, Sinnhaftigkeit,...

In Punkt 9.1. im Anhang ist der erstellte und bei den Befragungen verwendete Leitfaden zu finden.

2.2.3. Durchführung und Auswertung der Befragungen

Zu einem Großteil wurden die Befragungen in Form eines persönlichen Gespräches durchgeführt. Zwei Befragungen wurden per Telefongespräch abgehalten. Lediglich eine Befragung wurde in schriftlicher Form mittels E-Mail durchgeführt. Die Gespräche wurden mit Erlaubnis der Interviewpartner aufgezeichnet, von der Interviewerin zusammengefasst und sind im Anhang der Arbeit eingefügt. Die Dauer der einzelnen Befragungen lag zwischen einer halben Stunde bis ca. zweieinhalb Stunden.

2.3. Prüfung der Schallleitfähigkeit

Durch die Messung der Schallleitfähigkeit sollen die akustischen Eigenschaften, welche vom Instrumentenbauer intuitiv bestimmt werden, durch einen physikalisch messbaren Messwert charakterisiert werden. Des Weiteren sollen charakteristische Richtwerte für die Schallleitfähigkeitswerte europäischer Hölzer, egal ob diese im Instrumentenbau eingesetzt werden oder nicht, festgelegt und verglichen werden. Insgesamt wurde von 59 Holzarten, namentliche Listung siehe Anhang 9.5 Tabellen Messergebnisse – Liste geprüfter Hölzer, die Schallleitfähigkeit in Faserrichtung (längs) bestimmt.

2.3.1. Probenauswahl | Probenbeschaffenheit | Probenlagerung | Probenbeschriftung

Für die Prüfung wurden Massivholzproben mit den Abmessungen 10x10x150mm (teilweise 120mm), wie in Abbildung 1 gezeigt, verwendet. Bei der Auswahl der Proben wurde darauf geachtet, dass sie der Qualität von Normproben (fehlerfrei, keine Faserabweichungen, keine Äste,



Abbildung 1 Probenbeschaffenheit

stehende Jahrringe) entsprechen. Es wurden wenn möglich je 10 Proben pro Holzart, welche den gewünschten Anordnungen entsprechen ausgewählt. Abweichungen der einzelnen Probenqualität und geringere Probenumfänge bei den einzelnen Holzarten sind in der Tabelle im Anhang 9.5.2. Daten Ultrasonic Messung angeführt und dokumentiert. Im Idealfall waren die Jahresringe stehend ausgerichtet (HOLZ et al. 1997). Gelagert und klimatisiert wurden die Proben im Klimaschrank mit einer Holzfeuchte von 12%.

Die Beschriftung der Proben erfolgte nach folgendem System:

1.99.3 1 ... ist die Kennzahl der Holzart

99 ... ist der Standort

3 ... nummerische Ordnung (1 bis 10)

2.3.2. Prüfgerät – Ultra-Sonic-Tester

Die Prüfung der Schallleitfähigkeit wird mit einem Ultrasonic-Tester, siehe Abbildung 2, (Ultraschallmessgerät) durchgeführt. Dieses Messgerät misst die Schallleitfähigkeit mittels einer zerstörungsfreien Prüfmethode, bei welcher zwei (Sender Messköpfe und Empfänger), Impulse durch das



Abbildung 2 Ultrasonic-Tester

Prüfmaterial senden. Gemessen wird mit Hilfe von Schallimpulsen im Ultraschallbereich (HAPLA 2000) mit einer Frequenz von 55 kHz, in einem Messbereich von 0-2m und einer Auflösung von 0,0001s (1µs). Das Datenblatt zu diesem Messgerät findet man im Anhang unter Punkt 9.4. Datenblatt Ultrasonic-Tester.

2.3.3. Prüfvorgang Schallleitmessung Dichtemessung:

Für die Darstellung von Zusammenhängen mit anderen Messwerten und für die Berechnung der Schallleitfähigkeit wurde die Dichte der einzelnen Proben bestimmt. Dies erfolgte manuell mittels einer Schiebelehre und einer Waage auf 1/100 Gramm und Millimeter genau. Die Messgeräte waren mit den Computer verbunden und wurden direkt in ein Excel-File übertragen. Des Weiteren wurde aus diesen Werten die Dichte berechnet. All diese Messungen wurden bei Normklima durchgeführt.

Schallgeschwindigkeitsmessung:





Abbildung 4 Kalibrierung Untrasonic-Tester

Abbildung 3 Messvorgang

Zu Beginn jeder Messung muss das Messgerät mittels der dazugehörigen Kalibierstäbe geeicht werden. Abbildung 3 zeigt die Kalibrierung des Messgerätes mittels Kalibrierstab (51 µs). Um während des Prüfvorganges Messfehler und Messungenauigkeiten zu vermeiden, sollte das Messgerät immer wieder kalibriert und auf die Genauigkeit kontrolliert werden.

Bei der Messung der Schallleitfähigkeit werden die beiden Messköpfe stirnseitig an die Probe gepresst und die Messung wird vom Ultrasonic-Tester selbstständig durchgeführt, indem Impulse durch das zu testende Material gesendet werden. Diese Prüfmethode, wie in Abbildung 4 gezeigt wird, ist zerstörungsfrei. Während der Messung kann man nur ein leises Knacken, wenn der Impuls gesendet wird, wahrnehmen. Am Display des Messgerätes wird ein Wert mit der Einheit µs ausgegeben, welcher in die Schallgeschwindigkeit mittels der Probenlänge umgerechnet wird.

Abweichungen können bei dieser Messung durch einige Einflussfaktoren verursacht werden. Wichtig ist eine Konstantheit aller Einflussfaktoren um die Fehlerquellen zu vermeiden. Beeinflusst wird die Ultraschallmessung durch die Holzfeuchte, Oberflächenstruktur (Frühholz, Spätholz, Porigkeit), Oberflächenbeschaffenheit (sägerau, gefräst, geschliffen, verschmutzt), Umgebungstemperatur, Holzfehler, Äste und Faserabweichungen.

Beobachtungen bei den Messungen haben gezeigt, dass bei Hölzern mit einer homogenen Struktur schneller ein Messergebnis erzielt wird als bei inhomogenen, ringporigen Hölzern und Hölzern mit Fehlern. Des Weiteren benötigt das Messgerät eine längere Zeit bei der Ausgabe des Wertes bei Hölzern mit Splint- und Kernanteil, da die Schallleitfähigkeit von der Dichte beeinflusst wird. Während der Messung ist es auch besonders wichtig, mit gleichbleibendem Druck die beiden Messköpfe an die Probe zu drücken, da auch hier Messfehler entstehen können.

Aufgrund der Vielzahl an Fehlerquellen sind Wiederholungen der Messung bei einzelnen Proben notwendig, um verwertbare Ergebnisse zu erlangen. Weiteres muss man anmerken, dass die Messung mittels Ultraschallimpulsen systematisch höhere Werte angibt, als Messungen mit Frequenzen im hörbaren Frequenzbereich (HAPLA et al. 2000).

2.4. Definition und Berechnung der Schallgeschwindigkeit

Als Schall werden mechanische Schwingungen und Wellen eines elastischen Mediums, wie gasförmig, fest oder flüssig, in dem für den Menschen hörbaren Frequenzbereich von 16Hz (20Hz) bis 20kHz definiert. Töne und Klänge werden durch harmonische und reine Schwingungen erzeugt, unangenehme Geräusche entstehen durch unregelmäßig überlagerte Schwingungen. Im Allgemeinen sind Schallwellen Längswellen (KOLLMANN 1983, KOLLMANN 1951).

Laut Kollmann (1983) errechnet sich die Schallgeschwindigkeit c bei festen Körpern aus der Steife gegen elastische Verformung, bei Dehnwellen aus dem Elastizitätsmodul E [GPa] und der Rohdichte ρ [g/cm³ oder kg/m³].

Schallgeschwindigkeit
$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$
 [m/s] (1)

Dichte
$$\rho = \frac{m}{V} \left[g/cm^3 \text{ oder kg/m}^3 \right]$$
 (2)

m ... Masse [g oder kg]

V ... Volumen [cm³ oder m³]

2.4.1. Umrechnung der Messwerte in die Schallgeschwindigkeit Um aus den gemessenen Werten der Ultraschallmessung mittels des Ultrasonic-Testers verwertbare Ergebnisse zu erlangen, müssen diese mittels der Längen der einzelnen Proben aufgerechnet werden, siehe Formel (3).

Schallgeschwindigkeit
$$c = \left(\frac{l}{c_{gem}}\right) * 1000 \text{ [m/s]}$$
 (3)

I... Länge Probe [mm]

c_{qem} ... Messwert [µs]

3. Europäische Holzarten und ihre Verwendung im Musikinstrumentenbau

Holz ist ein unerlässliches Rohmaterial für den Musikinstrumentenbau. Für jeden Verwendungsbereich im Instrumentenbau gibt es Hölzer, welche die passenden Eigenschaften aufweisen (RICHTER 1988). Kein anderes Material spielt eine so große und unverzichtbare Rolle im Musikinstrumentenbau (JOPPING 2003-2004). So wichtig und bedeutend das Material Holz für den Instrumentenbau auch ist, werden dementsprechend auch die höchsten Qualitätsansprüche an dieses Material und ihre Verwendung dafür gestellt. Für Instrumente werden nur Hölzer bester und edelster Qualität verwendet, diese vorwiegend hochwertigen Qualitäten haben natürlich einen dementsprechend hohen Preis (DAHMS 1995a).

Grundsätzlich können die Instrumententypen gegliedert werden in Streich- und Zupfinstrumente (Chordophone), Schlaginstrumente (Membranophobe, Ideophone), Holzblasinstrumente (Aerophone) Tasteninstrumente und (Chordophone). Jeder dieser Bereiche stellt andere Anforderungen an das verarbeitete Material Holz, dadurch sind auch die Verwendungsbereiche der einzelnen Holzarten teilweise sehr breit gefächert und andererseits in gewissen Bereichen eher eingeschränkt. Im Folgenden wird auf die allgemeinen Auswahlkriterien bei der Holzauswahl für den Instrumentenbau, Anforderungen und gewünschten Eigenschaften der Hölzer für die unterschiedlichen Instrumententypen und die dafür verwendeten Holzarten näher eingegangen.

3.1. Allgemeine Qualitätsansprüche und Kriterien der Holzauswahl für den Musikinstrumentenbau

Wie zuvor schon genannt, unterliegt die Verwendung des Holzes im Instrumentenbau unterschiedlichen Entscheidungskriterien. Hierbei wird unterschieden zwischen der Schallausbreitung, dem optischen Erscheinungsbild und den biologischen und physikalischen Eigenschaften. (DAHMS 1995a) Allgemein können für alle Bereiche im Instrumentenbau folgende Kriterien und Qualitätsansprüche festgelegt werden:

Ein gleichmäßiger Wuchs des Holzes wird in allen Bereichen gewünscht und teilweise sogar vorausgesetzt. Egal ob beim Nadelholz einer Resonanzdecke oder beim Laubholz für Holzblasinstrumente. Ein gerader Faserverlauf auf Grund der Wuchsperfektion zeichnet ein optimal geeignetes Material aus (KANZIAN 2016, TRAUNSTEINER 2016, NOWAK, RICHTER 1988). Holzfehler, wie Äste, Drehwuchs, Druckholz, Rotjährigkeit, Faserabweichungen,

Harzgallen oder Pilzbefall, werden im Instrumentenbau nicht akzeptiert. Ausnahmen sind besondere Wuchsformen, die aus optischen Gründen gerne eingesetzt werden, wie Riegel, Maserungen, Vogelaugen und Haselwuchs (TRAUNSTEINER 2016, MURGG 2016). Wichtig für den Instrumentenbau ist die Homogenität der eingesetzten Holzarten. Da Holz grundsätzlich kein homogenes Material ist und jeder Stamm und auch innerhalb eines Stammes, die Eigenschaften und die Struktur variiert (KIRCHMEYR 2016), wird versucht, Elemente mit annähernd gleichen Eigenschaften und einer guten homogenen Struktur und Aufbau zu verwenden. Die Dichte, Härte und die Elastizität sind Faktoren, welche für die Klangfärbung neben der ganz entscheidend maßgebenden Konstruktion der Instrumente, verantwortlich sind (BRANDSTÄTTER 2016, JENNER 2016, LOBISSER 2016).

3.2. Hölzer für Streich und Zupfinstrumente (Kriterien, Anforderungen, Eigenschaften)

Im Bau der Streich- und Zupfinstrumente werden an die verwendeten Hölzer die unterschiedlichsten Ansprüche gestellt, wodurch die Holzartenauswahl am Vielseitigsten ist (DAHMS 1995g).

lm Streichund Zupfinstrumentenbau, also im generellen Saiteninstrumentenbau, wird die Fichte (Picea abies), besonders die Haselfichte als Holz für die Resonanzdecken und Resonanzböden eingesetzt. Die Fichte (Picea abies) weist die typischen und besten Eigenschaften für diesen Verwendungsbereich auf (TRAUNSTEINER 2016, DOMONT). Diese besonderen Eigenschaften sind eine Kombination hoher Steifigkeit, Elastizität und einem geringem Gewicht (DAHMS 1995, RAINER M. 2016). Die Fichte (Picea abies) ist klanglich einzigartig und entspricht seit Jahrhunderten den Klangbildvorstellungen der Menschen. Bis heute hat man noch kein besseres Material als die Fichte (Picea abies) für Resonanzböden und Resonanzdecken gefunden (JABLONSKI 2016, BRANDSTÄTTER 2016, MURGG 2016).

Im Streichinstrumentenbau wird fast ausschließlich die Fichte (*Picea abies*) für die Resonanzdecken verwendet, in ganz seltenen Fällen auch die Tanne (*Abies alba*) (RAINER M. 2016, HAPLA 2000). Für Zupfinstrumente werden Resonanzdecken neben der Fichte (*Picea abies*) auch aus Zeder (*Cedrus*), Tanne (*Abies alba*) oder Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) gefertigt (MURGG 2016, NOWAK 2016). Die Zeder (*Cedrus*) wird typischerweise im spanischen Gitarrenbau als Deckenholz verwendet (BRANDSTÄTTER 2016, TRAUNSTEINER 2016, JABLONSKI 2016).

Böden und Zargen von Streichinstrumenten werden hauptsächlich aus Ahorn (Acer pseudoplatanus) gefertigt, da dieser den optischen und klanglichen Anforderungen und Erwartungen entspricht (HOLZ 1997, BARISKA 1996, LORENZ). Ahorn (Acer pseudoplatanus) wird teilweise aufgrund von Verfügbarkeitsproblemen und Mangel an verfügbaren Dimensionen, besonders bei größeren Instrumenten, durch Pappel (Populus spp.), Weide (Salix spp.) und Platane (Platanus hybrida) ersetzt (ZIMMERMANN 1996, TRAUNSTEINER KANZIAN 2016. SCHATZMAYR 2016). lm 2016, Bogenbau Streichinstrumente "können die europäischen Harthölzer mit dem hochfesten, homogenen Aufbau der tropischen Hölzer nicht mithalten" (HOLZKURIER 2004) und sind dadurch nicht für Bögen geeignet. Die hierfür typischerweise eingesetzte tropische Holzart ist das Fernambukholz (Guilandia echinata Spreng.), dieses weist die besten Eigenschaften betreffend Elastizität und Steifigkeit auf.

Die Optik ist bei Boden und Zargen im Streichinstrumentenbau sehr wichtig. Besonders tiefgeriegelte Hölzer und große Spiegelflächen sind sehr begehrt. typischen Holzarten Anforderungen liefern die pseudoplatanus), Pappel (Populus spp.), Weide (Salix spp.) und Platane (Platanus hybrida). Der helle Farbton dieser Holzarten gewährleistet auch eine Behandlung der Oberflächen schöne farbliche (RAINER 2016, SCHATZMAYER 2016).

Für Böden und Zargen von Zupfinstrumenten wird eine Vielzahl von Holzarten eingesetzt wie z.B. div. Obsthölzer, Ahorn (Acer pseudoplatanus), Nuss (Juglans regia), Olive (Olea europea), Mehlbeere (Sorbus aria), Elsbeere (Sorbus torminalis), Ulme (Ulmus spp.) usw. Das optische Erscheinungsbild ist hier von besonderer Bedeutung. (JABLONSKI 2016, BRANDSTÄTTER 2016). Für die Späne von historischen Lautenmuscheln wurde sehr gerne die Eibe (Taxus baccata) verwendet, da der Splint und der Kern abwechselnd optisch ein sehr schönes Bild ergeben (MURGG 2016, HOPFNER).

Für die Innenkonstruktion wie Reifchen, Klötze, Futterleisten und weiteren Konstruktionselementen von Streich- und Zupfinstrumenten wird sehr gerne Linde (*Tilia spp.*) eingesetzt. Diese Holzart lässt sich gut bearbeiten, biegen, ist sehr weich und hat ein geringes Gewicht, wodurch die Instrumente nicht zusätzlich schwerer sind, als sie sein müssen (TRAUNSTEINER 2016, NOWAK 2016, MURGG 2016). Aufgrund der leichten und guten Bearbeitbarkeit wird die Linde (*Tilia spp.*) sehr gerne für Schnitz- und Ziereinlagen eingesetzt und farblich an andere Hölzer angepasst (BRANDSTÄTTER 2016).

3.3. Hölzer für Schlaginstrumente (Kriterien, Anforderungen, Eigenschaften)

Hier muss man unterscheiden zwischen dem Trommelbau, dem Xylophon- und Marimbabau. Im jeweiligen Bereich werden unterschiedliche Anforderungen an das verwendete Holz gestellt und auch unterschiedliche Eigenschaften berücksichtigt (RICHTER 1988, BOCK 2016).

Beim Bau von Marimbaphone und Xylophone wird besonders auf einen des verarbeiteten Holzes geachtet. Verwendungsbereich werden Hölzer mit einem hohen E-Modul, einer hohen Dichte und einer niedrigen Dämpfung verwendet. Typischerweise werden hierfür Tropenhölzer eingesetzt, da sie die besten klanglichen Ergebnisse erzielen und ausgezeichnete Instrumente daraus entstehen. Aus dem Kreis der europäischen Holzarten ist einzig und allein die Robinie (Robinia pseudoacacia) für den Bau von Marimbaphone geeignet und eine gute Alternative zu den Tropenhölzern. Alle anderen Hölzer sind weit abgeschlagen, bezogen auf die Dämpfungseigenschaften. Leider muss man allerdings anmerken, dass die Robinie (Robinia pseudoacacia) nicht so gute Ergebnisse erzielt, wie die typischerweise eingesetzten Tropenhölzern und dadurch maximal mittelklassige Instrumente geeignet ist (Bock 2016).

Für den Bau von Trommelkorpora wird eine Vielzahl von Holzarten verwendet. Die Trommelkorpora werden aus einem ganzen Stamm (einem Stück) herausgefräst. Wichtig in diesem Verwendungsbereich ist, dass der Stammabschnitt keine Äste, Wuchsanomalien, Fehler, morsche Bereiche oder Kernfäule und möglichst keine Risse, welche aufgefüllt werden müssen, aufweist. Man muss auch das Trocknungsverhalten der verwendeten Holzart kennen, da die Korpora im feuchten Zustand gefertigt werden und dann schonend getrocknet werden, um ein Reißen des Holzes zu vermeiden. Die Feinjährigkeit der Holzstruktur ist nebensächlich, der zentrische Wuchs und die Fehlerfreiheit sind viel wichtiger bei der Holzauswahl (BOCK 2016). "Der Rahmen der Trommeln ist hohen Membranspannungen ausgesetzt, muss also entsprechend hohe Längs- und Querdruckfestigkeiten aufweisen" (BARISKA 1996a). Ein wichtiger Aspekt im Trommelbau ist die Optik, weshalb sehr auf die Farbgebung und die optischen Eigenschaften der Hölzer geachtet wird. Welche Holzarten für den Trommelbau eingesetzt werden sind in Tabelle 1 ersichtlich (BOCK 2016).

3.4. Hölzer für Holzblasinstrumente (Kriterien, Anforderungen, Eigenschaften)

Bei Holzblasinstrumenten erfolgt die Tonerzeugung durch eine schwingende Luftsäule, wobei das Wandmaterial Holz diese Luftsäule umschließt. "Tonhöhe, Tonumfang und Lautstärke sind vom Material unbeeinflusst", diese werden beispielsweise vor allem von der Mensur, Lochgröße und der Länge der schwingenden Luftsäule charakterisiert (DAHMS 1995f). Das elastische Verhalten der eingesetzten Hölzer kann jedoch den Klang- und Toncharakter der Holzblasinstrumente durchaus beeinflussen (DAHMS 1995f).

Hölzer für die Verwendung von Holzblasinstrumenten müssen astfrei, eng gewachsen, homogen, geradwüchsig, gut zugeschnitten, abgelagert, getrocknet und rissfrei sein (TARASOV 2016). Die wichtigsten Eigenschaften sind eine hohe Dichte, gute Härte/Festigkeit und langsamer Wuchs (feinjährig). Zusätzlich ist die Dimensionsstabilität besonders wichtig (DAHMS 1995f, WOLFSTEINER 2005, RAINER 2016). Die Dimensionsstabilität ist deshalb von großer Bedeutung, da durch das ständige Einblasen feuchter Luft, dem Blasköper Feuchtigkeit zugeführt wird und die Pilzempfindlichkeit gefördert wird (DAHMS 1995f, TARASOV 2016).

Für den Blockflötenbau haben sich besonders die Holzarten Birne (*Pirus spp.*), Ahorn (*Acer pseudoplatanus*) und Zwetschke (*Prunus domestica*) bewährt (DAHMS 1995f, SCHNEIDER 2016, TARASOV 2016). Wobei die Birne (*Pirus spp.*), bessere Eigenschaften hat als der Ahorn (*Acer pseudoplatanus*), da dieser durch die Feuchtebeanspruchung zu schimmeln beginnt. Weiteres stellen sich durch den Feuchteeinfluss die Fasern des Ahorns auf und die Flöte muss dadurch nachbearbeitet werden. Dies ist bei der Birne nicht der Fall. Es werden auch Blockflöten aus Kirsche (*Prunus avium*) und Hainbuche (*Carpinus betulus*) (TARASOV 2016) oder aus Buchsbaum (*Buxus sempervirens*) und Olive (*Olea europea*), (SCHNEIDER 2016) hergestellt.

Im Schwegelpfeifenbau werden sehr viele heimische (europäische) Hölzer eingesetzt. Die Birne (*Pirus spp.*) ist das traditionelle Holz für Schwegelpfeifen, andere Hölzer welche eingesetzt werden sind Ahorn (*Acer pseudoplatanus*), Eibe (*Taxus baccata*), Zwetschke (*Prunus domestica*), Dirndlbaum (*Cornus mas*), Kirsche (*Prunus avium*), Spindelbaum (*Euronymus europaeus*), Apfel (*Malus domestica*), Buchsbaum (*Buxus sempervirens*), Elsbeere (*Sorbus torminalis*), Hollunder (*Sambucus nigra*), Heckenkirsche (*Lonicera spp.*) usw. (RAINER 2016, WOLFSTEINER 2005).

Für den Bau historischer Holzblasinstrumente (Klarinetten, Oboen, Flöten) wird typischerweise der Buchsbaum (Buxus sempervirens) verwendet, welcher auch die benötigten Eigenschaften der Dichte, Härte und Feinjährigkeit aufweist und eine gute Dimensionsstabilität besitzt (DAHMS 1995f, TUTZ 2016). Heute findet diese Holzart nur noch im Bereich der Restauration Verwendung, da sie in ihrer baumwüchsigen Form kaum mehr erhalten ist und dadurch die benötigten Dimensionen fehlen. Buchsbaum (Buxus sempervirens) war über Jahrhunderte das wichtigste Holz im Blasinstrumentenbau (HOPFNER).

3.5. Hölzer für Tasteninstrumente (Kriterien, Anforderungen, Eigenschaften)

In dieser Instrumentengruppe ist der Holzeinsatz aufgrund der Dimensionen der Instrumente viel voluminöser als bei anderen Instrumenten. Hölzer die im Tasteninstrumentenbau Verwendung finden, werden nach ihrem Verwendungsbereich und den dafür benötigten Eigenschaften unterteilt (DAHMS 1995g, SCHNEIDER 2016).

Für den Resonanzboden wird feinjährige Fichte (*Picea abies*) höchster Qualität eingesetzt. Die Auswahl des Holzes erfolgt nach den zuvor genannten Kriterien bezüglich Fehler und Struktur, hier ist allerdings zu nennen, dass im Bereich des Klavierbaues aufgrund der großen Dimensionen die Jahrringstruktur nicht so fein ist wie bei Streich- und Zupfinstrumenten (HOLZKURIER 2002a, HOLZKURIER 2002b, SCHNEIDER 2016). "Die Resonanzplatte bei Klavieren hat mehr als 600 Kilogramm Saitendruck zu tragen und muss so über eine ziemlich hohe Biegefestigkeit verfügen" (BARISKA 1996a).

Jene Elemente auf die Kräfte übertragen werden, sind aus Laubhölzern gebaut. Der Stimmstock wird beispielsweise aus Buche (Fagus sylvatica) und Ahorn (Acer pseudoplatanus) gefertigt und nimmt die Zugkräfte der Saiten auf (HOLZKURIER 2002b). Neben der Buche (Fagus sylvatica) werden auch die Eiche (Quercus spp.), Hainbuche (Carpinus betulus), Kirsche (Prunus avium) und die Nuss (Juglans regia) allgemein für konstruktive Bauteile für den Kastenbau und für Anbauteile eingesetzt. Die Hammerstiele sind aufgrund der guten Elastizität aus Birke (Betula spp.) gefertigt. Diese werden angeklopft, hell/hoch klingende finden ihre Verwendung im Diskantbereich (hohe Töne), dumpf und tief klingende kommen in den Bassbereich (SCHNEIDER 2016).

An die Sichtflächen des Korpus bei Tasteninstrumenten werden besonders optische Ansprüche gelegt. Hier können eine Vielzahl von Holzarten eingesetzt werden. Welche Holzart verwendet wird, hängt mit der weiteren Oberflächenbehandlung und dem gewünschten Erscheinungsbild zusammen.

Der Ahorn (Acer pseudoplatanus) wird beispielsweise bei sichtbarer Oberflächenbehandlung aufgrund seiner schönen Optik eingesetzt, allerdings auch unter polyesterten Oberflächen, da es ein ruhiges Holz ist und nicht mehr, bzw. kaum arbeitet. Die Birne (Pirus spp.) wurde auch als Blindfurnier unter lackierten Oberflächen verwendet, allerdings ist sie dafür weniger gut geeignet. Aufgrund der Optik werden für furnierte Sichtflächen auch sehr gerne die Holzarten Eibe (Taxus baccata), Erle (Alnus glutinosa), Kirsche (Prunus avium), Nuss (Juglans regia) und Ulme (Ulmus spp.) eingesetzt (SCHNEIDER 2016).

Einen besonderen Verwendungszweck hat auch die Linde (*Tilia spp.*), für die zweiteilige Platte unter der Tastatur oder die Fichte (*Picea abies*), welche als Imitation für das weiße Elfenbein bei den Tasten eingesetzt wird (DAHMS 1995g, SCHNEIDER 2016).

3.6. Holzartenliste

Tabelle 1 zeigt europäische Holzarten und ihren Verwendungsbereich im Musikinstrumentenbau, gegliedert in optische Gründe, konstruktive Eigenschaften, Bearbeitbarkeit, Schallleitgeschwindigkeit und in das akustische Klangbild. Manche Hölzer werden sehr vielseitig in allen Bereichen des Instrumentenbaus eingesetzt, andere hingegen finden nur in einem kleinen Teilbereich ihre Verwendung.

Die Tabelle zeigt die Hölzer und ihre Verwendungsbereiche für gewisse Bauteile in den einzelnen Gruppen von Instrumententypen. Im Bereich der Optik wird unterschieden zwischen allgemeinen optischen Auswahlkriterien, beispielsweise einer schönen Farbgebung, Flammung oder Kern-Splint Farbgebung und den besonderen Maserungsformen, wie Riegel, Markstrahlen, Spiegel, Wurzelmaser, Vogelaugen oder Haselwuchs.

Konstruktiv wird unterschieden zwischen beanspruchten Elementen und der Innenkonstruktion der Musikinstrumente. Beanspruchte Elemente sind hohen Belastungskräften ausgesetzt, beispielsweise Wirbelstöcke oder Stege, aber auch Griffbretter und Wirbel zählen dazu. In Bereichen des Instrumentenbaues ist die Bearbeitung des Materials sehr wichtig und maßgeblich für die Holzartenauswahl. Ebenso haben auch die Schallleitfähigkeit und die klanglichen Eigenschaften einen Einfluss auf die Holzauswahl für den Instrumentenbau.

Die Tabelle schildert die Erfahrungswerte und Einschätzungen unterschiedlichster Instrumentenbauer. Sie bietet Richtwerte als Entscheidungshilfe für die Auswahl im Musikinstrumentenbau.

Legende:

VB ... Verwendungsbereich STI ... Streichinstrumente

ZI ... Zupfinstrumente G ... Gitarrenbau

SI ... Schlaginstrumente K ... Klaviere

HBI ... Holzblasinstrumente

O... Optik + ... besondere Maserungen + ... aus optischen Gründen

B ... Bearbeitung + ... gute Bearbeitung ~ ... schwierigere Bearbeitung

S ... Schallgeschwindigkeit MW [m/s] (...) Vergleichswerte aus Literatur

K ... Konstruktiv

A ... Akustisches Klangbild

Tabelle 1 - Europäische Holzarten und ihre Verwendung im Musikinstrumentenbau (Quellen siehe Anhang 9.2.)

HOLZART	VB	Bauteile	0	K	В	S	Α
Ahorn Acer pseudoplatanus	STI & ZI	Boden, Zarge, Hals, Steg, Wirbelkasten Trommelkorpus	+	beanspruchte Elemente	+	5111 (3800)	silbrig, helle Klang -farbe
	K	Sichtfurnier					
	HBI	Blockflöte					
Apfel	G	Boden & Zarge	+			4649	ähnlich dem Ahorn
Malus domestica	SI	Trommelkorpus					
Birke	STI & ZI	Boden & Zarge	- +		+	5510	
Betula spp.	K	Hammerstiel	_		•		
Birne Pirus spp.	STI & ZI	Boden & Zarge, Griffbrett	- +	beanspruchte Elemente		4181	voll, rund, weich und
, ,	SI	Trommelkorpus					grundtönig
	K	Blindfurnier	-				
	HBI	Blockflöte					
Buche	STI & ZI	Wirbelstock, Hals	– – b	beanspruchte Elemente		5122	
Fagus sylvatica	SI	Trommelkorpus				(4650)	
	K	Kastenbauteile					
Buchsbaum	STI & ZI	Ausbuchser	+	beanspruchte Elemente		4315	weich, hell, obertönig,
Buxus semp.	HBI	Klarinette, Flöten	_				sehr fein
Douglasie Pseudotsuga menz.	STI & ZI	Resonanzdecke				5871	
Eibe Taxus baccata	STI & ZI	Lautenmuschel Boden & Zarge	_ +		~	4676	eher hell
	SI	Trommelkorpus	- -			.0.0	
	K	Sichtfurnier					

Eiche	ZI	E-Gitarrenbody		h		
Quercus spp.	SI	Trommelkorpuse	_	beanspruchte Elemente	4727	
.,	K	Kastenbauteile			(3381- 4310)	
Esche	STI & ZI	Boden & Zarge	+	beanspruchte		zähen
Fraxinus excelsior	SI	Trommelkorpus		Elemente	5342	klanglichen Charakter
Elsbeere	STI & ZI SI	Boden & Zarge	_ +		5173	
Sorbus torminalis	<u>ی</u>	Trommelkorpus				
Erle	ZI	Innenleben	- +	Konstruktions-	5288	
Alnus glutinosa	K	Sichtfurnier	•	holz	0200	
Fichte	STI & ZI	Resonanzdecke	+	Konstruktions- holz		klar, trans-
Picea abies	K	Resonanzboden,			6282 (4500-	parent,
		Tasten			6200)	breite Klangfarbe
	HBI	Orgelpfeife				- tangang
Goldregen	HBI	Schwegelpfeife		beanspruchte	+ 4604	
Laburnum				Elemente	• 4004	
Hainbuche	STI & ZI	Kleinteile	+	beanspruchte		
Carpinus betulus	SI	Marimbaphon	- Т	Elemente		
		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·				
Hollunder	STI & ZI	Wirbel, Grifbrett Ausbuchser,	+	beanspruchte Elemente	+ 4685	
Sambucus nigra	HBI	Schwegelpfeife	_	Liemente		
Heckenkirsche	HBI	Schwegelpfeife		beanspruchte Elemente	+ 4958	
Lonicera spp.				Liomonto		
Kiefer	STI & ZI	Innenleben	_	Konstruktions- holz	5742	
Pinus sylvestris	K	Tasten				
Kirsche	STI & ZI	Boden & Zarge	+	beanspruchte Elemente		
Prunus avium	SI	Trommelkorpus			(4400)	silbrig, hell
	K	Sichtfurnier,			(/	wie Ahorn
	HBI	Kastenbau Blockflöte				
	ПЫ	Diockhole				
Linde	STI & ZI	Innenleben	_	Konstruktions- holz	5375	
Tilia spp.	K	Platte unter			(3700)	
		Tastatur				
Mehlbeere	G	Boden & Zarge		beanspruchte	5223	
Sorbus aria				Elemente	3223	
Nuss	STI & ZI	Boden & Zarge	+	beanspruchte Elemente		helle,
Juglans regia	SI	Trommelkorpus			~ 4606	blechige
	K	Sichtfurnier,			(4700)	Klangfarbe
		Kastenbau				
Olive	ZI	Boden & Zarge				weniger
Olea europea	HBI	Blockflöte	- +			durchdring -end
						brillant
Pappel	STI & ZI	Boden & Zarge	+		+ 5019	
Populus spp.			_		3013	
						<u> </u>

Platane Platanus hybrida	STI & ZI	Boden & Zarge	+		4538		
Robinie/Akazie	STI & ZI	Boden & Zarge, Griffbrett	_ +	beanspruchte Elemente	~ 5197		
	SI	Marimbaphon, Trommelkorpus					
Spindelbaum Euonymus europaeus	HBI	Schwegelpfeife		beanspruchte Elemente	+		
Schlehdorn Prunus spinosa	HBI	Schwegelpfeife		beanspruchte Elemente	+ 4604		
Tanne Abies alba	STI & ZI	Resonanzdecke		Konstruktions- holz	5672 (5256)	wie Fichte	
Ulme/Rüster	G	Boden & Zarge	L				
Ulmus spp.	SI	Trommelkorpus			4944		
	K	Sichtfurnier					
Weissdorn Crataegus spp.	HBI	Schwegelpfeife		beanspruchte Elemente	+ 4550		
Wol. Schneeball Viburnum lantana	HBI	Schwegelpfeife		beanspruchte Elemente	+ 4866		
Wachholder Juniperus communis	HBI	Orgelpfeife			+		
Weide Salix spp.	STI & ZI	Boden & Zarge, Hals	+	beanspruchte Elemente	+ 5596		
Zypresse Cypressus	G	Boden & Zarge	+			hell und brilliant	
Zwetschke	STI & ZI	Boden & Zarge	+	+		44.47	leicht,
Prunus domestica	HBI	Blockflöte, Schwegelpfeife				4147	füllig, obertönig
Zeder Cedrus	STI & ZI	Resonanzdecke	+	Konstruktions- holz	(4400)	rund, warm weiniger tranparent	

4. Schallgeschwindigkeit europäischer Holzarten

4.1. Allgemeine Charakterisierung der Schallgeschwindigkeit europäischer Holzarten

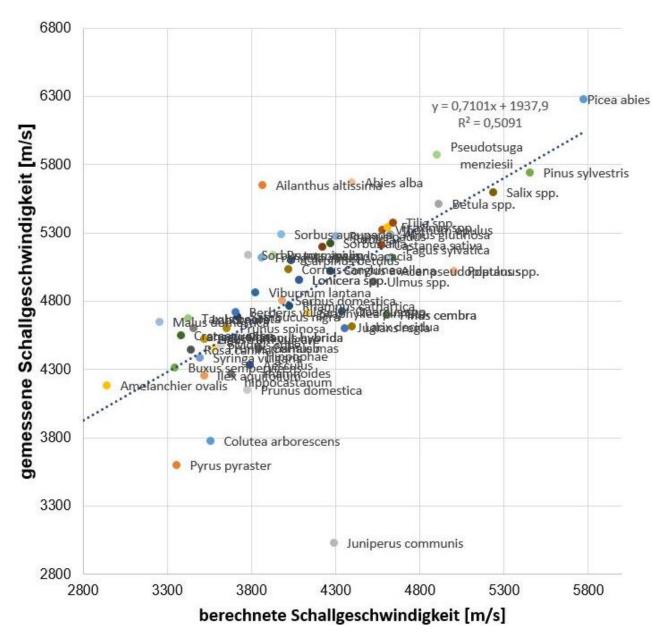


Abbildung 5 Vergleich gemessene und berechnete Schallgeschwindigkeit

Das Diagramm in Abbildung 5 zeigt den Zusammenhang zwischen den gemessenen Schallgeschwindigkeitswerten und den mittels Formel (1) berechneten Werten der Schallgeschwindigkeit. In den meisten Fällen sind die gemessenen Werte höher, als die berechneten Werte der einzelnen Holzarten. Durch die Messung mittels Ultraschallimpulsen erhält man systematisch höhere Werte, als durch die Messung im hörbaren Frequenzbereich (HAPLA 2000), dies ist auch hier sehr gut ersichtlich. Grundsätzlich ähneln sich die gemessenen Werte mit den berechneten und sind vergleichbar. Eine markante Abweichung ist allerdings beim Wacholder (Juniperus communis) zu erkennen. Hier sind die gemessenen Werte viel geringer als die berechneten, dies ist so erklären, dass Probenumfang dieser Holzart Äste zu der Faserabweichungen aufgewiesen hat und durch diese Unterschiede in der Struktur wird die Schallleitfähigkeit verringert. Bei fehlerfreien Proben würden die Werte wieder vergleichbar mit den berechneten sein.

In Abbildung 6 sind die Ergebnisse der Schallgeschwindigkeit der unterschiedlichen Holzarten geordnet, von langsam bis schnell ersichtlich. Es wird auch die Streuung der Probenumfänge dargestellt. Holzarten wie Fichte (Picea abies), Douglasie (Pseudotsuga menziesii), Tanne (Abies alba) und Kiefer (Pinus sylvestris) weisen die höchsten Werte der Schallgeschwindigkeit auf. Die geringsten Werte der Schallgeschwindigkeit zeigen die Holzarten Marille (Prunus armeniaca), Wild-Birne (Pyrus pyraster) und Blasenstrauch (Colutea arborescens) auf. Wacholder (Juniperus communis) weist die geringsten Werte der Schallgeschwindigkeit auf, auf Grund der zuvor genannten Fehler und Faserabweichungen der Proben sind diese Werte allerdings nicht verwendbar.

Die Streuung der Messwerte der einzelnen Holzarten sind teilweise sehr klein, in vielen Fällen allerdings sehr groß. Die größten Bereiche der Streuung weisen die Holzarten Walnuss (Juglans regia), Buche (Fagus sylvatica), Hundsrose (Rosa canina) und Liguster (Ligustrum vulgare) bei den Messwerten auf. Der Schwankungsbereich bei der Walnuss (Juglans regia) zurückzuführen, dass die Proben sowohl aus Kernholz, als auch aus Splintholz und einer Mischung daraus bestanden. Die Proben aus Splintholz weisen eine höhere Schallgeschwindigkeit auf, jene aus Kernholz eine niedrigere. Bei der Buche (Fagus sylvatica) ist die Streuung auch durch die unterschiedlichen Dichtewerte der Proben zu erklären, je höher die Dichte, desto höher sind die Werte der Schallgeschwindigkeit. Die Messwerte der Hundsrose (Rosa canina) weisen einen sehr hohen Bereich der Streuung auf, da die Proben Fehler in Form von Ästen und unterschiedlicher Strukturen aufgewiesen haben.

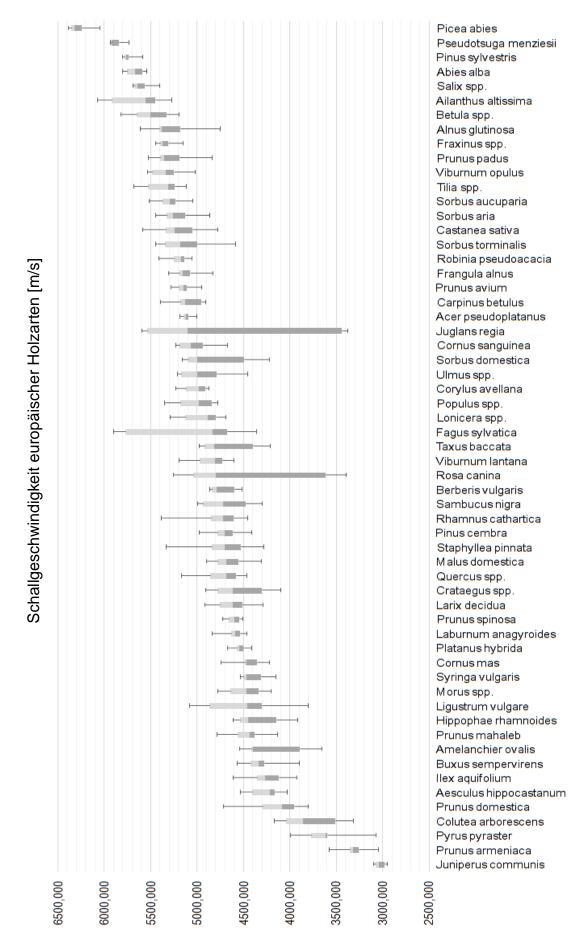


Abbildung 6 Boxplot-Diagramm Schallgeschwindigkeit europäischer Holzarten [m/s]

4.2. Charakterisierung der Schallgeschwindigkeit europäischer Holzarten für den Musikinstrumentenbau

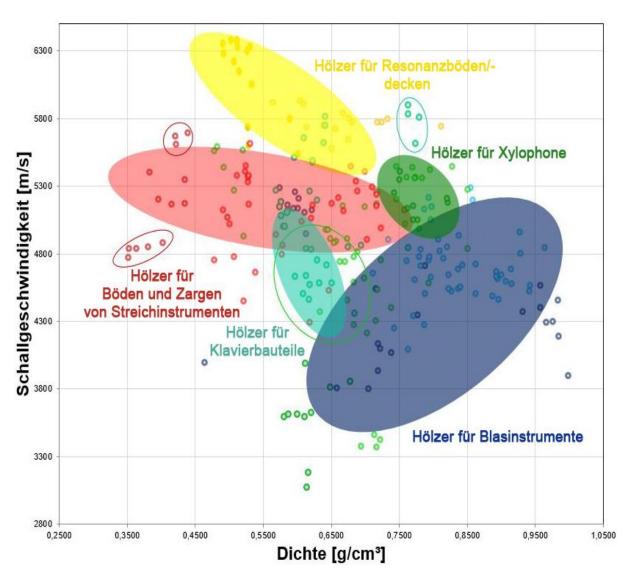


Abbildung 7 Schallgeschwindigkeit im Zusammenhang zur Dichte

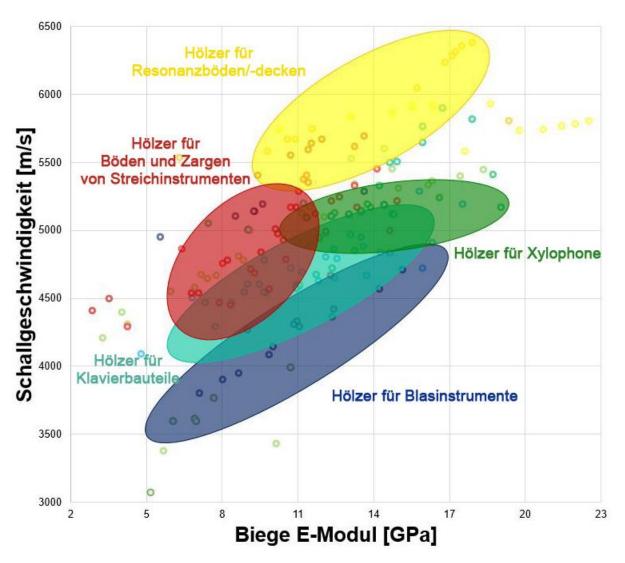


Abbildung 8 Schallgeschwindigkeit im Zusammenhang zum Biege - E-Modul

Ein Materialeigenschaftsdiagramm der Schallleitfähigkeit von Holz im Zusammenhang mit der Dichte wird in Abbildung 7 gezeigt. Allgemein können keine Zusammenhänge zwischen Dichte und Schallgeschwindigkeit bezogen auf den gesamten Probenumfang festgelegt werden. Allerdings ist es möglich für die unterschiedlichen Instrumentengruppen charakteristische Zusammenhänge zwischen der Schallgeschwindigkeit und der Dichte festzulegt. Eine Gruppierung nach Hölzer für Resonanzböden/-decken, Xylophone, Böden und Zargen von Streichinstrumenten, Klavierbauteile und Blasinstrumenten ist in Abbildung 7 ersichtlich.

Hölzer für Resonanzdecken/-böden sind Fichte (*Picea abies*) und Tanne (*Abies alba*), auch Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) und Kiefer (*Pinus sylvestris*) können dafür eingesetzt werden. Diese Hölzer haben die höchsten Werte der Schallgeschwindigkeit (ca. 5300-6300 m/s) und geringe bis mittlere Werte der Dichte (ca. 0,350-0,650 g/cm³). Auch die Instrumentenbauer achten bei der Auswahl der Hölzer für die Resonanzböden/-decken auf eine geringe Dichte.

Für den Bau von Böden und Zargen von Streichinstrumenten wird Ahorn (*Acer pseudoplatanus*), Pappel (*Populus spp.*), Weide (*Salix spp.*) und Platane (*Platanus hyprida*) eingesetzt. Diese Hölzer weisen eine mittlere bis hohe Schallgeschwindigkeit (ca. 4800-5800 m/s) mit niedrigen Werten der Dichte (0,350-0,650 g/cm³) auf. Die Hölzer für Böden und Zargen von Zupfinstrumenten sind vielfältiger und können nicht in einem Bereich begrenzt werden, sie sind über den gesamten Probenumfang verteilt.

Hölzer für Xylophone weisen Schallgeschwindigkeitswerte im mittleren Bereich (ca. 5000-5500 m/s) und höhere Werte der Dichte (0,750-0,850 g/cm³) auf. Die Robinie (Robinia pseudoacacia), wie zuvor schon genannt, ist die einzige europäische Holzart, welche für diesen Verwendungsbereich geeignet ist und diese Eigenschaften erfüllt. Die hellgrünen Punkte zeigen die Holzarten, welche für den Trommelkorpusbau eingesetzt werden, diese sind allerdings über den gesamten Probenumfang verteilt.

Die geeigneten Hölzer für Holzblasinstrumente weisen die niedrigsten Werte der Schallgeschwindigkeit (ca. 3500-4800 m/s) und die höchsten Dichtewerte (ca. 0,650-0,950 m/s) auf. Hierfür sind vor allem Sträucher und Obsthölzer sowie Buchsbaum (*Buxus sempervirens*) in Verwendung.

Für Klavierbauteile werden Hölzer mit mittleren Werten der Schallgeschwindigkeit (ca. 4300-5000 m/s) und Dichte (0,55-0,66 g/cm³) eingesetzt. Zu den verwendeten Hölzern zählen Ahorn (Acer pseudoplatanus), Birke (Betula spp.), Buche (Fagus sylvatica) und Eiche (Quercus spp.).

Betrachtet man das Materialeigenschaftsdiagramm der Schallleitfähigkeit von Holz im Zusammenhang mit dem Biege E-Modul oberflächlich, ist zu erkennen, dass die Schallgeschwindigkeit mit der Erhöhung des E-Moduls zunimmt. Dieser Zusammenhang ist allerdings nicht signifikant, sondern rein oberflächlich betrachtet. Allerdings können, wie auch schon zuvor im Vergleich mit der Dichte, Wertebereiche für die unterschiedlichen Instrumentengruppen festgelegt werden, siehe Abbildung 8.

Hölzer für Resonanzdecken/-böden weisen bei den höchsten Werten der Schallgeschwindigkeit (ca. 5300-6300 m/s) mittlere bis höhere E-Modul-Werte (ca. 11-18 GPa) auf. Sie zeigen auch E-Modul Werte von bis zu 20-22,5 GPa auf. Hölzer für Böden und Zargen von Streichinstrumenten weisen Werte der Schallgeschwindigkeit im mittleren Bereich (ca. 4800-5800 m/s) und die niedrigsten Werte beim E-Modul (ca. 6-10 GPa) auf.

Höhere Werte des E-Moduls (ca. 11-18 GPa) und mittlere Werte der Schallgeschwindigkeit (ca. 5000-5500 m/s) weisen die Hölzer für Xylophone, die Robinie (Robinia pseudoacacia), auf.

Die geeigneten Hölzer für Blasinstrumente weisen die geringsten Werte der Schallgeschwindigkeit (ca. 3500-4800 m/s) und niedrige bis mittlere Werte des E-Moduls (ca. 5-17 GPa) auf.

Hölzer für Klavierbauteile zeigen mittlere Werte der Schallgeschwindigkeit (ca. 4000-5000 m/s) und niedrige bis mittlere Werte des E-Moduls (ca. 6-16 GPa).

In diesem Diagramm (Abbildung 8) ist ersichtlich, dass jene Holzarten, welche für Elemente eingesetzt werden die den Schall übertragen und mitschwingen, mittlere bis hohe Schallgeschwindigkeiten und mittlere bis hohe E-Modul Werte aufweisen. Bei der intuitiven Auswahl der Instrumentenbauer wird ebenfalls auf ein hohes E-Modul und gute/schnelle Schallleitfähigkeit geachtet.

Die Gruppierung der Messergebisse in die unterschiedlichen Verwendungsbereiche, wie sie in Abbildung 7 und 8 dargestellt sind, liefern Anhaltspunkte für die Charakterisierung und Auswahl der Hölzer und ihre Verwendung im Musikinstrumentenbau. Sie teilen die Hölzer nach ihren physikalischen Messgrößen in die Verwendungsbereiche.

Grundsätzlich sind die hier gezeigten Messwerte nicht von Klangholzqualität, sondern Normproben, dadurch bilden sie Vergleichswerte und nähern sich an die bestehenden Studien mit Klangholz.

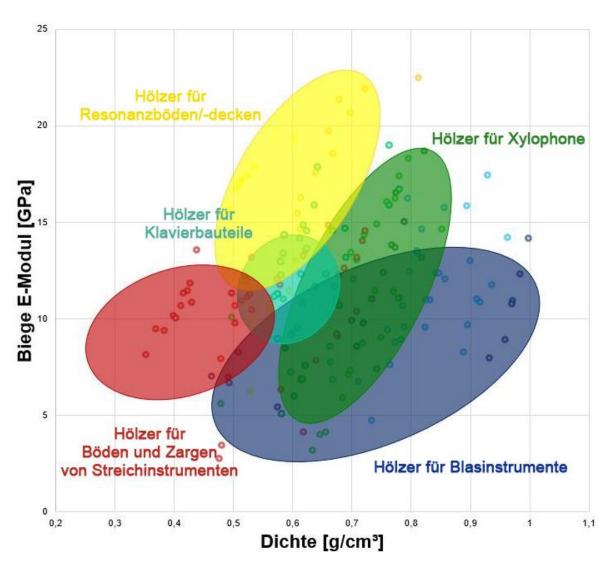


Abbildung 9 Zusammenhang zwischen Biege E-Modul und Dichte

Abbildung 9 zeigt den Zusammenhang des Biege E-Moduls mit der Dichte von Holz. Es werden die Wertebereiche der beiden physikalischen Messgrößen für die unterschiedlichen Verwendungsbereiche im Instrumentenbereich dargestellt.

Hölzer für Resonanzdecken/-böden weisen höhere E-Modul Werte (ca. 11-18 GPa) und mittlere Werte der Dichte (ca. 0,350-0,650 g/cm3) auf. Böden- und Zargenhölzer für Streichinstrumente liegen bei den Werten des E-Moduls (ca. 6-10 GPa) im niedrigen Bereich, sowie auch bei der Dichte (0,350-0,650 g/cm3). Die Werte für die Hölzer für Böden und Zargen von Zupfinstrumenten können, wie schon zuvor nicht eingegrenzt werden, da sie über den gesamten Probenumfang verstreut sind.

Die Hölzer für Xylophone weisen höhere Werte des E-Moduls (ca. 11-18 GPa) und höhere Werte der Dichte (0,750-0,850 g/cm3) auf, die für den Trommelbau geeigneten Hölzer zeigen den unteren Teil des grünen Bereiches mit niedrigen bis mittleren E-Modul Werten und mittleren Werten der Dichte. Hölzer für Klavierbauteile liegen im mittleren Bereich des E-Moduls (ca. 6-16 GPa) und der Dichte (0,55-0,66 g/cm3). Der Großteil der eingesetzten Hölzer liegt in diesen Bereich bei Werten des E-Moduls von 5-10 GPa und der Dichte von 0,55-0,60 g/cm³. Niedrige bis mittlere Werte des E-Moduls (ca. 5-17 GPa) und mittlere bis hohe Werte der Dichte (ca. 0,650-0,950 m/s) weisen die Hölzer für Holzblasinstrumente auf.

In diesem Diagramm ist, wie schon in den Diagrammen zuvor, ersichtlich, dass Hölzer welche mitschwingen und Schall leiten, hohe E-Modulwerte und niedrige Dichtewerte aufzeigen.

4.3. Charakterisierung weiterer Hölzer für den Musikinstrumentenbau, welche nicht typischerweise eingesetzt werden.

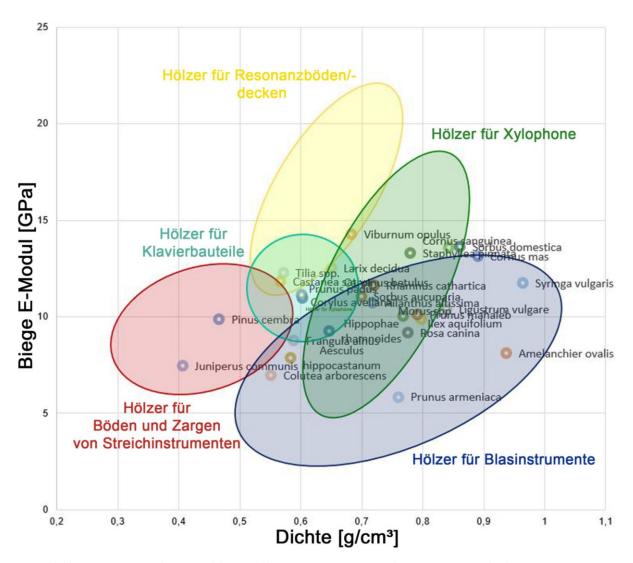


Abbildung 10 weitere Holzarten welche möglicherweise im Instrumentenbau eingesetzt werden können.

Abbildung 10 zeigt ein Diagramm mit Holzarten, welche typischerweise nicht im Instrumentenbau eingesetzt werden. Wie in Abbildung 9 sind die charakteristischen Wertebereiche der unterschiedlichen Instrumententypen farblich gekennzeichnet und zeigen so eine Einteilung für einen möglichen Verwendungsbereich im Musikinstrumentenbau.

Für den Bau von Holzblasinstrumenten wären z.B. Marille (*Prunus armeniaca*), gewöhnliche Felsenbirne (*Amelanchier ovalis*), Flieder (*Syringa vulgaris*), Hundsrose (*Rosa canina*), oder Blasenstrauch (*Colutea arborescens*) laut den Messwerten und der Homogenität der Hölzer durchaus geeignet. Allerdings eher weniger für Klarinetten oder Blockflöten, sondern für Schwegelpfeifen.

Zirbe (Pinus cembra), Wacholder (Juniperus communis) und Edelkastanie (Castanea sativa) liegen mit den Werten im Bereich der Böden- und Zargenhölzer. Die Zirbe ist dafür überhaupt nicht geeignet, der Wacholder könnte eventuell eingesetzt werden, ist allerdings wegen der geringen Dimensionen kaum einsetzbar. Edelkastanie wäre meiner Meinung nach für Zupfinstrumente geeignet. lm untersten Bereich durchaus der Resonanzhölzer liegen Linde (Tilia spp.) und Lärche (Larix decidua). Die Lärche wäre eventuell geeignet, allerdings enthält sie viel Harz und ist dadurch eher weniger geeignet. Linde ist bezogen auf die Stabilität weniger gut geeignet.

Diese hier aufgelisteten Hölzer und deren erwähnter Einsatzbereich sind nur Annahmen und werden im Musikinstrumentenbau generell nicht eingesetzt. Vielleicht ist es aber eine Überlegung wert, sie in den Bereichen zu testen und einzusetzen bzw. in Zukunft zu verwenden.

5. Schussfolgerung/Fazit

Die Befragungen der Instrumentenbauer in Kombination mit der Literaturrecherche ermöglichte die Erarbeitung einer Liste von europäischen Holzarten und ihrer Verwendungsbereiche im Musikinstrumentenbau. Die allgemeine Einteilung in die Bereiche der unterschiedlichen Instrumententypen ermöglicht einen groben Überblick über die Eigenschaften. Die detaillierte Unterteilung der einzelnen Bauteile gibt die Möglichkeiten der Einsatzbereiche nochmals besser an.

Durch die Befragungen wurde gezeigt, dass die Hölzer aus den unterschiedlichsten Gründen wie Optik, Bearbeitbarkeit, Konstruktion und der klanglichen Eigenschaften eingesetzt werden. Die Auswahl der Hölzer für den Instrumentenbau kann nicht nur durch die intuitiv wahrgenommenen Empfindungen des Instrumentenbauers durchgeführt werden, sondern auch mit physikalischen Eigenschaften und messbaren Größen charakterisiert werden. Die Auswahl der Hölzer kann durch die Listung und Charakterisierung dieser Hölzer unterstützt werden und als Entscheidungshilfe dienen.

Bestimmte Kriterien können festgelegt werden, wie z.B. die Bearbeitung und die konstruktiven Eigenschaften. Die Bearbeitung nimmt einen großen Stellenwert bei der Holzauswahl ein, z.B. ist dies besonders beim Drechseln der Holzblasinstrumente von Bedeutung. Ebenso sind die konstruktiven Eigenschaften sehr wichtig, da bei der Innenkonstruktion besonders auf ein geringes Gewicht und die Biegsamkeit der Materialien geachtet wird, oder bei beanspruchten Elementen, wo die Hölzer eine gute Beständigkeit aufweisen müssen. Andere Kriterien können nicht genau festgelegt werden, wie z.B. die Optik. Hier wird nach den Erwartungen und Empfinden der Kunden entschieden, da die ästhetischen Ansprüche sehr unterschiedlich sind. Jedoch wird im Instrumentenbau großer Wert auf die Optik gelegt und bei der Auswahl der Hölzer sehr darauf geachtet. Beispielsweise wird im Geigenbau auf einen tiefen Riegel bei den Hölzern für die Zargen und Böden geachtet, bei der Decke ist eine schlichte Feinjährigkeit, eventuell mit Haselwuchs gewünscht.

Durch langjährige Ausbildung und Erfahrung der Instrumentenbauer wird die Holzartenauswahl von ihnen intuitiv durch ihre Erfahrungswerte durchgeführt, viele sind davon überzeugt, dass dies durch ihre Intuition am besten entschieden werden kann. Die Auswahl der Hölzer kann aber auch durch die unterschiedlichen Kriterien und physikalischen Eigenschaften durchgeführt werden.

Die Messung der Schallgeschwindigkeit zeigt, dass es durchaus möglich ist Richtwerte für die Einteilung der Hölzer und deren Eigenschaften für unterschiedliche Verwendungsbereiche festzulegen. Sie zeigen, dass die von den Instrumentenbauern genannten Kriterien auch durch die Messwerte widergespiegelt werden.

Die Messung der Schallgeschwindigkeit zeigt auch, dass die akustischen Eigenschaften, welche durch die Instrumentenbauer rein intuitiv getroffen werden, durch die Ergebnisse der Schallleitfähigkeit charakterisiert werden können. Sie ermöglicht eine Gliederung der Eigenschaften zur Holzartenauswahl für den Musikinstrumentenbau.

Durch die gemessenen Schallgeschwindigkeitswerte und die Gliederung der Kriterien und Begründung der Verwendung europäischer Hölzer im Musikinstrumentenbau konnte eine Einteilung und Klasssifizierung durchgeführt werden.

6. Zusammenfassung

Holz ist auf Grund seiner einzigartigen und speziellen mechanischen und akustischen Eigenschaften das am besten geeignetste Rohmaterial für den Musikinstrumentenbau. Kein anderes Material besteht den hohen Ansprüchen an Qualität, Verarbeitung, Vielseitigkeit und Ästhetik, die für den Instrumentenbau gefordert werden.

Die Instrumente lassen sich in unterschiedliche Gruppen einteilen und auch die Anzahl der verwendeten Hölzer in den einzelnen Gruppen ist sehr differenziert. Beispielsweise ist die Anzahl an geeigneten Hölzern für Resonanzböden und Resonanzdecken sehr gering, die geeigneten Hölzer für den Korpus-Bau bei Gitarren, Trommeln und historischen Instrumenten sind vielfältiger. Durch Befragungen von Instrumentenbauern aus den unterschiedlichen Bereichen der Streich- und Zupfinstrumente, Schlaginstrumente, Holzblasinstrumente und Tasteninstrumente, wurde eine Gliederung der europäischen (heimischen) Holzarten und ihre Verwendung im Musikinstrumentenbau aufgeführt. Die Charakterisierung der Eigenschaften der eingesetzten Hölzer und ihrer Verwendung gliedert sich in die Bereiche optische Eigenschaften, Konstruktion, Bearbeitung, Verarbeitung, die Schallleitfähigkeit und die akustischen Eigenschaften.

Ein weiteres Charakterisierungsmerkmal ist die Schallleitfähigkeit, die an europäischen Hölzern gemessen wurde. Durch diese Messung können die von den Instrumentenbauern intuitiv bestimmten Charaktereigenschaften der eingesetzten Hölzer durch physikalisch messbare Werte verifiziert werden. Diese Richtwerte können in weiterer Folge als Entscheidungshilfe bei der Gliederung und Holzartenauswahl im Instrumentenbau dienen.

Es werden die unterschiedlichen Auswahlkriterien und die Messungen der akustischen Eigenschaften, bezogen auf die Holzartenauswahl, für den Instrumentenbau aufgeführt. Eine Liste mit europäischen Holzarten zeigt die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten im Musikinstrumentenbau. Sie dient als Entscheidungshilfe und Unterstützung der Auswahl der Holzarten für den Musikinstrumentenbau.

7. Summary

Due to its unique and specific mechanical and acoustical qualities, wood is the raw material that is best suitable for crafting musical instruments. No other raw material fulfils the requirements of quality, manufacturing, versatility and aesthetics, which are essential for making musical instruments.

Musical instruments can be classified into different groups, and the number of woods which can be used in the different groups varies significantly. The total number of woods that can be used for making sound boards is, for instance, quite small, whereas the number of woods that can be used to make the corpus of guitars, drums, and historical instruments is bigger.

By conducting a survey among musical instrument builders from different areas, such as bow instruments and plucked instruments, percussion instruments, woodwinds, and keyboard instruments, a classification of the European (local) types of wood and their use in making musical instruments is established. The characterization of the qualities of the deployed types of wood and their use is classified/organized into the areas of optical characteristics, constructive processing, sound conductivity, and the acoustical characteristics.

A further characteristic trait, namely that of sound conductivity, is introduced by measuring the sound conductivity of European types of wood. By means of measuring, the initially intuitively identified qualities can be verified by physically measurable data. The obtained data can further be utilized as guide in the decision-making process with regard to the choice of wood.

The various selection criteria and the measuring of the acoustical characteristics in relation to the choice of woods for making musical instruments are specified. A list of European woods shows their manifold uses in making musical instruments. The list serves as decision-making aid and support for choosing suitable types of wood that can be used for crafting musical instruments.

8. Verzeichnis

8.1. Literaturverzeichnis

Einleitung

- RICHTER, H. G. (1988) Holz als Rohstoff für den Musikinstrumentenbau. Edition Moeck Nr. 4043, Moeck Verlag Celle.
- JOPPING, G. (2003-2004) Hölzer im Musikinstrumentenbau. Pro:Holz Austria, Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft. http://www.proholz.at/zuschnitt/12/hoelzer-im-musikinstrumentenbau/05.01.2016
- WEGST, U. G. K. (2006) Wood for Sound. Max-Planck-Institut für Metallforschung, Heisenbergstr. 3, D-70569 Stuttgart, Germany; and Lawewnce Berkley National Laboratory, Materials Sciences Division, Berkleley, California 94720 USA. American Journal of Botany 93(10): 1439-1448. 2006

Material und Methode

- HAPLA, F., TREU, a. (2000) Untersuchung der Qualität von Fichten- und Tannenklangholz, Aus dem Institut für Holzbiologie und Holztechnologie der Universität Göttingen, 2000
- HOLZ, D., KLICK, D. (1997) Einfluss von Faserwinkelabweichungen und Jahrringneigung auf akustisch wichtige Eigenschaften von Resonanzholz, Material und Methoden der Untersuchung an Fichtenund Ahornresonanzholz, Institut für Musikinstrumentenbau Zwota, Holz Zentralblatt Stuttgart 1997
- KOLLMANN, F. (1951) Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, Zweite Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1951
- KOLLMANN, F. (1983) Holz und Schall Theorie und Nutzanwendung, Holz-Zentralplatt, Stuttgart 1983

Europäische Holzarten und ihre Verwendung im Instrumentenbau Literaturguellen:

- ANDREAE, J.H. (1790) Charakteristik inländischer Forstbäume und Sträucher in Tabellen kurz dargestellt Andreaeische Buchhandlung, Frankfurt am Main
- BARISKA, M. (1996a) Zur Geschichte der Holzverwendung beim Musikinstrumentenbau, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 147 (1996) 9: 683-693
- BARISKA, M. (1996b) Physik der Saiteninstrumente am Beispiel der Violine, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 147 (1996) 9: 703-713

- BECHSTEIN, J.M. (1812) Forstbotanik, oder vollständige Naturgeschichte der deutschen Holzpflanzen und einiger fremden. Erfurt HV013
- BERSCH, J. (1893) Die Verwerthung des Holzes auf chemischen Wege. A. Hartleben's Verlag, Wien 891-754
- BLOSSFELD, O., HOLZ, D. (1984) Über die Aushaltung, Sortierung und Verwendung von Klangholz in der DDR. Sozialistische Forstwirtschaft 34(1984)3
- DAHMS, K-G. (1995a) Der Einfluss des Holzes auf Klang und Fertigungsweise der Musikinstrumente (Teil1.), Holz Zentralblatt Stuttgart.
- DAHMS, K-G. (1995b) Der Einfluss des Holzes auf Klang und Fertigungsweise der Musikinstrumente (Teil 2.), Holz Zentralblatt Stuttgart.
- DAHMS, K-G. (1995d) Der Einfluss des Holzes auf Klang und Fertigungsweise der Musikinstrumente (Teil 4.), Holz Zentralblatt Stuttgart.
- DAHMS, K-G. (1995e) Der Einfluss des Holzes auf Klang und Fertigungsweise der Musikinstrumente (Teil 5.), Holz Zentralblatt Stuttgart.
- DAHMS, K-G. (1995f) Der Einfluss des Holzes auf Klang und Fertigungsweise der Musikinstrumente (Teil 7.), Holz Zentralblatt Stuttgart.
- DAHMS, K-G. (1995g) Der Einfluss des Holzes auf Klang und Fertigungsweise der Musikinstrumente (Teil 8.), Holz Zentralblatt Stuttgart.
- DOPF, K. (1949) Unsere Nutzhölzer Verlag Georg Fromme & Co, Wien
- DOMONT, Philippe. Ohne Gebirgswald keine Musik
- FEUERSTEIN, A. (1939) Das Klangholz und seine Verwendung im Instrumentenbau. Mit besonderer Berücksichtigung der Streichinstrumente. Verlag Internationaler Holzmarkt/Wien 1939
- FUCHS, H. (2012) Holz als Grundstoff der vorindustriellen Wirtschaft die enzyklopädische Wissensbasis Diplomarbeit an der Historisch-Kulturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien
- FUNKE, C.Ph. (1800) Naturgeschichte und Technologie für Lehrer in Schulen und für Liebhaber dieser Wissenschaften, Franz Haas, Wien und Prag
- GAYER, S. (1928) Die Holzarten und ihre Verwendung in der Technik, Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung, Leipzig 891-1367
- GAYER, S. (1939) Die Holzarten und ihre Verwendung in der Technik, Jänecke, Leipzig HV005

- GROßMANN, J. (1916) Das Holz, seine Bearbeitung und seine Verwendung, B.G.Teubner, Leipzig, Berlin
- HARTIG, T. (1851) Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen Deutschlands, A. Förstner'sche Verlagsbuchhandlung HV006
- HAPLA, F., TREU, a. (2000) Untersuchung der Qualität von Fichten- und Tannenklangholz, Aus dem Institut für Holzbiologie und Holztechnologie der Universität Göttingen, 2000
- HILDT, J.A. (1798) Beschreibung in und ausländischer Holzarten zur technologischen Kenntnis und Warenkunde Im Verlage des Industrie-Comtoirs HV141
- HOLZ, D. (1995-2001) Die Birke als Klangholz. Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising-Weihenstephan http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/forsttechnik-holz/dateien/w28_die_birke_als_klangholz.pdf 05.01.2016
- HOLZ, D., KLICK, D. (1997) Einfluss von Faserwinkelabweichungen und Jahrringneigung auf akustisch wichtige Eigenschaften von Resonanzholz, Material und Methoden der Untersuchung an Fichtenund Ahornresonanzholz, Institut für Musikinstrumentenbau Zwota, Holz Zentralblatt Stuttgart 1997
- HOLZKURIER, (2002a) 80% Handarbeit unterstützt durch CNC-Technik, Holzkurier-Eigenbericht aus Hamburg/DE, Heft 43 24.Oktober 2002
- HOLZKURIER, (2002b) Wiener Klangkultur wieder in österreichischer Hand, Holzkurier-Eigenbericht aus Wiener Neustadt/NÖ, Heft 43 24.Oktober 2002
- HOLZKURIER, (2002c) Musik in den Händen, Instrumentenbau erfordert Feingefühl, Holzkurier-Eigenbericht aus Wien, Heft 43 24.Oktober 2002
- HOLZKURIER, (2004Scotts Geheimnisse, Wiener Bogenmacher in Tradition alter Meister, Holzkurier-Eigenbericht aus Wien, Heft 42 14.Oktober 2004
- HOPFNER, R. Seltene Holzarten im Musikinstrumentenbau. Kunsthistorisches Museum Wien, Sammlung alter Musikinstrumente Seite 43-59
- HUFNAGL, L. (1920) Handbuch der kaufmännischen Holzverwertung und des Holzhalndels für Waldbesitzer, Forstwirte, Holzindustrielle und Holzhändler Parey, Berlin HV001
- HUNZIKER, W. (1916) Unsere Holzarten. H.R. Sauerländer & Co, Aarau HV003, 891- 1788

- ILLE R. (1975) Eigenschaften und Verarbeitung von Fichtenresonanzholz für Meistergeigen. Holztechnologie 16. 95-101
- JOPPING, G. (2003-2004) Hölzer im Musikinstrumentenbau. Pro:Holz Austria, Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft. http://www.proholz.at/zuschnitt/12/hoelzer-im-musikinstrumentenbau/05.01.2016
- LARIS, E. (1910) Nutzholz liefernde Holzarten, ihre Herkunft und Gebrauchsfähigkeit für Gewerbe und Industrie A. Hartleben's Verlag, Wien HV002
- LEO, F.A. (1805) Handbuch zur Kenntniss der vornehmsten Pflanzen nach dem Linneischen System: ihrer Cultur, Nutzen und Gebrauch für Freunde des Land- und Gartenbaues, Künstler, Handwerker und sonstige Liebhaber der Botanik Friedrich August Leo, Leipzig
- LEONHARDI, F.G. (1792) Naturgeschichte für alle Stände, vorzüglich für diejenigen, welche mit der Kenntniß der Naturkörper die Anwendung und den Nutzen zu verbinden suchen Johann Ambrosius Barth, Leipzig
- LORENZ, H. Lehr- und Handbuch der Forstwirtschaft 3. Band Die forstlichen Fachgegenstände, Wilhelm Frick Verlag am Graben in Wien
- MAYR, H., GAYER, J.K. (1903) Die Forstbenutzung. 9. verm. Aufl. bearb. unter Mitwirkung von Heinrich Mayr Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Berlin HV308
- MEDICUS, W. (1802) Forsthandbuch oder Anleitung zur deutschen Forstwissenschaft Cottasche Buchhandlung, Tübingen HV458
- NÖRDLINGER, H. (1874) Deutsche Forstbotanik oder forstbotanische Beschreibung aller deutschen Waldhölzer sowie der häufigeren oder interessanteren Bäume und Sträucher unserer Gärten und Parkanlagen. Verlag der J.G. Gotta'scher Buchhandlung; Stuttgart HV310
- PFEIL, W. (1831) Die Forstwirthschaft nach rein praktischer Ansicht Leibzig HV459
- PRINTZ, E. (1884) Die Bau- und Nutzhölzer oder das Holz als Rohmaterial für technische und gewerbliche Zwecke, sowie als Handelsware. Bernhard Friedrich Voigt, Weimar HV008
- PRINTZ, E. (1908) Die Bau- und Nutzhölzer, umfassend das Holz als Rohmaterial für gewerbliche Zwecke sowie als Handelsware Verlag von Bernh. Friedr. Voigt, Leipzig 891-317
- RICHTER, H. G. (1988) Holz als Rohstoff für den Musikinstrumentenbau.

- Brandstätter Europäische Holzarten und ihre Verwendung im Musikinstrumentenbau
 - Edition Moeck Nr. 4043, Moeck Verlag Celle.
- SCHAFFLÜTZEL, H. (1974) Nutzhölzer. Herkunft, Merkmale, Eigenschaften, Verwendung Verlag Verband schweizerischer Schreinermeister und Möbelfabrikanten, Zürich HV105
- SCHÖNWIESE, H. (1911) Die Holz und Spielwaren-Hausindustrie in der Vicechtau bei Gmunden
- SCHWANKL, A. (1951) Welches Holz ist das? Franck, Stuttgart HV036
- STUBENRAUCH, F. X. A. (1771) Anfangsgründe der Forstwissenschaft Stage HV 461
- STÜBLING, K. (1896) Das gesamte Drechslergewerbe. Bernhard Friedrich Voigt, Weimar 891-828
- VON KEESS, EDLEM, S. (1823) Darstellung des Fabriks und Ewerbswesens im österreichischen Kaiserstaate, Anton Strauß HV347
- WALTHER, F.L. (1802) Handbuch der Forsttechnologie Tasche und Müller, Giesen HV118
- WALTHER, F. L. (1787) Handbuch der Forstwissenschaft Haueisen HV457
- WEGST, U. G. K. (2006) Wood for Sound. Max-Planck-Institut für Metallforschung, Heisenbergstr. 3, D-70569 Stuttgart, Germany; and Lawewnce Berkley National Laboratory, Materials Sciences Division, Berkleley, California 94720 USA. American Journal of Botany 93(10): 1439-1448. 2006
- WOLFSTEINER, A. (2005) Die Schwegelpfeife, Herstellung, Verwendung, Verbreitung, Literatur und Geschichte. Diplomarbeit, Institut für Musikethnollogie., Kirchdorf an der Krems
- ZIMMERMANN, U. (1996) Anforderungen an das Klangholz, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 147 (1996) 9: 695-702

Interview Instrumentenbauer:

- BOCK, J. (2016) Protokoll zum Experteninterview vom 01.06.2016. Wien
- BRANDSTÄTTER, F. (2016) Protokoll zum Experteninterview vom 04.03.2016. Klagenfurt
- FÖTSCHL, P. (2016) Protokoll zum Experteninterview vom 04.04.2016. Lungau
- GRIESHOFER, R. (2016) Protokoll zum Experteninterview vom 04.04.2016. Hallstatt
- KANZIAN, A. (2016) Protokoll zum Experteninterview vom 17.03.2016. Wien

- JABLONSKI, C. (2016) Protokoll zum Experteninterview vom 04.04.2016. Hallstatt
- JENNER, R. (2016) Protokoll zum Experteninterview vom 04.04.2016. Hallstatt
- KIRCHMAYR, K. (2016) Protokoll zum Experteninterview, E-Mail
- LOBISSER, A. (2016) Protokoll zum Experteninterview vom 04.04.2016. Hallstatt
- MURGG, H. (2016) Protokoll zum Experteninterview vom 04.04.2016. Hallstatt
- NOWAK, G. (2016) Protokoll zum Experteninterview vom 22.03.2016. Wien
- RAINER, M. (2016) Protokoll zum Experteninterview vom 22.03.2016. Wien
- RAINER, G. (2016) Protokoll zum Experteninterview vom 04.04.2016, Hallstatt
- SCHATZMAYER, O. (2016) Protokoll zum Experteninterview vom 19.03.2016. Feldkirchen in Kärnten
- SCHNEIDER, W. (2016) Protokoll zum Experteninterview vom 03.06.2016. Villach
- TARASOV, N. (2016) Protokoll zum Experteninterview vom 18.05.2016. Telefongespräch, Wien/Fulda
- TRAUNSTEINER, F. (2016) Protokoll zum Experteninterview vom 17.03.2016. Wien
- TUTZ, R. (2016) Protokoll zum Experteninterview vom 18.05.2016. Telefongespräch/E-Mail Wien/Innsbruck

8.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Probenbeschaffenheit	Error! Bookmark not defined.
Abbildung 2 Ultrasonic-Tester	9
Abbildung 3 Kalibrierung Untrasonic-Tester	10
Abbildung 4 Messvorgang	10
Abbildung 5 Vergleich gemessene und berechne	ete Schallgeschwindigkeit 22
Abbildung 6 Boxplot-Diagramm Schallgeschwind	ligkeit europäischer Holzarten
[m/s]	24
Abbildung 7 Schallgeschwindigkeit im Zusamme	nhang zur Dichte25
Abbildung 8 Schallgeschwindigkeit im Zusamme	nhang zum Biege - E-Modul 26
Abbildung 9 Zusammenhang zwischen Biege E-l	Modul und Dichte29
Abbildung 10 weitere Holzarten welche mögliche	rweise im Instrumentenbau
eingesetzt werden können	31

8.3. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Europäische Holzarten und ihre Verwendung im Instrumentenbau 19

9. Anhang

9.1. Interviewleitfaden Hölzer im Instrumentenbau

Allgemeine Fragen:

Verwenden sie heimische/Europäische Holzarten?

Mit welchen Kriterien wählen sie ihr Klangholz aus? Wie beurteilen Sie das Holz?

Was sind ihre Hauptkriterien bei der Auswahl, vor allem bei der Beurteilung?

Beschreibung der Holzarten in den weiteren Fragen nur mit denen sie Arbeiten oder schon gearbeitet haben:

HOLZARTEN:

- 1. Für welche Bauteile wird es eingesetzt:
- 2. Eigenschaften
- 3. Funktion
- 4. Bearbeitung (wie lässt es sich bearbeiten)
- 5. Struktur, Feinjährigkeit, Wuchsrichtung, Fehlerfreiheit
- 6. Schallgeschwindigkeit
- 7. Gewicht/Dichte
- 8. Steifigkeit
- 9. Wie soll das Holz sich anfühlen
- 10. Ansprache schwer, steif, flexibel, reiben, kratzen, fühlen
- 11. Optische Gründe

Abschlussfragen:

Weitere heimische Holzarten und ihre Verwendung? Sonstige Vorschläge...

Wie messen sie die Qualität des verwendeten Holzes, bezogen auf die Klangeigenschaften – Schallleitfähigkeit?

Ahorn –	Erle –	Pappel –
Apfel –	Fichte –	Platane –
Birke-	Hainbuche –	Wolliger Schneeball -
Birnbaum -	Holunder –	Wacholder –
Buche-	Heckenkirsche –	Weide –
Buchsbaum -	Kiefer –	Spindelbaum –
Douglasie –	Kirsche –	Tanne –
Eibe –	Linde –	Ulme/Rüster –
Eiche –	Mehlbeere –	Zypresse –
Esche –	Nuss –	Zwetschke –
Elsbeere -	Olive -	Zeder -

9.2. Quellenangabe Tabelle 1 - europäische Holzarten und ihre Verwendung im Instrumentenbau

Ahorn - ANDREAE 1790; BARISKA 1996a; BOCK 2016; BRANDSTÄTTER 2016; DAHMS 1995d; FÖTSCHL 2016; FUCHS 2012; FUNKE 1800; GRIESHOFER 2016; GROSSMANN 1916; HOLZKURIER 2002c; HOPFINER; JABLONSKI 2016; JENNER 2016; KANZIAN 2016; KIRCHMAYR 2016; LEONHARDI 1792; MAYR et al. 1903; MEDICUS 1802; MURGG 2016; NOWAK 2016; RAINER M. 2016; RAINER G. 2016; RICHTER 1988, 18; SCHATZMAYR 2016; SCHNEIDER 2016; STRUBE 1791; TARASOV 2016; TRAUNSTEINER 2016; VON KEESS, EDLEM 1823; WALTHER 1802; WALTHER 1787; WEGST 2006; ZIMMERMANN 1996;

Apfel – BRANDSTÄTTER 2016; HOLZKURIER 2002c; JABLONSKI 2016; JENNER 2016; MURGG 2016; RAINER G. 2016

Birke - BARISKA 1996a; BRANDSTÄTTER 2016; DAHMS 1995d; GRIESHOFER 2016; HOLZ 1995-2001; JENNER 2016; MURGG 2016; RAINER M. 2016; RAINER G. 2016; RICHTER 1988, 34; SCHATZMAYR 2016; SCHNEIDER 2016; SCHNEIDER 2016;

Birne - BARISKA 1996a; BOCK 2016; BRANDSTÄTTER 2016; DAHMS 1995d; FEUERSTEIN 1939; GRIESHOFER 2016; HOLZKURIER 2002c; HOPFINGER; JABLONSKI 2016; JENNER 2016; KIRCHMAYR 2016; MURGG 2016; NOWAK 2016; NÖRDLINGER 1874; RAINER M. 2016; RAINER G. 2016; RICHTER 1988, 20; SCHATZMAYR 2016; SCHNEIDER 2016; TARASOV 2016; TRAUNSTEINER 2016; VON KEESS, EDLEM 1823; WEGST 2006;

Buche - BARISKA 1996a; BOCK 2016; BRANDSTÄTTER 2016; DAHMS 1995d; JABLONSKI 2016; JENNER 2016; KIRCHMAYR 2016; KOLLMANN 1951; MAYER et al. 1903; MURGG 2016; NOWAK 2016; RAINER M. 2016; RAINER G. 2016; RICHTER 1988, 34; TRAUNSTEINER 2016; WEGST 2006;

Buchsbaum - BARISKA 1996a; BRANDSTÄTTER 2016; DAHMS 1995d; GRIESHOFER 2016; HOPFNER; JABLONSKI 2016; JENNER 2016; KIRCHMAYR 2016; MURGG 2016; NOWAK 2016; RAINER M. 2016; RAINER G. 2016; RICHTER1988, 24; SCHATZMAYR 2016; SCHNEIDER 2016; TRAUNSTEINER 2016; TUTZ 2016; VON KEESS, WEGST 2006; EDLEM 1823;

Douglasie – BARISKA 1996a; BLOSSFELD et al. 1984; JENNER 2016; RICHTER 1988, 11; WEGST 2006;

Eibe – BECHSTEIN 1812; BOCK 2016; BRANDSTÄTTER 2016; DAHMS 1995d; FUCHS 2012; GAYER 1939; GRIESHOFER 2016; HARTIG 1851; HOPFNER; HILDT 1798; JENNER 2016; KIRCHMAYR 2016; MURGG 2016; NOWAK 2016; PRINTZ 1908; PRINTZ 1884; RAINER M. 2016; RAINER G. 2016; SCHNEIDER 2016; SCHAFFLÜTZEL 1974; STUBENRAUCH 1771; STÜBLING 1896;

Eiche – BARISKA 1996a; BOCK 2016; BRANDSTÄTTER 2016; DAHMS1995d; JABLONSKI 2016; KOLLMANN 1951; MURGG 2016; MURGG 2016; NOWAK 2016; RAINER G. 2016; RICHTER 1988, 37; SCHATZMAYR 2016; SCHNEIDER 2016;

Esche – BOCK 2016; BRANDSTÄTTER 2016; DAHMS 1995d; HOPFINGER; JABLONSKI 2016; JENNER 2016; KIRCHMAYR 2016; KOLLMANN 1951; NOWAK 2016; RAINER M. 2016; RAINER G. 2016; RICHTER 1988, 36; SCHATZMAYR 2016; SCHNEIDER 2016; TRAUNSTEINER 2016;

Elsbeere – BOCK 2016; BRANDSTÄTTER 2016; JENNER 2016; KIRCHMAYR 2016; MURGG 2016; NOWAK 2016; RAINER M. 2016; RAINER G. 2016;

Erle – BRANDSTÄTTER 2016; GRIESHOFER 2016; JABLONSKI 2016; JENNER 2016; KIRCHMAYR 2016; MURGG 2016; NOWAK 2016; RAINER G. 2016; SCHNEIDER 2016; TRAUNSTEINER 2016;

Fichte – BARISKA 1996b; BECHSTEIN 1812; BLOSSFELD et al. 1984; BOCK 2016; BRANDSTÄTTER 2016; DAHMS 1995d; DOPF 1949; FEUERSTEIN 1939; FÖTSCHL 2016; GAYER 1928; GAYER 1939; GRIESHOFER 2016; HARTIG 1851; HOLZKURIER 2002c; HUNZIKER 1916; HOPFNER; HUFNAGL 1920; HILDT 1798; ILLE 1975JABLONSKI 2016; JENNER 2016; ; KANZIAN 2016; KIRCHMAYR 2016; LARIS 1910; MEDICUS 1802; MURGG 2016; NOWAK 2016; PRINTZ 1908; RAINER M. 2016; RICHTER 1988, 19; SCHATZMAYR 2016; SCHNEIDER 2016; SCHWANKL 1951; SCHÖNWIESE 1911; TRAUNSTEINER 2016; VON KEESS, EDLEM 1823; WEGST 2006; ZIMMERMANN 1996;

Goldregen - RAINER M. 2016;

Hainbuche –BOCK 2016; DAHMS 1995d; JENNER 2016; KIRCHMAYR 2016; MURGG 2016; RAINER G. 2016; RICHTER 1988, 35; SCHATZMAYR 2016; SCHNEIDER 2016; TARASOV 2016; WEGST 2006;

Hollunder –KIRCHMAYR 2016; MEDICUS 1802; MURGG 2016; RAINER M. 2016; RAINER G. 2016;

Heckenkirsche - MEDICUS 1802; RAINER G. 2016;

Kiefer –DAHMS 1995d; ILLE 1975; MURGG 2016; NOWAK 2016; RICHTER 1988, 11; SCHNEIDER 2016; WALTHER 1787; WEGST 2006;

Kirsche – BARISKA 1996a; BOCK 2016; BRANDSTÄTTER 2016; FÖTSCHL 2016; HOLZKURIER 2002c; HOPFINGER; JABLONSKI 2016; JENNER 2016; KIRCHMAYR 2016; KOLLMANN 1951; MURGG 2016; NOWAK 2016; RAINER M. 2016; RAINER G. 2016; SCHNEIDER 2016; TARASOV 2016; TRAUNSTEINER 2016; VON KEES, EDLEM 1823;

Linde -BRANDSTÄTTER 2016; GRIESHOFER 2016; KANZIAN 2016; JENNER 2016; KIRCHMAYR 2016; MAYER et al.1903; MURGG 2016; NOWAK 2016; RAINER M. 2016; SCHATZMAYR 2016; SCHNEIDER 2016; TRAUNSTEINER 2016;

Mehlbeere –BRANDSTÄTTER 2016; JABLONSKI 2016; JENNER 2016; KIRCHMAYR 2016; MEDICUS 1802; RAINER G. 2016;

Nuss – BARISKA 1996a; BOCK 2016; BRANDSTÄTTER 2016; FEUERSTEIN 1939; GRIESHOFER 2016; HOLZKURIER 2002c; JABLONSKI 2016; JENNER 2016; KIRCHMAYR 2016; KOLLMANN 1951; MURGG 2016; NOWAK 2016; RAINER M. 2016; RAINER G. 2016; SCHATZMAYR 2016; SCHNEIDER 2016; TRAUNSTEINER 2016;

Olive – BRANDSTÄTTER 2016; DAHMS 1995d; FEUERSTEIN 1939; JABLONSKI 2016; JENNER 2016; RAINER G. 2016; RICHTER 1988, 23; SCHNEIDER 2016; TRAUNSTEINER 2016; WEGST 2006;

Pappel – BARISKA 1996a; BRANDSTÄTTER 2016; DAHMS 1995d; FEUERSTEIN 1939; HOPFINGER; KANZIAN 2016; JENNER 2016; KIRCHMAYR 2016; MAYR et al. 1903; MURGG

Brandstätter – Europäische Holzarten und ihre Verwendung im Musikinstrumentenbau

2016; NOWAK 2016; RAINER M. 2016; RICHTER 1988, 34; SCHATZMAYR 2016; TRAUNSTEINER 2016; VON KEESS, EDLEM 1823; ZIMMERMANN 1996;

Platane – FEUERSTEIN 1939; JENNER 2016; LEO 1805; NOWAK 2016; RAINER G. 2016; SCHATZMAYR 2016; ZIMMERMANN 1996;

Robinie/Akazie – BOCK 2016; KANZIAN 2016; JABLONSKI 2016; JENNER 2016; MURGG 2016; NOWAK 2016; RAINER M. 2016; RAINER G. 2016; TRAUNSTEINER 2016;

Spindelbaum - RAINER G. 2016; SCHATZMAYR 2016; WALTHER 1787;

Schlehdorn - RAINER G. 2016;

Tanne – BARISKA 1996a; BLOSSFELD et al. 1984; BRANDSTÄTTER 2016; DAHMS 1995d; FEUERSTEIN 1939; GRIESHOFER 2016; KANZIAN 2016; JABLONSKI 2016;v JENNER 2016; KIRCHMAYR 2016; KOLLMANN 1951; MURGG 2016; PFEIL 1831; RAINER M. 2016; RICHTER 1988, 11; SCHATZMAYR 2016; SCHNEIDER 2016; WALTHER 1787; WEGST 2006;

Ulme/Rüster – BOCK 2016; BRANDSTÄTTER 2016; JENNER 2016; MURGG 2016; SCHNEIDER 2016;

Weissdorn - RAINER G. 2016;

Wolliger Schneeball - MEDICUS 1802; RAINER G. 2016;

Wachholder - RAINER G. 2016; RICHTER 1988, 40; SCHNEIDER 2016;

Weide – BARISKA 1996a; BRANDSTÄTTER 2016; DAHMS 1995d; KANZIAN 2016; JENNER 2016; KIRCHMAYR 2016; MURGG 2016; NOWAK 2016; RAINER M. 2016; SCHATZMAYR 2016; TRAUNSTEINER 2016; ZIMMERMANN 1996;

Zypresse – BRANDSTÄTTER 2016; JABLONSKI 2016; JENNER 2016; KIRCHMAYR 2016; MURGG 2016; TRAUNSTEINER 2016;

Zwetschke – BRANDSTÄTTER 2016; DAHMS 1995d; GRIESHOFER 2016; HOLZKURIER 2002c; JABLONSKI 2016; JENNER 2016; KIRCHMAYR 2016; MURGG 2016; NOWAK 2016; RAINER M. 2016; RAINER G. 2016; RICHTER 1988, 20; SCHATZMAYR 2016; TARASOV 2016; TRAUNSTEINER 2016; WEGST 2006;

Zeder - BRANDSTÄTTER 2016; GRIESHOFER 2016; KANZIAN 2016; KOLLMANN 1951; JABLONSKI 2016; KIRCHMAYR 2016; MURGG 2016; NOWAK 2016; TRAUNSTEINER 2016

9.3. Interviewprotokolle

<u>Interviewprotokoll – **Johannes Bock**</u> Schlaginstrumente

Wien am 01.07.2016

Setzen Sie Europäische Holzarten beim Bau ihrer Instrumente ein?

Ja, ich verwende in den unterschiedlichen Bereichen heimische Hölzer. Bezieht man dies auf diese, so sind bei den Marimbaphonen neben tropischen Hölzern besonders die Robinie, welche zum Einsatz kommt und im Bereich der Trommelkorpusse werden verschiedenste Hölzer verwendet, aber letztendlich nur heimische Hölzer. Im Harfenbau verwende ich hauptsächlich Buche und Fichte und hier auch nur Furniere.

Mit welchen Kriterien wählen Sie ihr Klangholz aus? Wie beurteilen Sie das Holz? Gibt es einen Unterschied zwischen Laub- oder Nadelholz?

Marimbaphone – bei der Verwendung von Hölzern, besonders Robinie, für Marimbaphone und Xylophone muss man natürlich sehr auf einen geraden Wuchs achten. Hier ist es allerdings nur an Hand von optischen Merkmalen relativ schwer festzuhalten, wie später die Klangqualität ist. Besonders im Marimba-Bau wo besonders hochwertige Instrumente gebaut werden, nicht nur bei den tropischen Holzarten welche typischerweise dafür verwendet werden, sondern auch bei der Robinie, ist es nicht der Fall, dass man sofort bemerkt, dass die Hölzer ein gutes Klangbild ergeben. Z.B. wenn man aus einem Brett drei Klangplatten herausschneidet, klingen alle drei unterschiedlich. Die Auswahl der Hölzer für diese Instrumente erfolgt durch Intuition und Erfahrungswerte.

Trommelkorpusse – Bei den Trommelkorpussen ist es der Fall, dass der Korpus aus einem ganzen Stamm gefräst wird (aus einem Stück). Hier geht es besonders darum, dass der Stamm möglichst keine Risse hat und natürlich auch keine Äste oder andere Wuchsanomalien und Fehler, wie morsche Bereiche oder Kernfäule. Die Dimension bezogen auf die Länge, der benötigten fehlerfreien Hölzer sind weniger das Problem, da man nicht eine übermäßig große Länge benötigt. Ein Problem zeigt eher der Durchmesser, da man für relativ große Instrumente schwerer die gewünschte Qualität erhält. Die Feinjährigkeit der Hölzer für diesen Anwendungszweck ist eher nebensächlich, hier geht es um die Äste, den zentrischen Wuchs (mit Reaktionsholz bekommt man Probleme mit dem Verzug).

Harfen – Bei den Harfen verwende ich Furniere, welche feinjährig und astfrei sein sollten, diese werden dann schichtverleimt. Bei der Auswahl der Furniere kommt es vor allem darauf an, dass das Erscheinungsbild zufriedenstellend ist und keine Mängel aufweist.

Was sind Ihre Hauptkriterien bei der Auswahl, vor allem bei der Beurteilung?

Bei der Harfe, wo ich hauptsächlich Furniere verwende ist vor allem das Bild (Optik) wichtig, durch die dünne Stärke des Holzes ist der Rest relativ egal.

Im Korpus-Bau geht es um den Stamm. Dieser sollte möglichst fehlerfrei sein, damit man ein Stück herausbekommt bei dem man möglichst wenig nacharbeiten muss.

Im Marimba- und Xylophon-Bau sind die Kriterien am heikelsten, Entscheidungen werden aber auch nur durch Intuition und Erfahrungswerte getroffen. Die allgemeinen Kriterien sind Fehlerfreiheit und gerader Wuchs.

Holzarten:

Ahorn – Verwende ich fallweise im Trommelkorpusbau. Hier besonders aus optischen Gründen. Im Trommelkorpusbau geht es sehr stark darum, was dem Kunden optisch gefällt. Für diese Anwendung sind fast alle Hartholzarten ziemlich ähnlich, nur die Robinie sticht heraus. Bei der Birne tritt der Fall auf, dass wenn der Stamm nicht exakt rund gewachsen ist, sie beginnt sich extrem zu verziehen. Die Korpusteile werden aus dem nassen Holz heraus gefräst und dann schonend getrocknet damit keine Risse entstehen und auch eine rissfreie Bearbeitung nicht möglich wäre. Bei der Nachtrocknung ist das Trocknungsverhalten der verschiedenen Hölzer sehr unterschiedlich. In diesem Fall ist Ahorn ein sehr gutmütiges Holz.

Birne – Verwendung im Trommelkorpusbau, aus optischen Gründen. Allerdings sind hier große Dimensionen schwer zu bekommen und wird daher seltener verwendet. Birne ist im Trocknungsverhalten wie der Ahorn ein sehr gutmütiges Holz.

Buche - Verwendung im Trommelkorpusbau. Dieses Holz ist allerdings in Bezug auf die Risse und die Trocknung ein eher problematisches Holz. Es ist relativ hart und hat eine große Masse und Dichte, was für den Klang gut ist. Trotzdem ist es ein eher untergeordnetes Holz für die Verwendung im Trommelbau.

Buche verwende ich auch noch in Furnierform für den Harfenkorpus.

Eibe - Verwendung im Trommelkorpusbau. Ist in den benötigten Dimensionen kaum zu bekommen und daher eher selten in Verwendung. Meiner Erfahrung nach haben die Stämme ziemlich viele Risse die aufgefüllt werden müssen, daher arbeite ich mit dieser Holzart nur auf Kundenwunsch. Grundsätzlich ist diese Holzart für den Trommelbau nicht gut geeignet und es entstehen Instrumente schlechterer Qualität.

Eiche - Fallweise Verwendung im Trommelbau.

Esche - Sehr viel in Verwendung im Trommelkorpusbau. Die Esche hat den großen Vorteil, dass sie sehr gut zu trocknen ist, allerdings den großen Nachteil, dass die Stämme sehr spannungsanfällig sind. Zusätzlich ist sie preislich günstiger. Klanglich kann man die Esche in die guten Hölzer einreihen, nicht wie die Eibe.

Man verwendet auch Schmuckhölzer mit besonderen Maserungen, allerdings steigt hier der Preis so hoch, dass sie eher weniger oft verarbeitet und gekauft werden. Zu exklusiv sollte es nicht sein, da ein relativ großes Volumen des Stammes zerspant wird und unwirtschaftlich ist.

Elsbeere – Wird auch im Trommelbau eingesetzt. Ist ein sehr dekoratives Holz und wird gerne von den Kunden gekauft. Die klanglichen Eigenschaften sind vollkommen ausreichend für den Einsatz im Trommelbau.

Fichte – In Form von Furnieren für die Harfendecken.

Hainbuche – Versuche im Marimba-Bau als Klangplattenersatz zu verwenden, es ist jedoch dafür sehr mäßig geeignet. Ist allerdings unter den heimischen Hölzern, nach der Robinie, das einzige Holz das für diese Anwendung weiters in Frage kommt. Für den Marimbabau benötigen wir ein hohes E-Modul, eine hohe Dichte, hohe Masse und dadurch ein niedrige Dämpfung. Die Hainbuche kommt dafür halbwegs gut in Frage, zumindest für ganz einfache Instrumente.

Kirsche – Verwendung im Trommelkorpusbau. Optisch sehr schön und weniger tragisch beim Verziehen als die Birne.

Nuss – Fallweise eingesetzt im Trommelbau. Wird hauptsächlich eingesetzt aus optischen Gründen, da sie weicher ist als die Esche und Masse hat. Eher nur den Kern verarbeiten da der Splint nochmals weicher ist als das Kernholz, obwohl es optisch wieder sehr gut aussehen würde. Klanglich sind Instrumente aus Nuss eher im schlechteren Bereich.

Ulme, Rüster – Fallweise im Trommelkorpusbau. Klanglich ist die Rüster sehr gut, die Bearbeitung ist nicht so einfach, auch das Trocknen ist relativ problematisch.

Akazie, Robinie – Ist im Schlaginstrumentenbau ein durchaus sehr interessantes Holz. Es hat einen sehr hohen E-Modul, hohe Dichte und bei weitem die niedrigste Dämpfung unter den heimischen Hölzern. Dieses Holz muss man sehr schonend trocknen. Es ist ein sehr hartes Holz und für eine gute Bearbeitung ist ein extrem scharfes Werkzeug nicht wegzudenken. Es ist allerdings in den benötigten Dimensionen nicht sehr leicht zu bekommen.

Die Robinie ist auch im Marimbaklangplattenbau durchaus für einfache Instrumente eine gute Alternative. Die Robinie ist unter den heimischen Holzarten das mit Abstand beste Holz für diese Verwendung. Alle anderen Hölzer sind weit abgeschlagen, vor allem was die Dämpfung betrifft. Das Klangbild der Robinie ist sehr hell, brillant und mit sehr lang anhaltendem Ton.

Wie messen Sie die Qualität des verwendeten Holzes, bezogen auf die Klangeigenschaften – Schallleitfähigkeit?

Ich habe diesen Wert noch nie gemessen, allerdings interessiert mich dieses Thema sehr. Besonders würde mich interessieren, ob eine Messung der Schallleitfähigkeit die Selektion beim Holzeinkauf unterstützt. Da im Marimba-Bau sehr hochwertige Hölzer eingesetzt werden und man hier die Vorauswahl noch besser durchführen könnte. Die Frage ist allerdings ob die Schallleitfähigkeit das einzige Kriterium ist für die Auswahl, oder ob es nicht noch andere Faktoren gibt. Ein Problem ist, unter welchen Bedingungen gemessen wird, da die Feuchten bei den Holzhändlern sehr unterschiedlich sind und man so keine direkt vergleichbaren Werte erzielt. Ich habe mir überlegt, auch mehr als nur die Schallgeschwindigkeit zu messen, die Interpretation dieser Ergebnisse ist allerdings sicher nicht einfach.

Utensilien - Schlagwerk

Paukenschlägel aus Hainbuche, die Marimbaschlägel sind teilweise aus Birke, da diese sich gut biegen lässt.

<u>Interviewprotokoll – Florian Brandstätter</u> Saiteninstrumente Klagenfurt am 04.03.2016 Welche Europäischen Holzarten verwenden Sie im Instrumentenbau?

Ahorn – Der Ahorn wird von mir hauptsächlich für Boden, Zargen, Hälse, Stege und Ränder bei Zupf- und Streichinstrumenten eingesetzt. Auf Grund seiner schönen und vielseitigen optischen Variationen wie Muschel-, Riegel- oder Vogelaugenahorn ergeben sie ein sehr schönes Bild beim Instrument. Eine der wichtigsten Eigenschaften dieses Holzes sind die guten Klangeigenschaften. Der Ahorn hat eine sehr schöne Klangfarbe, man kann ihn klanglich als sehr warm, weich und romantisch beschreiben. Das Instrument hat einen lieblichen Charakter, ist jedoch in der Gruppe bei der Lautstärkte nicht so durchsetzungsfähig und präsent. Die Bearbeitung dieses Holzes ist sehr leicht, wichtig ist, dass bei der Bearbeitung von Riegel- oder Vogellaugenahorn das Werkzeug in einem perfekten Zustand ist. Das Werkzeug muss immer in einem perfekten Zustand sein um ein sauberes Arbeiten zu ermöglichen.

Birke – Die Birke wurde früher bei Gamben eingesetzt, persönlich habe ich es bis jetzt nur für Zierelemente verwendet. Die Eisbirke zum Beispiel hat eine sehr schöne Struktur und eine schöne Optik. Dies wäre eine Holzart, die ich sehr gerne für Zargen und Böden ausprobieren würde, jedoch ist es schwierig wegen der benötigten Dimensionen.

Birnbaum – Die Birne verwende ich für Boden, Zargen, Steg, Ränder, Ziereinlagen. In den Eigenschaften sehr ähnlich dem Ahorn, etwas leichter zu bearbeiten und leichter zu schnitzen als Ahorn. Bisher wenig eingesetzt, da es sehr schwierig ist die gewünschten oder benötigten Dimensionen zu erhalten. Hauptsächlich als Holz für den Steg eingesetzt.

Buche – Die Buche setzte ich hauptsächlich bei der Zither im Wirbelstock und teilweise im Zargenkranz ein. Durch den Einsatz beim Wirbelstock halten die Wirbel sehr gut und geben nicht nach. Mit diesem Holz hat man über lange Zeit die besten Erfahrungen gemacht da es sehr fest, widerstandfähig und beständig ist, was in diesem Einsatzbereich sehr wichtig ist.

Buchsbaum – Den Buchsbaum setzte ich ein für Wirbel und Kinnhalter bei der Geige. Buchsbaum ist ein sehr hartes, festes Holz und hat einen sehr homogenen Aufbau. Die Festigkeit ist besonders beim Einsatz für Wirbel wichtig.

Eibe – Die Eibe habe ich bisher noch nicht eingesetzt, wird aber sehr gerne im Lautenbau verwendet. Könnte mir auch vorstellen, sie im Gitarrenbau einzusetzten. Ein Problem bei dieser Holzart ist, dass es eine geschützte Holzart ist und auch sehr schwer in den benötigten Dimensionen erhältlich ist. Grundsätzlich ist die Eibe sehr hart zu bearbeiten.

Eiche – Die Eiche wird im E-Gitarrenbau eingesetzt, ich habe sie noch nicht verwendet.

Esche – Die Esche wird bei neueren Techniken bei Konzertgitarren und bei Hälsen von Zupfinstrumenten verwendet. Habe selbst im Instrumentenbau noch nicht damit gearbeitet.

Fichte – Die Fichte setze ich hauptsächlich bei Decken von Streich- und Zupfinstrumenten ein. Sie besitzt die besten akustischen Eigenschaften. Ich verwende sowohl die normale Fichte, als auch die Haselfichte ein. Klanglich ist die Fichte zwar nicht so präsent wie die Zeder, ist das Instrument einmal eingeschwungen (eingespielt) haltet die Fichte die Klangcharakteristik, die Zeder hingegen nicht. Wichtig ist ein gleichmäßiges Wachstum und eine Dichte von 0,33 bis maximal 0,45, alles darüber ist für einen Instrumentenbauer Bauholz. Die Fichte lässt sich sehr gut bearbeiten.

Kirsche – Die Kirsche verwende ich für Boden, Zargen, Ränder, Ziereinlagen. Die Eigenschaften der Kirsche sind sehr ähnlich dem Ahorn, weist leichte charakteristische Unterschiede auf und ist angenehm zu bearbeiten. Die Kirsche wird nie so feinjährig wie der Ahorn und erreicht auch selten die gewünschten Dimensionen.

Linde – Die Linde verwende ich für Klötze, Reifchen und Konstruktionselemente. Ist sehr weich, sehr leicht und angenehm zu bearbeiten. Dieses Holz lässt sich sehr gut biegen. Es lässt sich sehr gut schnitzen und für Ziereinlagen einsetzen. Bei der Verwendung von Schnitz- und Ziereinlagen wird dann farblich angeglichen.

Mehlbeere – Könnte man verwenden für Ziereinlagen, Zargen, Böden. Antonio de Torres baute Gitarren aus Mehlbeere. **Verwenden Sie diese Holzart auch im Geigenbau?** Nein, habe sie noch nicht dafür eingesetzt, weißt meiner Meinung nach nicht die gewünschten und benötigten Eigenschaften auf.

Olive – Aus Olive könnte man den Boden, die Zargen, Ränder und Kanten fertigen. Problematisch ist, dass man die gewünschten Dimensionen kaum bis gar nicht erhält.

Pappel – Die Pappel wird im Instrumentenbau immer populärer. Sie wird bei Streichinstrumenten für Zargen und Böden eingesetzt. Ich selbst habe sie noch nicht eingesetzt, um darüber etwas genaueres sagen zu können.

Zwetschke – Die Zwetschke setzte ich hauptsächlich ein für Griffbretter, Stege, Ränder, Wirbel und Kinnhalter. Der Einsatz für Boden und Zargen ist eher selten der Fall, da die gewünschten Dimensionen sehr selten sind, wenn gegeben, ist diese Holzart dafür in Verwendung. Die Zwetschke ist ein sehr hartes, robustes und beständiges Holz, zwar weniger hart als Buchsbaum, aber fest.

Tanne – Mit der Tanne habe ich bisher noch nie gearbeitet, wird aber im Kontrabassbau aufgrund der benötigten Dimensionen eingesetzt.

Weide – Die Weide verwende ich nur für Ziereinlagen z.B. bei der Rosette. Es ist ein sehr weiches Holz und kommt für mich eher wegen der optischen Gründe in Verwendung.

Gibt es noch weitere einheimische Holzarten die Sie im Instrumentenbau einsetzten? Weitere von mir verwendete Hölzer wären:

Erle – Die Erle verwende ich für Klötze, Reifchen und für die Konstruktion des Innenlebens. Keine besonderen Erwartungen an das Holz.

Zypresse – Die Zypresse wird sehr gern beim Bau von Flamenco-Gitarren für den Boden und die Zargen eingesetzt. Es wird aufgrund seines geringen Gewichtes in diesem Bereich eingesetzt, des Weiteren ist es sehr leicht und angenehm zu bearbeiten.

Nuss – Die Nuss setzte ich ein für Böden, Zargen, Ziereinlagen, Hälse und Stege. Das Holz ist weicher als Ahorn, ist sehr angenehm zu bearbeiten und hat einen angenehmen Geruch. Klanglich ist die Nuss etwas voller und runder, und ist als Klangholz sehr interessant, wegen seines geringen Gewichtes.

Zeder – Verwende ich für Decken und Balken. Es ist extrem leicht, jedoch sehr spröde und sehr empfindlich und dadurch nicht besonders widerstandsfähig. Dieses Holz hat eine leichte Ansprache, es unterstützt den Spieler, das Spielen kommt einem leichter vor.

Ulme/Rüster – Die Ulme wird für Böden und Zargen eingesetzt, habe jedoch selbst noch nicht damit gearbeitet.

Apfel – Wird eingesetzt für Böden und Zargen. Hat ähnliche Eigenschaften wie Birne oder Zwetschke.

Elsbeere – Die Elsbeere verwende ich für Böden, Zargen und Ränder bei Streich und Zupfinstrumenten. Ist ein sehr hartes, dichtes und schweres Holz. Wird aufgrund der schönen Struktur gerne von mir eingesetzt.

<u>Interviewprotokoll – **Peter Fötschl**</u> Harfenbauer Lunggau am 04.04.2016

Verwenden Sie heimische Hölzer für ihre Instrumente?

Ja ich verwende grundsätzlich drei Holzarten. Diese wären Kirsche, Ahorn und Haselfichte.

Welche Kriterien haben Sie allgemein bei der Holzauswahl?

Das Holz sollte keine Äste haben, fein gewachsen sein, gerade gewachsen sein und bei der Haselfichte achte ich besonders auf den Haselwuchs. Im Harfenbau werden besonders große Elemente benötigt und dadurch ist es sehr schwer die gewünschte Dimension mit den benötigten Eigenschaften zu bekommen. Die allgemeinen Kriterien gelten auch bei der Auswahl von Kirsche und Ahorn. Beim Ahorn verwende ich nur den Bergahorn. Grundsätzlich ist bei Harfen aus Ahorn und Kirschen das Trägermaterial auch aus Haselfichte und diese wird dann furniert. Bei der Kirsche dunkelt die Farbe mit der Zeit sehr schön nach und wird dadurch sehr gerne verwendet.

Welche Unterschiede bemerken Sie bei der Bearbeitung der verwendeten Hölzer?

Der Ahorn ist eher hart zu bearbeiten, die Kirsche ist eher zäh in der Bearbeitung. Die Fichte ist das weichste Holz und hier hat man natürlich den Nachteil, dass man sehr schnell Dellen bekommt. Man muss extrem vorsichtig Arbeiten um dies zu vermeiden. Die Fichte wird erst etwas beständiger wenn man die Oberfläche z.B. ölt. Die Ahornharfen sind viel beständiger da das Holz viel härter ist und die Kirsche kann in der Mitte eingereiht werden.

Wie würden Sie den klanglichen Unterschied dieser Hölzer beschreiben?

Klanglich ist der Ahorn viel klarer als die anderen beiden Hölzer, und hat einen ausgesprochen schönen und klaren Klang. Im Vergleich dazu hat die Kirsche einen eher verschwommenen Klang. Die Fichte hat auch wieder einen eigenen und sehr schönen Klang aber nicht so klar wie

der Ahorn. Die Haselfichte ist im Vergleich zu den beiden anderen Hölzern viel präsenter und lauter. Klanglich ist die Haselfichte der Hammer.

Achten Sie auf die Schallleitfähigkeit der Hölzer oder messen Sie es in irgendeiner Art und Weise?

Ich weiß, dass die Haselfichte die schnellste Holzart ist und den geringsten Wiederstand hat, aber ich persönlich messe dies in keiner Art und Weise. Ich konzentriere mich eher auf die anderen Auswahlkriterien, wie dem gleichmäßigen Wuchs, der Fehlerfreiheit, dem geraden Wuchs, der richtigen Aufarbeitung und der stehenden Jahresringe. Die Haselfichte ist auch total leicht und sehr fein in ihrer Struktur. Und auch klanglich beim Anklopfen hat die Fichte einen einzigartigen hellen Klang und es schwingt sehr gut mit. Man kann auch sehr deutlich einen klanglichen Unterschied zwischen einer normalen Fichte und einer Haselfichte erkennen. Die Haselfichte, wie zu vor schon genannt, ist viel lauter und präsenter als die normale Fichte. Die Haselfichte weist ein enormes klangliches Volumen auf.

<u>Interviewprotokoll – Robert Grieshofer</u> Geigen- und Gitarrenbauer Hallstatt 04.04.2016 **Verwenden Sie europäische Hölzer für den Bau Ihrer Instrumente?**

Ja ich verwende heimische Hölzer sehr gerne. Ich achte auch immer mehr auf den ökologischen Hintergrund der Hölzer, früher war mir dieser Aspekt nicht so viel wert, aber mittlerweile ist mir das sehr viel mehr wert.

Nach welchen Kriterien wählen Sie Ihr Klangholz aus?

Am meisten achte ich auf die Holzfehler und die Verwertbarkeit der Hölzer für die einzelnen Instrumente. Als Nächstes achte ich auf die klanglich-technischen Eigenschaften der Hölzer und des Weiteren noch auf die Optik. Mir ist besonders bei Deckenhölzern der gerade Faserverlauf sehr wichtig. Des Weiteren ist für mich sehr wichtig, dass das Holz gespalten ist. Ich klopfe, kratze und greife das Holz an um es klanglich zu charakterisieren, ob es spritzig, brillant knackig klingt oder ob es eher matschig und weich klingt. Im letzteren Fall verwende ich das Holz nicht.

Holzarten:

Ahorn - Für Zargen, Böden und Hälse. Ich achte darauf, dass es Bergahorn ist und das es ein leichtes, festes und dekoratives Holz ist. Klanglich kann man den Ahorn als hell, kernig und brillant beschreiben.

Birke - Für Keile beim Bogenbezug, weil es ein gutes Quell- und Schwindungsverhältnis hat und nicht so leicht spaltbar ist.

Birnbaum - In kleineren Zupfinstrumenten für Böden und Zargen. Im Vergleich zum Ahorn klingt die Birne meiner Meinung nach etwas dumpfer.

Buchsbaum - Für Bestückungen wie Wirbel, Ausbuchser usw. für Instrumente.

Eibe - Für Späneinstrumente aufgrund der Tradition.

Erle - Für Blindholz wie Reifchen, Klötze, usw.

Fichte - Als Deckenholz. Die klanglichen Eigenschaften sind meiner Meinung nach sehr breit gestreut.

Linde - Wie die Erle für Blindholzelemente.

Nuss - Für Böden und Zargen bei Zupfinstrumenten. Klanglich ist die Nuss im Vergleich zum Ahorn eher dunkel. Sie ist klanglich mit den Tropenhölzern vergleichbar.

Tanne - Als Deckenholz. Kann aber nichts Genaueres dazu sagen da die Unterscheidung zur Fichte sehr schwierig ist.

Zwetschke - Für Wirbel.

Zeder - Als Deckenholz. Hat klanglich einen sehr großen Unterschied zur Fichte, viel breiter, also dunkel und spitz gegenüber der Fichte, diese ist mittiger.

Messen Sie in einer Art und Weise die Schallleitfähigkeit der Hölzer?

Das einzige, das ich messe ist die Dichte, die Schallleitfähigkeit messe ich intuitiv. Allgemein finde ich die Messung der Schallleitfähigkeit gut zu Dokumentationszwecken, allerdings ist dies mit sehr viel Aufwand verbunden und es ist auch nur sinnvoll wenn man immer dieselben und sehr ähnlichen Holzarten verwendet.

<u>Interviewprotokoll – Alex Kanzian</u> Kontrabassbauer Wien am 17.03.2016 **Verwenden Sie europäische Holzarten im Instrumentenbau?**

Ja, nahezu ausschließlich heimische. Es ist mir ökologisch gesehen das liebste und nachvollziehbarste.

Mit welchen Kriterien wählen Sie ihr Klangholz aus? Wie beurteilen Sie das Holz? Gibt es einen Unterschied zwischen Laub- oder Nadelholz?

Natürlich einmal nach Wuchs, Wuchsperfektion, optisches Erscheinungsbild. Eines der wichtigsten Sachen für mich, gerade bei der Fichte ist, dass es im Spalt ist. Es ergibt einfach wesentlich mehr Festigkeit, wenn es entlang der Holzfasern gespalten. Das ist mir eigentlich das wichtigste, trotzdem muss es immer astfrei und optisch schön sein. Ich möchte nur perfektes Holz verwenden.

Was sind Ihre Hauptkriterien bei der Auswahl, vor allem bei der Beurteilung?

Nummer eins, liegt gerade bei der Fichte, ob es gut im Spalt ist. Nummer Zwei ist wenn es die physikalischen Eigenschaften erfüllt, dann geht es mir natürlich um das optische Erscheinungsbild. Da sich etwas Spektakuläres am Ende auch besser verkauft.

Holzarten:

Ahorn – Verwende ich gerne und häufig. Aus Ahorn sind quasi alle Teile des Instruments außer der Decke. Ich verwende es für Zargen, als Decke, Schnecke und den Hals. Natürlich kann man es auch für die Stachelbirne, die Sättel und das Griffbrett verwenden. Man kann alles aus Ahorn machen. Da es ein super geniales Holz ist. Wir machen auch Wirbel daraus, man könnte theoretisch auch Stimmstöcke daraus machen. Beim Ahorn geht es auch immer um einen perfekten Wuchs und ein optisches Erscheinungsbild.

Fichte – Die Fichte verwende ich fast nur für die Decke und auch noch für den Stimmstock, Bassbalken und allgemeine Bebalkungen. Der Grund liegt darin, dass die Fichte einfach sehr stabil ist in Richtung der Belastung, weil es fast stabiler ist, als alle anderen Hölzer auf permanente Belastungsfähigkeit.

Linde – Habe ich einmal für die Bereifung verwendet. Es ist sehr weich, ich mag es nicht. Hat aber weiteres seinen Zweck zum Risse auffüllen, weil es so weich ist das man es pressen kann und im Riss verpressen und weiter aufdampfen kann, wodurch es quillt und den Riss perfekt auffüllt.

Pappel – Aus Papel kann man Kontrabässe bauen, es ist ein cooles Holz, es ist leicht und klingt auch ganz ok für Bässe. Es sieht sehr dekorativ aus, da es sehr viele schöne unterschiedliche Strukturen und Maserungen gibt. Beim Kontrabass kann man den Boden und die Zargen aus Pappel machen. Es ist jedoch sehr problematisch die Instrumente halten nicht so gut, wenn sie aus Pappel gefertigt sind.

Weide – Die Weide mag ich gerne, ist ein sehr weiches, softes Holz. Habe auch schon Bässe daraus gebaut. Ist sehr schön dekorativ im Splint und Kern, obwohl das Splintholz anfälliger ist auf Wurmbefall. Es ist super leicht und es klingt sehr gut.

Tanne – Ja, aus Tanne habe ich einmal einen Bass gebaut, sie wächst viel leichter gerade und ist eigentlich auch das viel günstigere Holz, jedoch klingt es meiner Meinung nach nicht so gut. Es gibt sehr viele Tannenbässe.

Zeder – Kann man für Gitarrendecken und natürlich auch beim Bass als Decke einsetzten, habe ich auch schon gesehen. Jedoch zerspringt es in tausend Teile nach 20-30 Jahren. Meiner Meinung nach nicht zu empfehlen.

Akazie – Ja, habe einmal eine Gitarre aus gedämpfter Akazie gebaut. Fühlt sich sehr zäh, extrem kompakt, hart und taff an. Man kann daraus den Boden und die Zargen fertigen und es ist ein sehr dekoratives dunkles Holz.

Wie messen Sie die Qualität des verwendeten Holzes, bezogen auf die Klangeigenschaften – Schallleitfähigkeit?

Nein, ich messe nicht die Schallleitfähigkeit mit einem Lucchi-Meter, ich glaube nicht daran. Es scheitert eher an der Verarbeitung und Bearbeitung als an sinnlosen Messwerten.

<u>Interviewprotokoll – Christian Jablonski</u> Gitarrenbauer, HTL Hallstatt am 04.04.2016 **Verwenden Sie europäische Holzarten im Instrumentenbau?**

Ja, also bei der Decke ausschließlich.

Mit welchen Kriterien wählen Sie ihr Klangholz aus? Wie beurteilen Sie das Holz? Gibt es einen Unterschied zwischen Laub- oder Nadelholz?

Ja sicher, also für die Decke verwende ich Nadelholz, eben die Fichte. Allgemein sehe ich mir das Holz genau an. Ich nehme es in die Hand und biege es und entscheide dann was ich daraus mache oder ob ich überhaupt etwas daraus mache.

Was sind Ihre Hauptkriterien bei der Auswahl, vor allem bei der Beurteilung?

Hier kommt es sehr darauf an welche Bauteile man betrachtet. Betrachtet man die Decke mit der Fichte, dann ist hier die optische Qualität etwas anderes als bei Zargen und Böden. Also Zargen und Boden sollen ja spektakulär aussehen und die Fichte sollte einigermaßen feinjährig sein, soll stehende Jahrringe haben und möglichst steif und leicht sein. Hier sind mir tatsächlich die technischen Aspekte wichtiger als die optischen. Ich habe auch schon Decken verbaut, die eher schirch aussahen, wie der Österreicher sagen würde, mit etwas gröberen Jahrringen aber diese waren eben schön steif und dadurch habe ich sie verwendet. Natürlich kommt man hier auch an eine Käufergrenze. Man kann nicht jedes Holz verbauen, weil bei den Käufern eine gewisse optische Holzqualität erwartet wird. Es ist eben sehr viel einfacher, wenn man den Erwartungen entspricht als wenn man das dann argumentieren muss. Würden Sie sagen diese Erwartungen der Gesellschaft sind im Geigenbau oder im Gitarrenbau wichtiger? Ich glaube, dass es im Gitarrenbau schlimmer ist, weil es im Gitarrenbau unter Anführungszeichen Fachmagazine gibt, die bestimmte Meinungen verbreiten, wie eine Decke auszusehen hat. Hier wird z.B. festgelegt was feinjährig ist und was nicht feinjährig ist. Dies ist bei der Geige anders, weil es keine Fachzeitschriften gibt, die sich an das normale Publikum richten. Es gibt Fachzeitschriften, die sind für Fachleute. Im Gitarrenbau ist dies ganz anders, das sind Fanzeitschriften und in diesen steht dann geschrieben, dass eine feinjährige Fichte auf 1cm 10 Jahresringe hat und dann ist es eine gute Decke, was natürlich nicht stimmt und das steht jedoch in diesen Zeitschriften und das glauben die Leute dann leider auch. Dieses Problem gibt es im Geigenbau nicht. Man muss natürlich auch auf die Preislage achten. Bei günstigen Instrumenten ist das natürlich nicht so wichtig, wobei hier oft erstaunlich schönes Holz verarbeitet wird. Bei teuren Instrumenten wird es erwartet, dass es eine gewisse Feinjährigkeit hat. Bei der grundsätzlichen Holzauswahl sind wir im Gitarrenbau natürlich viel freier, man kann quasi nehmen was man will. Aber nur auf die Fichte bezogen ist die Bewertung der optischen Qualität im Gitarrenbau viel strenger als im Geigenbau.

Holzarten:

Ahorn - Ahorn verwende ich für Zargen, Böden Hälse und für Hälse bei E-Gitarren. Der Ahorn sieht gut aus und er klingt anders als ein Palisander. Der Klangunterschied zum Palisander ist, dass es etwas mittig ist und sich besser durchsetzt, und ich finde für solche Gitarren gut geeignet, welche man eher in der Gruppe spielt. Wenn man verschiedene Instrumente zusammen hat, dass sich die Gitarre dann besser durchsetzt. Wenn man alleine (solo) spielt, ist Palisander häufig etwas schöner, weil es etwas Hi-Fi mäßiger ist. Bei E-Gitarren verwende ich den Ahorn für die Hälse, weil es Tradition ist. Den Ahorn gibt es ja in verschiedensten Varianten. Die Hälse, die ich mache, sind meistens aus schlichtem Ahorn, hier gibt es natürlich gar kein Problem mit der Verarbeitung. Zargen und Böden mache ich gerne aus Vogelaugenahorn und dieser ist meistens auch noch geflammt, das ist dann von Hand sehr schwierig zu bearbeiten, aber mit gutem Werkzeug ist eine gute Bearbeitung möglich. Es ist nur etwas schwierig beim Biegen, aber es ist auch keine besondere Herausforderung. Für Ränder nehme ich den Ahorn auch manchmal.

Apfel - Für Zargen und Böden. Klanglich geht es in die Richtung zum Ahorn. Er ist auch in der Dichte sehr ähnlich dem Ahorn. Apfel ist ja eher selten in der benötigten Größe, dass man Instrumente daraus bauen kann.

Birne - Birne habe ich früher in der Schule verwendet, dort wo ich gelernt habe, haben wir aus der Birne Ränder gemacht und Zitherstöcke (Nagelstock und Wirbelstock). Vorallem weil es sehr homogen ist, es lässt sich gut schnitzen und formen. Auch die Oberfläche ist sehr feinporig und man kann es schön lackieren und das ist ganz angenehm. Ich selbst benütze es jetzt nicht mehr.

Buche - Die Buche habe ich noch nicht verwendet und werde ich auch nicht machen, weil die Buche sich sehr viel bewegt und das ist eben nicht so praktisch. Billige Gitarren haben z.B. Hälse und Griffbretter aus Buche.

Buchsbaum - Buchsbaum habe ich als Späne, also für Ziereinlagen

Eiche - In der Schule hatten wir ein Stück Thermoeiche und daraus haben wir Griffbretter gemacht, das hat auch ganz gut funktioniert. Würden Sie die unbehandelte Eiche auch

verwenden oder eher nicht? Die Eiche hat ja sehr starke Gerbsäure und das führt zu Verfärbungen, vor allem mit dem Metall bei den Saiten und den Fingern und deshalb ist es glaube ich für das Griffbrett unbehandelt nicht so gut geeignet.

Esche - Die Esche verwende ich, da habe ich sogar eine Akustikgitarre aus geflammter Esche gebaut. Bin aber nicht so überzeugt davon, es hat irgendwie so einen zähen Charakter und genauso ist sie auch klanglich. Sie gefällt mir nicht, es ist irgendwie so, als würde sie den Klang schlucken, wie ein Moosgummi. Bei der Bearbeitung war sie beim Biegen überraschend gut und sehr flexibel, allerdings musste man sie sehr dazu überreden in der Form zu bleiben in die man sie gebogen hatte und sie ist auch relativ weich in der Struktur und gleichzeitig wieder extrem zäh. Ein ganz komisches Verhalten, nicht so wie man es eigentlich von einem Boden gerne hätte, dass er reflektiert und eine gewisse Härte dazugibt, dies war überhaupt nicht der Fall. Optisch ist die Esche jedoch sehr schick. Für E-Gitarrenbodys wird es gerne genommen.

Erle - Traditionell werden E-Gitarrenbodys aus Erle gemacht.

Fichte – Ja, die Fichte verwende ich als Deckenholz und für die Deckenbalken. Die Fichte sollte leicht, stabil, einigermaßen feinjährig und stehende Jahresringe haben. **Legen Sie darauf wert, dass es eine Haselfichte ist?** Wenn ich eine habe, lege ich darauf wert. Da die Haselfichte steifer ist bei gleichem Gewicht, dadurch, dass die Jahresringe so verzahnen, das gefällt mir gut und ich verwende sie gerne. Verwende ich nicht für die Balken aber für Decke auf jedem Fall. Die Fichte ist einfach ein traditionelles Deckenholz, weil es sehr gut funktioniert. **Würden Sie sagen es ist das Beste, oder es wird nur wegen der Tradition verwendet?** Es gibt ja auch amerikanische Fichten, oder die Zeder welche auch wieder anders klingt und ist auch anders zu verarbeiten. Die amerikanischen Fichten z.B. die Sitkafichten sind extrem kurzfaserig und diese mag ich nicht. Ich bevorzuge die europäische Fichte, weil ich finde, dass diese besser klingt und auch angenehmer von den technischen Eigenschaften her ist.

Kirsche - Also ich verwende sie nicht, aber sie wird verwendet als Boden- und Zargenholz. Aber ich finde das häufig ein bisschen langweilig.

Mehlbeere - auf Grund der schönen Optik würde ich es gerne einsetzen.

Nuss - Die Nuss verbauen wir an der Schule sehr viel, ich selbst habe noch nichts mit Nuss gemacht. Es entstehen sehr gute Instrumente daraus, es geht ein bisschen in Richtung Palisander, aber Palisander macht dann doch noch einen Schritt mehr. Die Nuss liegt zwischen Mahagoni und Palisander, so wie ich das einschätze. Bearbeiten lässt sich die Nuss sehr gut.

Olive - Ja würde ich verwenden für Boden und Zargen. Es ist ein sehr hartes Holz, optisch gibt es auch sehr viel her und ich erwarte mir auch eine gewisse klangliche Färbung, dass es eher etwas Brillanteres wird.

Tanne - Es lässt sich ja sehr schwer unterscheiden zur Fichte. Also kann es leicht sein, dass ich es verwendet habe ohne es zu wissen. Grundsätzlich würde ich hier keinen Unterschied sehen zur Fichte. Bewusst habe ich es noch nicht verwendet, aber ich hätte auch nichts dagegen.

Zypresse - Wird für Flamenco Gitarren verwendet weil es damals ein billiges Holz war, heutzutage ist es eher teuer, aber ich habe damit noch nicht gearbeitet.

Zwetschke - Ja, Zwetschke für Boden und Zargen. Klanglich würde ich mir erwarten, dass es eben obstholzmäßig wieder in die Richtung dem Ahorn geht. Natürlich gibt es optisch sehr viel her.

Zeder - Die Zeder als Deckenholz habe ich bis jetzt noch nicht eingesetzt, würde ich aber gerne. Ich glaube, dass es in Verbindung mit Nuss ganz populär ist, müsste man allerdings ausprobieren.

Akazie – Ja, die hatten wir an der Schule und haben daraus Griffbretter gebaut. Es ist ziemlich hart und hat funktioniert.

Wie messen sie die Qualität des verwendeten Holzes, bezogen auf die Klangeigenschaften – Schallleitfähigkeit?

Nein, messe ich nicht. Ich teste das intuitiv durch angreifen und anklopfen. Ich baue sehr wenig und verlasse mich hier sehr auf meine Intuition, dass es so funktioniert. Ich habe auch kein tieferes Verlangen danach genaueres heraus zu finden. Der Aufwand so etwas zu messen ist ja auch relativ groß und es lohnt sich einfach bei mir nicht. **Glauben sie eine Messung wäre sinnvoll oder würde etwas bringen?** Ich glaube wenn man das richtig angeht z.B. ein Freund von mir hat sich damit lange und sehr intensiv mit dem Messmöglichkeiten auseinander gesetzt und in allen Stadien des Baues die Decken beschallt und gemessen. Dadurch könnte man

rückschließen, wenn ein Instrument gut war, dass die Decke in diesem und jenem Zustand jene Eigenschaften hatte. Wenn man dann versucht dorthin wieder zu kommen, glaube ich, dass man sehr konsistente Ergebnisse bekommt. Es war allerdings unheimlich aufwendig und er macht es auch mittlerweile nicht mehr. Es ist auch immer das Problem, wenn man es nicht dem Lehrling in die Hand geben kann, sondern es selber machen muss, dann verbraucht man unheimlich viel Zeit und der Erkenntnisgewinn ist unter Umständen gering. Ich denke, dass wenn man genügend Gitarren gebaut hat, dass man dies einfach spürt wie es sein muss und auch dorthin kommt wo man klanglich hin möchte. Ich glaube wenn man es richtig machen will, dann ist der Aufwand unglaublich groß und dann stellt sich halt ganz schnell die Sinnfrage ob es ein positiver Punkt ist oder einfach nur Zeit wegnimmt.

<u>Interviewprotokoll – Richard Jenner</u> HTL Hallstatt Hallstatt am 04.04.2016 **Verwenden Sie Europäische Holzarten im Instrumentenbau?**

Selbstverständlich, sehr gerne. Achten Sie auf die Regionalität des Holzes oder eher nicht? Sofern es im Bereich des Möglichen liegt ja. Ich unterscheide eher weniger zwischen regional europäischen Hölzern und ausländischen Hölzern sondern ich unterscheide zwischen Hölzern die bedroht sind, also Tropen- und Exotenhölzer. Es sind ja nicht nur Hölzer in den Tropen bedroht sondern auch in den Subtropen, wie im atlantischen Regenwald. Hier sind z.B. das Fernambukholz bedroht, dass ja auch auf die Liste der artgeschützten Hölzer gesetzt wurde. Der ökologische Hintergrund ist mir sehr wichtig. Warum ich europäische Hölzer verwende, liegt darin das wir durchaus einen schönen großen Fundus an heimischen Holzarten haben. Die sich auch nicht nur aus der Tradition heraus bewerten, sondern auch aus der praktischen Arbeit heraus bewerten. Im Geigenbau ist der Ahorn und die Fichte seit vielen Jahrhunderten die Auswahlnummer 1, man weicht auch nur ganz selten auf andere Holzarten aus wie z.B. Pappel, Nuss und sehr selten auch Kirschholz. Hier verbindet sich das traditionelle Wissen mit der klanglichen ästhetischen Funktion des Instrumentes gut. Deshalb besteht kein Handlungsbedarf auf irgendwelche anderen Produkte um jeden Preis zurückzugreifen. Im Gambenbau hat man ein etwas breiteres Spektrum an Hölzern verwendet. Hier hat man durchaus öfters auch Kirschen- und Nussholz verwendet auch Eschenholz (geriegelt), was sich meiner Meinung nach sehr gut eignet, wurde gerne eingesetzt. Bei der Esche wird die Porigkeit als Problem empfunden, für mich allerdings weniger, klanglich gibt es sehr viele gute historische Beispiele im Gambenbau und sogar im Geigenbau für Eschenholz. Das Nussholz wurde sehr gerne verwendet, allerdings eher auf Grund der optischen Eigenschaften, weniger wegen der klanglichen.

Grundsätzlich verwende ich heimische Hölzer, da sie gut verfügbar sind und sie sich auch in meinem preislichen Rahmen befinden und sie sind auch mit meinen Arbeitsmethoden bei der Verarbeitung sehr gut kompatibel. Bei der Verwendung dieser Hölzer muss ich auch keine ökonomischen und ökologischen Bedenken haben. Ich setzte sie auch ein, weil sie traditionell gerade im historischen Instrumentenbau verwendet wurden.

Nach welchen Kriterien wählen Sie Ihr Klangholz aus?

Die Kriterien sind für mich das statische Kriterium, das optische Kriterium und das Kriterium der Haltbarkeit. Optisch sollt das Holz eine reizvolle Optik, interessante Textur haben. Dies findet man sowohl im traditionellen Deckenholz der Fichte mit dem berühmten Haselwuchs. Hier geht es aber vor allem darum, wie auch bei der Statik, um den Einschnitt des Stückes. Wichtig ist, dass ich weiß wie das Holz geschnitten werden muss, dass ich bestimmte Texturbilder optimal hervorheben kann. Kriterien die ich in der Holzauswahl statisch suche sind in erster Linie beim Holzeinschnitt, dass ich vor allem kein abholziges Element verwende. Auch bei den Hölzern für den Hals ist die Faserrichtung sehr wichtig.

Wie wichtig ist Ihnen die Struktur? Je feiner desto besser oder ist das nicht so wichtig für Sie?

Meiner Meinung nach, ist Feinjährigkeit bis zu einem gewissen Grad in Ordnung. Ab einer gewissen Feinjährigkeit ist es sowohl optisch nicht mehr ansprechend als auch statisch nicht ideal und weist eher auf eine Krankheit des Baumes hin. Hier spreche ich rein von der Fichte bei welcher es allerdings eher darum geht, dass sie einen regelmäßigen Wuchs aufweist, als dass sie so fein wie möglich gewachsen ist. Meiner Meinung nach wird die Holzauswahl im Instrumentenbau bei weitem überschätzt. In früherer Zeit wurden sehr gute Instrumente aus Hölzer gebaut die heutige Instrumentenbauer niemals verwenden würden. Das Material wird bei

weitem überschätzt, es kommt vor allem auch auf die Konstruktion und die Verarbeitung an. Als Deckenholz macht mir die Weitjährigkeit nichts aus, so lange das Holz gleichmäßig gewachsen ist, einen schönen Markstrahlenspiegel hat und sich FH und SH deutlich voneinander unterscheidet. Die Gleichmäßigkeit liegt über der Feinjährigkeit.

Holzarten:

Ahorn - Verwende ich sehr gerne für alle Instrumente vor allem für Hälse, Böden und Zargen. Hauptsächlich wird der Bergahorn wegen seiner Farbe, der schönen Markstrahlen und der wunderbaren Struktur, dem Riegel verwendet. Den Riegelahorn gibt es auch in den unterschiedlichsten Ausformungen welche wunderschöne Bilder erzielen. Klanglich kann man sagen, da Streichinstrumente traditionell aus Ahorn gefertigt werden, dass er den Erwartungen entspricht. Im Gitarrenbau gibt es mehr Vergleiche, da mehrere Holzarten eingesetzt werden. Der Ahorn zeichnet sich durch einen sehr hellen Klang aus, der eine gute Schärfentrennung

Birke - Die Birke ist in der geriegelt Form sehr dekorativ. Wird eingesetzt für Zargen und Böden. Im historischen Instrumentenbau ist sie sehr viel verwendet worden, in unserem Bereich ist es eher unüblich. Klanglich habe ich keinen großen Unterschied zum Ahorn festgestellt.

Birnbaum - Ist ein sehr kurzfaseriges Holz und ist deshalb weniger empfehlenswert für ganz dünnwandige und belastete Elemente. Bei Böden, die sehr dünn ausgearbeitet sind, ist die Gefahr des Bruches höher als bei der Zwetschke. In geflammter und geriegelter Form kann die Birne sehr dekorativ sein. Insbesondere wenn es gedämpft ist. Klanglich ist sie meiner Meinung nach ähnlich der Nuss.

Buche - Die Buche selbst ist ein sehr zwiespältiges Holz, es ist hauptsächlich ein sehr langweiliges Holz, es kann aber eine sehr interessante Optik aufweisen. Ich persönlich habe schon einige sehr gute Instrumente aus Buche gefertigt. Aus Buche werden Böden, Zargen und Hälse gefertigt. Im Gitarrenbau im 19. Jahrhundert wurden sehr viele Gitarrenhälse aus Buche gefertigt. Die Buche galt und gilt auch als Minderwertig, ich finde allerdings, wenn es richtig geschnitten ist ausgesprochen dekorativ sein kann. Ich kenne auch sehr wenige Celli aus dem Barock, welche nur aus Buche waren und diese waren klanglich sehr gut. Richtig ausgesucht, gelagert und aufbereitet ist es ein unglaublich stabiles Holz und sehr gut für den Instrumentenbau geeignet.

Buchsbaum - Wird als Resonanzholz auf Grund der geringen Dimensionen nicht verwendet. Hauptsächlich wird es verwendet für Ausbuchser, Drehleiern, Wirbel, Knöpfe, Tasten, Tastenbeläge usw., aber nicht als Resonanzholz. Ist ein wunderbar bearbeitbares Holz, besonders dicht und homogen.

Douglasie - Würde sich als Deckenholz, wenn es dem entsprechend eng und gleichmäßig gewachsen ist, durchaus eignen.

Eibe - Verwende ich, wie schon in der Renaissance, für die Lautenmuscheln. Sie gibt besonders optisch sehr viel her. Für den historischen Lautenbau ergibt die Eibe genau jenen Klang, den man sich erwartet. Im Gitarrenbau kann ich nichts dazu sagen, da man sie dafür nicht verwendet. Dieses Holz lässt sich sehr gut bearbeiten, es lässt sich sehr gut biegen, ist allerdings ziemlich weich. Von den Nadelhölzern zwar das härteste Holz, aber trotzdem weich.

Esche - Sehr gerne wurde früher die Blumenesche bei historischen Gamben verwendet. Selbst habe ich auch schon diese Holzart eingesetzt und habe klanglich keinen Unterschied zum Ahorn erkennen können.

Elsbeere - Würde ich mit einer härteren Birne gleichsetzten, bei den klanglichen Eigenschaften. Ich habe es bisher nur als Tastenholz und noch nicht als Resonanzholz eingesetzt.

Fichte - Bei der Auswahl der Fichte kommt es, da es hauptsächlich als Deckenholz verwendet wird, auf die statischen Eigenschaften an. Statische Eigenschaften sind gleich zu setzten mit dem E-Modul und der Festigkeit. Diese Faktoren sind meiner Meinung nach am wichtigsten. Viel wichtiger als die optische Qualität.

Hainbuche - Habe ich bis jetzt nur für Wirbel verwendet und für Tasten. Dies hat in beiden Fällen relativ gut funktioniert. Mir persönlich wäre es als Resonanzholz zu zäh.

Kirsche - Wird verwendet für Böden und Zargen. Das Holz ist etwas weicher und akustisch sehr hell und leichter ansprechend. Die Scherfestigkeit bei beanspruchten Elementen ist nicht so gut.

Linde - Habe ich schon für Hälse von Instrumenten eingesetzt. Ist sehr angenehm zu bearbeiten und gut pollierbar. Ein sehr positiver Aspekt bei der Linde ist, dass sie in sehr großen und gerade gewachsenen Dimensionen vorhanden ist.

Mehlbeere - Kann sehr dekorativ sein, allerdings meiner Meinung nach zu zäh, wie die Hainbuche.

Nuss – Die Nuss weist physikalisch und klanglich sehr unterschiedliche Eigenschaften auf, dies ist sehr standortsbedingt. Sie wird für Böden und Zargen eingesetzt. Klanglich ist sie durchaus sehr attraktiv. Man kann nicht sagen, dass die Nuss diesen Klang hat und eine andere jenen und ich möchte auch von dieser Einstellung Abstand nehmen, weil ich finde, dass viele andere Eigenschaften dies beeinflussen als nur diese alleine.

Olive - Fällt unter die Kategorie Mehlbeere und Hainbuche, ist ein wunderbar dekoratives Holz allerdings sehr zäh. Beim Anklopfen klingt die Olive meiner Meinung nach etwas schwammig.

Pappel - Die italienische Pappel ist dem Ahorn sehr ähnlich. Der heimische ist eher für Reifchen und Klötze geeignet. Manche Pappeln haben einen gleich hohen E-Modul wie Fichte und wären dadurch sehr aut geeignet als Deckenholz, sind allerdings optisch sehr fad.

Platane - Im radial geschnittenen Format ist es wunderschön und meiner Meinung nach dem Ahorn sehr ähnlich.

Weide - Ist ein sehr gut biegsames Holz und wird dadurch in erster Linie für Reifchen und Klötze verwendet. Es ist ein sehr leichtes, stabiles und angenehmes Holz.

Tanne - Dürfte sehr ähnliche Eigenschaften haben wie die Fichte und wenn ich eine hätte und bis auf das, dass die Tanne gräulicher ist und weniger gelblich als die Fichte, würde ich die Tanne genauso verwenden. Ich würde sie mit der Fichte gleichsetzen.

Ulme/Rüster - Habe ich bis her nur einmal verarbeitet bei einem Instrument und hatte auch einen sehr guten Klang. Auch die Verarbeitung war in Ordnung.

Zypresse - Ist das beliebteste Flamencogitarrenholz, ich habe es aber selbst noch nicht verwendet. Die seidenmatte Oberfläche ist sehr schön und ein wenig mit der Linde vergleichbar.

Zwetschke - Ist ein sehr gutes Holz, wenn es gut geschnitten ist, und ist für sehr viele Elemente bei richtigem fehlerfreiem Wuchs geeignet. Es ist ein sehr tolles Holz.

Akazie/Robinie - Ist eine sehr resonative Holzart, wird allerdings da sie weniger dekorativ ist, wenig im Instrumentenbau eingesetzt. Angeblich eignet sie sich sehr gut für Xylophon Stäbe, sie hat auch sehr ähnliche Werte wie Palisander, wenn sie im Flader geschnitten ist.

Wie messen Sie die Qualität des verwendeten Holzes, bezogen auf die Klangeigenschaften – Schallleitfähigkeit, rein intuitiv oder mittels eines Messgerätes?

Natürlich messe ich sie und zwar mit dem besten Messgerät der Welt, mit unseren Ohren. Die Messmethoden sind meiner Meinung nach eine sehr komplizierte Geschichte. Ich finde alles was zur Dokumentierung der Arbeit dienlich ist, wenn man selbst wirklich so organisiert ist, dass man sich irgendwelche Werte notiert und versucht eine Korrelation der eigenen Intuition und den Messwerten herzustellen, dann finde ich dies ziemlich wertvoll. Wenn allerdings die Zeit, welche ich dafür aufwenden muss, die Fähigkeit zum Ausbau meiner Intuition raubt, dann ist es ja kontraproduktiv und nicht mehr sinnvoll.

D.h., dass für mich jemand nicht bessere Instrumente baut nur weil er für mich mit irgendwelchen Messgeräten misst, allerdings wenn seine Instrumente gut sind, dann ist es eine gute Methode. Ich würde niemals sagen, vergiss diese Methode und verlasse dich auf dein Gefühl, es gibt einfach Leute, die kein Gefühl haben und mit dem Kopf besser sind und denen hilft das Messgerät sehr.

Ich habe sehr viel mit Frequenzgeneratoren gearbeitet, habe damit allerdings aufgehört, weil es mir dann zu blöd geworden ist, und ich für mich keinen Nutzen mehr daraus ziehen konnte. Auf jedem Fall ist es eine wirtschaftliche Sache, wenn ich alle Zeit der Welt habe, fängt man an damit zu probieren. Man fängt an sich in ein System zu verlieben und übersieht den Rest. Wenn jemand gut damit umgeht, dann finde ich dies total in Ordnung.

Bezogen auf die wissenschaftlichen Methoden finde ich sie spannend und interessant, mehr kann ich dazu nicht sagen. In der Studie der Haselfichte eines Studenten der Boku haben wir versucht 100 Fichten von 15 Geigenbauern zu vergleichen und sind aber auf kein schlüssiges Ergebnis gekommen. Es war eine redliche Bemühung von ihm zu sagen, dass es eine Korrelation gibt, zwischen allgemein gültigen Qualitätskriterien und physikalisch Messbaren Eigenschaften und diese hat es außer der Optik nicht gegeben.

Interviewprotokoll – Karl Kirchmayer E-Mail

Verwenden Sie heimische/europäische Holzarten? Ja

Mit welchen Kriterien wählen Sie ihr Klangholz aus? Wie beurteilen sie das Holz? Gibt es z.B. einen Unterschied zwischen Laub- oder Nadelholz?

Nach jeweiligen Verwendungszweck: Korpus, Deckenholz oder Konstruktionsholz, für welches Instrument geeignet. Beurteilung; Ton, Gewicht, Faserverlauf (vorwiegend Decke), optische Qualität, Bei meinen Instrumenten kommt nur Fichte als Deckenholz zur Anwendung. Als Korpusholz verwende ich vorwiegend Laubhölzer selten auch Nadelhölzer (Tanne, Zeder, Zypresse)

Was sind Ihre Hauptkriterien bei der Auswahl, vor allem bei der Beurteilung? Siehe Reihenfolge Beurteilung

Beschreibung der Holzarten in den weiteren Fragen mit denen Sie arbeiten oder schon gearbeitet haben:

Grundsätzlich: Holz ist nicht Holz, also Holz ist kein homogenes Material, jeder Stamm, gilt auch innerhalb eines Stammes, hat unterschiedliche Eigenschaften in Struktur, Schallgeschwindigkeit, Gewicht, Steifigkeit, Ansprache, etc hier bitte ein Holzlexikon heranziehen mit den jeweiligen angeführten Durchschnittswerten. Eine detaillierte Beschreibung würde meinen Zeitrahmen erheblich sprengen.

Weitere heimische Holzarten und ihre Verwendung? Sonstige Vorschläge

Verwendet werden für den Korpus sehr gerne Hölzer die einen "genetischen Defekt "haben wie: Riegel-Vogel-Muschelahorn, Maser und Riegelesche und sonstige Drehwüchse etc., also in ihrer Struktur exotisch sind bzw. Hölzer die durch ihre "Andersartigkeit" für die industrielle Fertigung nicht geeignet sind.

Wie messen Sie die Qualität des verwendeten Holzes, bezogen auf die Klangeigenschaften – Schallleitfähigkeit?

Die Qualität der Klangeigenschaften von meinen Hölzern bewerte ich mithilfe meiner langjährigen Erfahrung, bei Korpus und Deckenholz geht es immer um das Verhältnis von Ton zu Gewicht, hinzu kommen noch einige untergeordneten Beurteilungskriterien.

Ahorn - Korpus, Konstruktionsholz und Hälse

Birnbaum – Ja, Korpus und Griffbretter

Buche- Ja, Konstruktionsholz

Buchsbaum – Ja, Korpus, Griffbretter, Randeinlagen und Wirbel

Eibe - Ja, Korpusholz (auch mit Splintholz)

Esche - Ja, Korpusholz

Elsbeere - Ja, Korpusholz

Erle - Ja. Konstruktionsholz, Hälse

Fichte - Ja, nur für Decke

Hainbuche - Ja, Korpusholz

Holunder - Ja, Korpusholz

Kirsche - Ja, Korpusholz

Linde - Ja, Konstruktionsholz

Mehlbeere - Griffbretter

Nuss - Ja, Korpusholz

Pappel - Ja, Konstruktionsholz

Wolliger Schneeball - Nein

Weide - Ja, Konstruktionsholz

Tanne - Ja, Korpusholz

Zypresse - Ja, Korpusholz

Zwetschke - Ja, Korpusholz

Zeder - Ja, Korpusholz

Interviewprotokoll – Arnold Lobisser

Gründer Abteilung für Musikinstrumentenbau HTL

Hallstatt Hallstatt am 04.04.2016

Zusammenfassung eines sehr ausführlichen Interviews, über die allgemeine Holzauswahl im Musikinstrumentenbau:

Ob die Haselfichte oder die normale Fichte im Instrumentenbau eingesetzt wird und welches davon das Bessere ist, ist bis heute eine große Streitfrage. Man hat allerdings nicht überall Haselfichte. Es ist heute noch eine Streitfrage, ob dies ein Wuchsverhalten im Hochgebirge ist, oder ob es eine eigene Baumform ist. Es gibt beide Einstellungen. Ich bin der Meinung, dass es ein Wuchsverhalten ist. Es ist auch nicht gesagt, dass nur aus der Haselfichte gute Instrumente entstehen. Es können auch aus normalwüchsiger Fichte ausgezeichnete Instrumente gefertigt werden. Wichtig ist, dass der Stamm schön rund, fehlerfrei und milde gewachsen ist. Auf einen gleichmäßigen Wuchs muss besonders geachtet werden, wie gleichmäßige Jahrzehnte oder Jahrhunderte und nicht einmal ein harter Winter, dann wieder ein milder Winter, was in der Jahrringstruktur gut ersichtlich ist. Die Jahrringstruktur sollte möglichst gleichmäßig sein. Ob feinjährig oder grobjährig ist überhaupt nicht tragisch, ich habe schon sehr gut klingende Geigen gesehen, die relativ grobjährig, jedoch gleichmäßig gewachsen waren.

Wenn man ein gutes Fichtenholz hat, ist es das wichtigste. Bei den Boden und Zargen wird meist darauf geachtet, dass es optisch sehr schön aussehen, dies wird besonders durch den Riegel beim Ahorn gewährleistet. Ich persönlich habe auch schon aus einer Blumenesche eine Bassgeige gefertigt. Optisch ist die Struktur dieses Holzes einzigartig. Bei der Fichte wird vor allem auf die Struktur, bezogen auf die klanglichen Eigenschaften geachtet und bei den Zargenund Bodenhölzern besonders auf das optische Erscheinungsbild.

Ein Schwegelholz ist z.B. gut, wenn es klingelt. Auch Fichtenholz klingelt. Bei den alten Holzhändlern aus Italien und Kärnten, dass sie bei den Holztrassen dem Klang der Stämme gelauscht haben und nach dem Klang der Stämme die Klanghölzer ausgewählt haben. Beim heruntersausen in der Trasse haben die Stämme hell geklingelt. Alle Harthölzer die hell klingeln kann man für den Schwegelbau einsetzen, bzw. sind diese auch für sonstige Instrumente gut. Hölzer die dumpf und bomstig klingen sind nicht für den Instrumentenbau geeignet.

Mich wundert z.B. dass man die Pappel für Chelli und Bässe verwendet hat, anscheinend muss sich die Qualität mit dem Alter verbessern und es härtet aus. Sehr junges Holz der Pappel ist nicht für den Instrumentenbau geeignet.

Bei der Holzauswahl an bereits zugeschnitten Holzstücken beim Holzhändler, erkennen gute und erfahrene Instrumentenbauer durch das Ankratzen des Holzes mit den Fingernägeln die Härte und durch Biegen längs und quer zur Faser, die Steifigkeit des Holzes. Im frischen Zustand ist Holz natürlich weicher als im getrockneten, ausgehärteten Zustand. Und wenn man mich fragt, warum die Stradivari Geige so gut klingt, dann ist dies auf die ausgehärteten Hölzer zurückzuführen. Bevor es Stahlsaiten gab, wurde die Stradivari schon 120 Jahre mit Darmsaiten bespielt und hat Zeit gehabt um hart zu werden. Dies macht meiner Meinung nach den Klang dieser Instrumente aus.

Möchte man Tropenhölzer durch heimische Holzarten ersetzten, würde ich sagen, dass die Zwetschke unser Ebenholz ist. Allerdings benötigen wir immer eine gewisse Menge an Ebenholz für Griffbretter, da diese Holzart ganz anders läuft als andere Hölzer und ein anderes Spielen ermöglicht. Die Zwetschke ist am ähnlichsten dem Ebenholz und lässt sich sehr gut bespielen. Auch andere Obsthölzer oder Nuss und Ahorn sind geeignet. Auch bei Böden und Zargen können diese eingesetzt werden. Klanglich machen sie, wenn die Fichtendecke gut ist, keinen Unterschied. Der Klang wird eher durch die Ausarbeitung der Dimension der Elemente beeinflusst.

Heutige Gitarrenbauer, verarbeiten gerne die Zeder für die Decke und hier arbeiten sie an der Schmerzgrenze der Dicke der Elemente. Je dünner die Decke desto besser klingt die Gitarre, allerdings ist das Instrument nach 50 Jahren nicht mehr einsatzfähig, da das Instrument ermüdet ist. Alte Wiener Gitarren haben beispielsweise 4mm dicke Decken und klingen heute noch immer. Zu Beginn werden diese Gitarren überhaupt nicht gut geklungen haben, erst mit der Zeit kommt der Klang, so könnte ich mir das vorstellen.

Interviewprotokoll – Helge Murgg

Meister für Streich- und Zupfinstrumentenbau, Lehrer HTL Hallstatt Hallstatt am 04.04.2016 **Verwenden Sie Europäische Holzarten im Instrumentenbau?**

Hauptsächlich, nicht nur. Aus einem gewissen Naturschutzgedanken gerne, weil wenn man sich die ganzen Rodungen in den Tropenwäldern ansieht, sehe ich hier den ökologischen Hintergrund. Aber natürlich muss man fast als Geigenbauer z.B. auf Ebenholz zurückgreifen. Man muss nicht, aber es ist halt ein sehr gutes Holz für diesen Zweck.

Mit welchen Kriterien wählen Sie ihr Klangholz aus? Wie beurteilen Sie das Holz? Gibt es einen Unterschied zwischen Laub- oder Nadelholz?

Grundsätzlich gibt es mehrere Faktoren, die man hier einhalten muss. Erstens einmal sollte das Holz leicht bearbeitbar sein. Was bedeutet, dass alle Hölzer ausfallen welche stark drehwüchsig, abholzig sind. Natürlich auch nicht stabil in der Faser durch den Drehwuchs und die Abholzigkeit. Die Bearbeitung ist natürlich schwieriger, weil man nur von einer Seite schön arbeiten kann und die andere Seite quasi umdrehen muss. Zweiter Punkt ist, natürlich eine gewisse Leichtigkeit der Hölzer. Hölzer dürfen nicht zu schwer sein, denn man kann eigentlich zu schwere Hölzer gar nicht so dünn ausarbeiten, dass sie wirklich gut funktionieren. Wenn man dann auf eine gewisse statische Grenze geht, kann man gar nicht mehr weiter gehen, denn wenn man schwere Hölzer zu dünn ausarbeitet, würden diese kollabieren. Deshalb ist eine gewisse Leichtigkeit und ich sage deshalb eine gewisse Leichtigkeit, denn es gibt sehr leichte Holzarten genauso, sehr wichtig. Meiner Erfahrung nach haben sich z.B. bei Resonanzdecken bei der Fichte, Hölzer von einem spezifischen Gewicht von 0,38g g/cm³ maximal 0,45 g/cm³ was wirklich die Obergrenze ist festgelegt. Achten Sie nur bei der Fichte oder auch bei anderen Holzarten darauf? Hauptsächlich bei der Fichte. Natürlich gibt es Hölzer, die wegen Gewichtsgründen ausfallen, für mich persönlich sage ich jetzt ausfallen. Es gibt aber auch noch andere Kriterien z.B. die Eiche. Das ist für mich persönlich ein Holz das zu schwer ist. Des Weiteren ist die Homogenität innerhalb der Holzstruktur sehr wichtig, weil diese garantiert, dass man einigermaßen gleichmäßig und auch im Arbeitsfluss schneller voran kommt. Bei Hölzer die sehr inhomogen in der Struktur sind, muss man teilweise punktuell anders bearbeiten. Bei einem Holz mit gleicher Homogenität wird man guasi nach dem Aushobeln gleiche Eigenschaften in der Platte finden. Wobei dann auch innerhalb dieser Platte auszugleichen ist. Hat man allerdings ein ganz unterschiedlich strukturiertes Holz, hat man natürlich auch ganz unterschiedliche Areale, die man verschieden bearbeiten muss. Bei den Weichhölzern, bleiben wir bei der Fichte muss die Struktur natürlich nicht nur feinjährig sein und gleichmäßig, aber es sollte natürlich auch keine rotjährigen Anteile haben. Rotjährigkeit bedeutet, ein starker Zuwachs bei den Herbstringen, dass das Holz einer Belastung im Baum ausgesetzt war und dieses Holz fällt natürlich aus. Es ergibt Spannungen, es ist ein sehr schweres Holz. Die Holzauswahl an sich ist am Baum, wenn man sich den Baum aus dem Wald holt, kann man sie diese Faktoren schon durch die Kenntnis des Standortes ausschließen. Für den Instrumentenbauer, der den Wald nicht kennt, ist dies allerdings sehr schwierig festzustellen. Am besten ist, man kauft sich einen Bloch vom Sägewerk der gut aussieht. Ich selbst habe bis jetzt zwei Stämme gekauft, wobei ich einen davon nicht für Resonanzdecken verwende, da er dafür nicht geeignet ist, sondern für andere Elemente. Bei der Auswahl entscheidet man sehr viel mit Befühlen, Tasten und Hören. Erstens einmal spürt man wie leicht ein Holz ist, wenn man eine gewisse Erfahrung hat. Der Streichelton sagt auch schon sehr viel über die Schallleitfähigkeit aus, oder in welchen Frequenzen es sich abspielt. Natürlich kann man auch ganz einfach eine Dichtemessung machen.

Holzarten:

Ahorn - Ahorn verwende ich hauptsächlich für Hälse, Zargen, Böden, keine Resonanzdecken. Es gibt natürlich auch Unterschiede, vom schlichten Ahorn bis unterschiedliche Formen der Maserung. Die geriegelten Elemente verwende ich eher für den Korpus wie Zargen und Boden auch für Hälse. Allerdings verwende ich für Hälse eher schlichte Hölzer. Die Schmuckhölzer verwende ich hauptsächlich aus optischen Gründen, weil sie eigentlich unvernünftig sind, da durch die unterbrochene Faser man eigentlich nicht die optimale Stabilität hat. Glauben Sie es gäbe einen klanglichen Unterschied zwischen einem geriegelten und einem schlichten Ahorn bei Zargen und Boden? Naja, ich sage einmal theoretisch und das kann ich empirisch nicht belegen, da ich keine Messreihen angestellt habe. Bei der Bearbeitung kommt es immer auf ein gutes Werkzeug an, damit ist bei fast allen Hölzern eine gute Bearbeitung möglich.

Apfel - Für Zarge und Boden. Als Halsholz habe ich es noch nicht probiert, ich weiß allerdings, dass Birne nicht sehr stabil ist, allerdings ist es instabil auch nicht. Im Prinzip kann man die ganzen Harthölzer gut vergleichen und die Birne ist irgendwie weniger stabil, aber nicht schlecht. Klanglich kann ich dazu nicht wirklich etwas sagen, für mich ist das Wichtigste die Decke.

Birke - Die Birke ist durchaus gleichwertig dem Ahorn. Habe sie zwar noch nicht viel verwendet, aber als Halsholz habe ich es schon eingesetzt und sehe hier kein Problem. Gleich wie der Ahorn sind die hellen Hölzer leichter zu bearbeiten, da man natürlich jede Farbe geben kann

Birnbaum - Birnbaum ebenso für Hälse, Zargen, Böden, es ist für Schnitzereien sehr gut geeignet. Es ist auch geeignet für Wirbel bei historischen Instrumenten. Wobei es nicht sehr hart und abriebfest ist. Bei der Optik gibt es genauso geriegelte, geflammte und schlichte Birnen. Die schlichten sind dann eher für die Schnitzereien.

Buche - Die großen Manufakturen Ende des 19ten Anfang des 20tenJahrhunderts haben sehr viel Buche verwendet, weil es natürlich gut verfügbar war, allerdings gibt eine Buche nicht viel her. Buche hat kaum einen Schmuckwuchs, es gibt zwar eine Sichelbuche. Von der Bearbeitung her sehr gut und auch von der Stabilität her sehr gut. Das Arbeiten der Buche macht natürlich Schwierigkeiten, dies ist allerdings hauptsächlich im Fladerschnitt der Fall. Wenn man schlicht einschneidet, mit stehenden Jahrringen, geht es eigentlich immer, bei Fladerschnitten ist es immer ein Problem.

Buchsbaum - Buchsbaum verwende ich hauptsächlich wie der Name schon sagt für Wirbelausbuchser, wenn man Wirbel austauscht. Auch Wirbel können aus Buchs gefertigt werden. Hauptsächlich kleine Teile, da man größere Teile aus einem Buchs wegen der geringen Dimensionen nicht herausbekommt.

Eibe - Die Eibe ist wunderbar für Lautenmuscheln geeignet. An sich ein tolles Holz, relativ schwer, aber in dieser Verwendung gut geeignet, weil es unheimlich stabil ist und hart. Es klingt sehr perlig und glasklar. Je härter das Holz, desto klarer wird der Ton. Die Bearbeitung ist eigentlich ziemlich leicht.

Eiche - Die Eiche ist durchaus geeignet, allerdings durch die Ringporigkeit hat sie sehr große Poren und dadurch nicht gerne gesehen und vom Gewicht her auch sehr schwer. Wenn sie schön im Spiegelschnitt geschnitten ist, kann es einen wunderschönen, riesigen Spiegel haben. Das macht natürlich optische sehr viel her, aber Faktum ist, dass sie sehr schwer ist und enorm große Poren hat. Es gibt Gitarren die mit Eiche gebaut wurden, manche trauen sich darüber. Ich ehrlich gesagt nicht, weil mir das Holz für den Instrumentenbau nicht gefällt. Es gibt schönere Hölzer, sagen wir es so.

Esche - Leichter als die Eiche und durchaus verwendbar. Ich habe Riegelesche, sehr schön, aber eben auch extrem großporig und eher bei historischen Instrumenten.

Elsbeere - Elsbeere ist ähnlich einer Birne im Prinzip von der Struktur her. Habe allerdings wenig damit gearbeitet.

Erle - Die Erle eher als Formholz. Es ist ein sehr gut bearbeitbares, weicheres Holz, das eher für Formen verwendet wird oder im E-Gitarrenbau.

Fichte - Die Fichte verwende ich hauptsächlich als Deckenholz. Für die Innenkonstruktionen verwende ich es eher weniger, da ist mir die Weide lieber. Bei der Verarbeitung der Fichte fällt immer etwas ab und wenn man es hat, dann hat man es halt. Am ehesten noch für die Balken, die Reifchen und Klötze dann eher von der Weide.

Hainbuche - Verwende ich ehrlich gesagt nicht, aber man kann natürlich Wirbel daraus machen oder theoretisch auch Griffbretter.

Hollunder - Für Wirbel und Buchser, wenn man einen großen Holunder hat, kann man auch Griffbretter daraus machen. Für gewisse Instrumente natürlich wie z.B. einer Ukulele oder historischen Instrumenten würde ich mich schon getrauen dieses Holz einzusetzen. Wenn man einen Ahorn als Griffbrett verwenden kann, kann man einen Hollunder auch dafür verwenden. Man merkt bei der Hainbuche und den Hölzern der Sträucher, vor allem der Hollunder, ist das Holz schön hart. Wenn dieser einmal durchgetrocknet ist, dann ist er ein beinhart, was man vor allem bei der Bearbeitung merkt.

Kiefer - Ich würde mich auf jedem Fall getrauen Kiefer als Innenmaterial für Reifchen und Klötze zu verwenden. Auch als Balkenholz würde ich es einsetzten, jedoch nicht als Resonanzholz, also als Deckenholz.

Kirsche - Die Kirsche ist gleichwertig mit den Ahorn, vielleicht ein wenig spröder vom Gefühl her. Aber ansonsten ist hier kein Unterschied.

Linde - Die Linde ist auch wieder für das Innenleben wie Reifchen, Klötze geeignet. Den Boden würde ich nicht daraus machen und natürlich auch keine Hälse. Wobei es im E-Gitarrenbau ein durchaus gängiges Holz für den Korpus ist.

Nuss - Das Nussholz ist aufgrund ihrer Porigkeit ein etwas "blödes" Holz aber es ist sehr schön. Man nimmt sie hauptsächlich wegen der Optik und wenn es schön gewachsen ist, dann gibt es kein Problem bei der Bearbeitung. Es ist eines der wenigen einheimischen dunklen Hölzer und dadurch erhält man optisch einen schönen Kontrast. Klanglich tu ich mir schwer dieses Holz zu beschreiben. Insgesamt würde ich sagen, ist der Ton vielleicht etwas weicher als beim Ahorn. Dies ist ohne Messreihen kaum zu sagen. Rein intuitiv würde ich jetzt sagen, dass der Klang insgesamt nicht so angereichert wird mit Obertönen.

Olive - Habe wenig damit gearbeitet, aber natürlich ist es ein sehr schönes Holz und relativ hart. Optisch kann es eher fad sein, allerdings auch sehr schön sein. Habe aber wenig Erfahrung damit.

Pappel - Die Pappel ist durchaus für sehr viele Dinge brauchbar z.B. für den Korpus bei historischen Instrumenten. Pappel ist zwar etwas zäh in der Bearbeitung aufgrund der Struktur, aber eigentlich ein sehr helles Holz und insofern auch sehr gut geeignet für den Geigenbau. Dort ist es auch ein traditionelles Holz, abgesehen vom Ahorn, der sich natürlich durchgesetzt hat. Pappel ist im Prinzip gleichwertig.

Weide - Die Weide ist vor allem für Innereien wie Klötze, Reifchen und dergleichen, weil es sehr leicht und gut biegsam ist.

Tanne - Ist als Resonanzholz durchaus geeignet. Ich habe zwar noch nicht viel mit Tanne gearbeitet, aber wenn, dann habe ich es bei Geigen verwendet und bei diesen Instrumenten ist mir nicht wirklich ein Unterschied zur Fichte aufgefallen. Vielleicht in der Bearbeitung ein bisschen zäher. Klanglich wäre mir persönlich kein Unterschied aufgefallen.

Zypresse - Die Zypresse ist natürlich im Spanischen Gitarrenbau Gang und Gäbe, habe es aber selber noch nicht verwendet. Es liegt aber glaube ich daran, dass sie dort in der Nähe gewachsen ist, es relativ leicht ist und dadurch eingesetzt wurde.

Zwetschke - Es ist ein wunderschönes Holz natürlich. Es ist relativ schwer, aber hart und gleichermaßen für Böden und Zargen geeignet. Leider kommen nie so große Dimensionen vor und man muss mehrteilig arbeiten. Man kann es auch etwas dünner ausarbeiten wegen des Gewichtes.

Zeder - Ist ein wunderbares Holz, allerdings mit dem Nachteil, dass wenn man eine Beschädigung im Holz hat, sie nicht mehr herausbekommt. Das ist ganz fürchterlich und darum verwende ich es auch nicht. Klanglich kann ich aus persönlicher Erfahrung nicht viel sagen. Die Zeder hat allerdings den Ruf, dass sie von Anfang an relativ schnell anspringt und eine nicht so lange Eingewöhnungsphase braucht wie eine Fichte. Dies ist allerdings aus dem allgemeinen Instrumentenbauerlatein und ob dies tatsächlich stimmt, weiß ich nicht.

Akazie - Ist wieder ein extrem großporiges Holz, auch fad in der Struktur, aber sehr gläsern im Klang. Ich selbst habe nur einmal mit Akazie gearbeitet. Kollegen die öfters damit gearbeitet haben sagen dieser Holzart durchaus gute Eigenschaften nach. Die Bearbeitung ist ziemlich leicht, es lässt sich wie Butter hobeln, man hat keine Strukturprobleme, allerdings hat sie sehr große Poren, die bei der Lackierung dann wieder zu füllen sind.

Verwenden Sie noch weitere bis jetzt noch nicht genannte europäische Hölzer im Instrumentenbau?

Ich bin der Meinung, dass grundsätzlich jedes Holz gerade wenn man Sträucher betrachtet, und sie groß genug gewachsen sind verwendet werden können, z.B. Flieder, Pfaffenkäppchen. Pfaffenkäppchen hat ein sehr ähnliches Holz dem Buchsbaum und bei den richtigen Dimensionen kann man dieselben Elemente wie aus einem Buchsbaum machen. Wenn man die Augen offen hält und sich die Hölzer etwas genauer ansieht, dann kann man durchaus noch Hölzer finden, die gleichwertig den gängigen Hölzern sind und vor der Haustüre wachsen. Es gibt einiges, das man verwenden kann, man muss sich nur von dem Gedanken frei machen, dass nur gewisse Hölzer brauchbar sind.

Wie messen Sie die Qualität des verwendeten Holzes, bezogen auf die Klangeigenschaften – Schallleitfähigkeit?

Intuitiv ja, elektronisch messe ich es nicht. Ich höre mir das Holz an, indem ich darüber streiche und anklopfe. Hier merkt man schon, zumindest bilde ich mir das ein, dass die Hölzer unterschiedlich klingen und man den Unterschied erkennen kann. Man hört auch tatsächlich bei leichtem Holz, dass es anders klingt. Ich weiß nicht genau woran das liegt, wahrscheinlich an der inneren Dämpfung. Auf jedem Fall klingt es höhenreicher, offener und heller, als würde das Holz den Schall sofort wieder feigeben. In dieser Art und Weise messe ich die Qualität bei den Deckenhölzern und das gleiche gilt auch für die Harthölzer. Wenn ich auch hier das Gefühl habe, dass ich ein zu schweres Holz habe, dann verwende ich es nicht. Würde es für Sie einen Unterschied ergeben, wenn Sie dies elektronisch messen würden? Man müsste sich ansehen, wie präzise oder wie unterschiedlich die Ergebnisse in einem Holzstück sind. Bei unterschiedlichen Ergebnissen ist es fraglich, ob es brauchbar ist. Bei der Fichte kann man sagen, je mehr Erfahrung man hat, desto eher kann man optisch schon beurteilen wie das Holz funktionieren wird. Ich sehe mir das Holz über Hirn an und spalte es auf und ab einer gewissen Jahresringstruktur, hier geht es um einen sehr feinen Herbstzuwachs und keiner starken Färbung dieses Herbstzuwachses, wird man zumeist auf ein leichtes Holz treffen und damit auch einen guten Klang. Auch bei der Toneinstellung mit dem Sinusgenerator, einer Resonanzplatte, kann man nur durch die Übung ohne dieses Gerät erkennen, ob der Ton der Platte passt, zu tief oder zu hoch ist. Auch hier kommt man intuitiv auf ein gleich gutes Ergebnis. Wobei ich sagen muss, wenn Messmethoden ausgereift sind und der Aufwand nicht allzu groß ist, dann sind sie durchaus interessant. Aber es kann sich keiner leisten und die Zeit hat auch keiner dazu.

<u>Interviewprotokoll – Gregor Nowak</u> Ukulelenbauer Wien am 22.03.2016 **Verwenden Sie Europäische Holzarten im Instrumentenbau?**Ja, eigentlich am liebsten.

Mit welchen Kriterien Wählen Sie ihr Klangholz aus? Wie beurteilen Sie das Holz? Gibt es einen Unterschied zwischen Laub- oder Nadelholz?

Naja, eher zwangsläufig, weil z.B. ein Nadelholz für einen anderen Teil des Instrumentes verwendet wird als Harthölzer. Traditionell die Fichte als Nadelholz für die Decke und sonstige innere Elemente wie Balken.

Was sind Ihre Hauptkriterien bei der Auswahl, vor allem bei der Beurteilung?

In erster Linie einmal optische Kriterien und natürlich auch akustische. Wenn das Holz wie ein Pappendeckel klingt, besonders die Decke, dann bin ich zurückhaltend bei der Verwendung. Optische Kriterien sind eben wie die Jahresringe ausgerichtet sind, ob es stehende Jahresringe sind, ob der Faserverlauf gerade ist und ob generelle Holzfehler nicht vorliegen z.B. Rotjährigkeit, Harzgallen.

Holzarten:

Ahorn – Ja verwende ich. Verwende ich für Boden, Zargen, Hälse für Griffbretter eher nicht. In erster Linie aus optischen Gründen, aber natürlich auch wegen der Bearbeitungskriterien. Es ist relativ gut zu bearbeiten. Weitere Gründe warum ich es verwende, sind auch noch weil es gut verfügbar ist und natürlich weil es ein einheimisches Holz ist. Auf die Dichte oder das Gewicht achte ich nicht. Bei der Decke, ja da achte ich darauf, bei Boden und Zargen glaube ich, dass es einen akustischen Einfluss hat aber ich glaube das ist alles ein klein wenig "Wudu". Aus meiner Sicht macht die Decke den Klang und der Rest trägt vielleicht ein kleinwenig zum Sonstigen bei, aber der Hauptschwerpunkt ist die Decke. Bei der Bearbeitung kommt es immer darauf an wie die Struktur verläuft, wenn er besonders stark geriegelt ist kann er beim Hobeln etwas böse sein, aber im allgemeinen finde ich lässt er sich gut bearbeiten.

Birnbaum – Verwendung ist wie beim Ahorn für Boden, Zargen, Hals. Habe ich auch schon als Griffbrett verwendet, hat mich jetzt nicht so begeistert, aber in erster Linie weil die Bünde darin nicht gehalten haben. Ist sehr gut zu bearbeiten, lässt sich gut biegen und auch hier wenn z.B. Wuchsformen wie Riegel darin ist, sieht es ganz nett aus. Beim fertigen Instrument ist allerdings der Riegel nie so spektakulär wie beim Ahorn. Dieses Leuchten und Feuer ist hier leider nicht da.

Buche – ja, verwende ich hin und wieder für Hälse. Es ist vor allem hart, lässt sich gut bearbeiten und ist gut verfügbar. Ich habe es schon für einige Hälse verwendet. Auch in Wien bei Wiener Gitarren war die Buche durchaus ein gängiges Holz für Hälse.

Buchsbaum - Habe ich nicht in Verwendung, obwohl es sich anbieten würde z.B. Sättel und Stege.

Eiche – Ja verwende ich. Was ich erstaunlich finde ist, dass sich Eiche wirklich gut biegen lässt. Ich finde Eiche super, der Vorteil ist, dass es leicht verfügbar ist, man bekommt wirklich gerade gewachsene Stücke und mit stehenden Jahrringen sieht der Markstrahlenspiegel ganz nett aus.

Esche – Ja auch in Verwendung, eben wie Eiche für Zargen, Boden und für Randeinlagen. Besonders wenn es geriegelt ist macht es natürlich mehr Spaß. Die Grobporigkeit hat halt Auswirkungen auf die Oberflächenstruktur.

Elsbeere – Habe ich schon einmal verwendet, eben für Boden und Zargen. Kann darüber jetzt gar nicht viel sagen, optisch ähnlich der Birne.

Fichte – Naja, natürlich verwende ich die Fichte. Eingesetzt wird sie für die Decke und die Konstruktion, das Innenleben. Im seltenen Fall, wenn ich einen Ausflug in den Streichinstrumentenbau mache, verwende ich sie noch bei barocken Instrumenten für Griffbrettkerne. Zu den Eigenschaften, sie lässt sich allgemein gut bearbeiten, wenn es natürlich richtig gewachsen ist, es ist stabil, schwingt gut, klingt gut.

Kiefer - Ja, verwende ich manchmal für Klötze, hat aber keine besondere Bedeutung.

Kirsche – Wie Ahorn und Birne für Boden, Zargen und Hälse. Für Stege verwende ich es auch manchmal. Von den Eigenschaften her sind diese Hölzer wie Kirsche, Ahorn, Birne sehr eng beisammen, ich glaub, abgesehen vom optischen Erscheinungsbild, besteht ein nicht so großer qualitativer Unterschied, welcher sich auf den Klang bezieht.

Nuss – Die Nuss verwende ich gerne. Üblicherweise nehme ich sie für den Boden und die Zargen. Bei Ukulelen kommt es öfter vor, dass man den Korpus aus einem Holz macht, darum habe ich die Nuss auch schon aus Deckenholz verwendet und funktioniert auch, klingt gar nicht so übel. Ich verwende es auch für Hälse oder sonstige Ziereinlagen wie Randeinlagen. Die Bearbeitung ist super, es lässt sich hervorragend biegen. Es ist ein sehr kooperatives Holz.

Platane – Ja, habe ich schon verwendet, weil es sehr spektakulär aussieht für Boden und Zargen. Ich kann gar nicht so viel dazusagen außer, dass es sehr gut aussieht. Sie war auch soweit ich mich erinnere sehr gut zu bearbeiten.

Weide – Ja für die Innenkonstruktion wie Klötze usw. Es ist auch ein sehr leichtes Holz und tadellos dafür geeignet.

Zwetschke – Ja habe ich bereits als Steg und Griffbrett verwendet. Wäre auch für den Boden und die Zargen gut geeignet.

Zeder – Die Zeder habe ich schon als Deckenholz verwendet. Es war ok, allerdings ist mir die Fichte lieber. Die Zeder ist mürber und bröselt mehr aus als die Fichte und der Nachteil ist, dass man eine Delle in der Oberfläche fast nicht mehr raus bekommt.

Akazie/Robinie – Für Boden und Zargen. Habe es auch schon als Deckenholz verwendet, musste sie allerdings sehr dünn ausarbeiten, weil die Robinie sehr längssteif ist. Dies war mein Eindruck. Ich verwende es auch für Griffbretter, Randeinlagen und die Rosette. Was ich sehr gut finde an der Robinie ist, dass sie sich sehr gut biegen lässt und es ist ein tadellos kooperatives Holz. Wenn es fertig behandelt ist, ist es von der Optik her etwa wie Palisander. Angeblich klingt es auch ein wenig wie Palisander.

Wie messen Sie die Qualität des verwendeten Holzes, bezogen auf die Klangeigenschaften – Schallleitfähigkeit?

Messen tu ich in diesem Bereich gar nichts, wenn dann nur durch Klopfen. Bei der Fichte z.B. wenn diese glasig klingt, dann glaube ich, dass das besser geeignet ist. Eigentlich ist dies auch mehr Intuition.

Interviewprotokoll – Martin Rainer Geigen, hist. Instrumente Wien am 22.03.2016 Verwenden Sie Europäische Holzarten im Instrumentenbau?

Ja definitiv, hauptsächlich eigentlich.

Mit welchen Kriterien wählen Sie ihr Klangholz aus? Wie beurteilen Sie das Holz? Gibt es einen Unterschied zwischen Laub- oder Nadelholz?

In erster Linie würde ich sagen nach optischen Kriterien, das ist der erste Zugang würde ich sagen. Ich versuche immer ganze Stämme zu kaufen oder einen Bloch zu kaufen. Da schaut man sich das Holz an, quasi in Stammform, hat es viele Äste, wenige Äste, an den Schnittkanten sieht man irgendwelche Harzgallen oder sonstige Fehler und dann kauft man es

oder nicht. Dann sieht man eigentlich erst beim ersten Schnitt wie die Jahrringstruktur dann wirklich ist, sind noch tieferliegende Äste da, vielleicht auch Harzgallen, die man zuvor noch nicht erkennen hat können. Dies sind eindeutig optische Kriterien würde ich einmal sagen. Erst in zweiter Instanz kommt es auf akustische Kriterien an, dass man es z.B. doch Messen tut, die Schallleitgeschwindigkeit, aber da hat man meistens schon den Baum gekauft und dann muss man mit ihm arbeiten. Der Vorteil ist, dass man darauf reagieren kann. Wenn man einen ganzen Stamm hat, dann kennt man einfach das Holz, wie es arbeitet, wie es reagiert und man kann sich dann danach richten. Ich würde einmal sagen, dass für mich das wichtigste das Optische ist, weil ich das am leichtesten kontrollieren kann.

Holzarten:

Ahorn - Für Zargen, Hals, Boden und teilweise auch Saitenhalter, das sind so die Haupteinsatzelemente. Bezogen auf die Bearbeitung oder die Eigenschaften, hat der Ahorn sich einfach bewährt, ich kann es nicht anders sagen. Im Geigenbau ist man relativ stark fixiert. Man hat eine gewisse Erwartungshaltung, wie eine Geige auszusehen hat und dies ist eben mit einem Ahorn so und hier auch noch mit der speziellen Wuchsform dem Riegelahorn. Das macht einfach ein gewisses Bild und hat durchaus akustische Vorteile, also es hat keine Nachteile. Die Gesellschaft erwartet einfach, dass es so aussieht und nicht anders. Im Geigenbau ist man auch wirklich sehr stark fixiert irgendwie, hier links und rechts etwas anders zu machen, da lehnt man sich schon aus dem Fenster eigentlich. Es geht noch bei Bratschen etwas in die Richtung zu Pappel vielleicht auch Weide und hier auch eben mit schönen Wuchsformen. Aber das war es dann schon ziemlich. Was würden Sie zum Klang sagen beim Ahorn - ich weiß, dass andere Holzarten genauso gut funktionieren, aber der Ahorn funktioniert sehr spezifisch und hier bin ich auch wieder fixiert. Beim Riegelahorn kann ich z.B. nur bei der Schallleitgeschwindigkeit sagen, er ist schneller. Ob das jetzt so einen großen Einfluss darauf hat beim fertig gebauten Instrument, das ist eher so im Bereich von "Wudu", kann man hier sagen.

Birke – Bei Gamben auch für Zargen und Boden. Bei der Bearbeitung ist es relativ egal, weil wir arbeiten immer mit sehr stark geflammten und tief geriegelten Elementen, sodass das Bearbeiten immer ein Problem ist. Aber so lange man es mit einem Handhobel bearbeitet kann, ist es für uns nicht so ein Thema. Eher mit Maschinenarbeit macht das Probleme, weil es einfach einreist.

Birnbaum – Ja, verwende ich auch. Teilweise für Hälse und auch bei Gamben für Boden und Zargen. Bei den Böden und Zargen hauptsächlich aus optischen Gründen. Bei den Hälsen ist es schon so, dass wenn man einen Kopf sticht, also keine Schnecke macht, dann ist die Birne einfach etwas dankbarer als der Ahorn. Die Birne ist etwas homogener und ist feiner zu bearbeiten, feiner zum Schnitzen und zum Schneiden.

Buche - Ich verwende es nicht, aber es kommt im Bassbau hin und wieder für Hälse vor und auch bei Lauten.

Buchsbaum – Ja verwende ich viel für Wirbel, wegen der Homogenität und der Härte.

Eibe – Ja verwende ich bei Bögen. Und zwar bei Frühbarockebögen für die Stange aufgrund des hohen E-Moduls und hat dadurch auch ganz spezifische klangliche Eigenschaften.

Esche – Verwende ich auch ein bisschen im Bogenbau und auch bei Gamben für Boden und Zargen.

Elsbeere - Ist Birnenersatz, wobei sie noch etwas härter und schwerer ist.

Fichte – Verwende ich definitiv als Decke wegen der klanglichen Eigenschaften und dem guten Klangbild. Bei der Struktur achte ich eher auf die Gleichmäßigkeit der Jahrringe, dass keine großen Sprünge darin sind. Engjährig, ja bis zu einem gewissen Grad, habe ich 3mm breite Jahrringe kann man es für größere Instrumente durchaus noch verwenden. Die Gleichmäßigkeit ist hier für mich das Kriterium. Ich verwende die normale Fichte, als auch die Haselfichte. Das Klangbild der Fichte ist sehr klar und fokussiert. Warum es eingesetzt wird liegt daran, dass es sich einfach bewährt hat. Bezogen auf das Gewicht und die Dichte ist es bei der Schallleitgeschwindigkeit irrsinnig schnell und das ist für Decken wirklich sehr positiv. Man kann irrsinnig viel damit machen, auch von den Wölbungen her, von den Stärkenverteilungen, in welche Richtung das Klangbild geht.

Hollunder - Ja, verwende ich hin und wieder für Wirbel wegen der Härte.

Kirsche – Ja, bei der Gambe für Boden und Zargen. Bei der Bearbeitung gleich wie die Obsthölzer.

Linde – Ja, selten, aber eigentlich nur hin und wieder für Klötze, weil es eigentlich relativ leicht und gut zu bearbeiten ist.

Nuss – Die Nuss verwende ich eigentlich immer für Reifchen, das sind diese Innenversteifungen. Es lässt sich irrsinnig gut biegen. Oft verwende ich auch nur den Splint davon, weil das lässt sich nochmal leichter biegen. Hin und wieder verwende ich es noch für Zierelemente, aber wenig im Geigenbau.

Pappel – Ja kommt durch aus vor, vor allem für größere Instrumente wie Bratschen und hier interessanterweise für Böden und Zargen. Auch wenn die Schwarzpappel sehr hart sein kann, aber ist sie nie so hart wie ein Ahorn. Wenn man einmal einen Boden mit der Hand gestochen hat, dann ist man sehr dankbar, wenn man eine Pappel verwenden kann. Es ist wirklich eine leichtere Bearbeitung als beim Ahorn.

Weide - Würde ich sagen gleich wie die Pappel und wird eingesetzt für Reifchen, Klötze, usw.

Tanne – Gleich wie Fichte. Ich habe bei zwei Geigen die Decke aus Tanne gemacht. Bei der Bearbeitung hat es sich gleich angefühlt wie die Fichte, es war für mich eigentlich ident zu bearbeiten und auch klanglich ident. Der einzige Unterschied bei der Tanne zur Fichte ist, wenn man ein relativ frisches Holz hernimmt, dass die Fichte Harzgänge hat, tritt dies dann bei der Bearbeitung ganz leicht heraus, das hat man bei der Tanne nicht. Das ist bei der Bearbeitung selbst vielleicht ein Vorteil.

Zwetschke – Verwende ich bei Bögen für die Bogenstange auch wieder für frühbarocke Sachen und teilweise für Wirbel, Zierelemente, eher für Kleinteile. Bei den Bogenhölzern ist das etwas ganz spezielles, die Zwetschke nehme ich jetzt nur für barocke oder frühbarocke Bögen und hier auch eher für Cello, Kontrabässe, weil es ein etwas schwereres Holz ist wie Lärche oder Eibe und einen etwas gedämpften und runderen Klang produziert. Das ist für die Musiker oft auch sehr angenehm, dieses sehr klare nicht so harte, sondern etwas Rundere und Weichere.

Akazie – Ja habe ich schon verwendet auch für Bögen und funktioniert auch irgendwie. Hier habe ich eher das Klangliche ausprobiert, die Bearbeitung ist kaum ein Problem bei einheimischen Holzarten. Also wenn man es jetzt vergleicht mit außereuropäischen Harthölzern, dann ist das europäische Hartholz überhaupt kein Thema zum Bearbeiten.

Verwenden Sie noch weitere bis jetzt noch nicht genannte Europäische Hölzer im Instrumentenbau?

Habe z.B. aus Goldregen schon Wirbel gedrechselt, weil es auch ein dekoratives Holz ist.

Wie messen Sie die Qualität des verwendeten Holzes, bezogen auf die Klangeigenschaften – Schallleitfähigkeit?

Ja, messe die Schallleitfähigkeit mit einem Lucchi-Meter. Ich habe jedes Stück geprüft, aber es bringt nichts. Es ist schön, einen Referenzwert zu haben, das Problem ist z.B. wenn ich eine Bogenstange damit messe, oder aus einem Brett das messe, dann habe ich an diesem Element an jedem Messpunkt einen anderen Wert. Das habe ich auch schon bei der Fichte, auch wenn es sehr homogen aussieht, bekomme ich immer etwas andere Werte. Ich traue mich mittlerweile zu sagen, dass ich mich eher auf mein Gefühl verlassen kann, als dass ich mich auf den Messwert verlasse. Ich glaube fast, dass das Gefühl hier genauer ist als der Messwert. Es ist oft auch so, man kann sich aber auch täuschen. Wenn man optisch auswählt und beim Bearbeiten spürt man es anders, dann muss man einfach darauf reagieren und es wäre dann vielleicht interessant, wenn man misst ob, hier ein Unterschied wäre. Das passiert eigentlich relativ selten, bei den Sachen die ich gemessen habe war dies gar nicht der Fall und ich messe jetzt auch schon relativ lange gar nicht mehr.

Speziell bei Bogenstangen ist es nochmal etwas anderes, weil Fernambukholz extrem unterschiedlich ist. Es gibt helles und dunkleres Holz und alle Schattierungen dazwischen. Das dunklere ist immer schneller als das hellere. Bei alten hellen Stangen hat man allerdings auch wieder die gleichen Werte, wie bei dunklem Holz. Also hat es offensichtlich auch mit der Alterung einen Zusammenhang. Man kann das immer nur in Beziehung setzten, weil bei der Feuchtigkeit und der Dichte und das macht kein Geigenbauer und damit ist es eigentlich auch schon vollkommen egal. Es würde, so glaube ich nichts bringen, da wenn ich das Holz anklopfe und es gut klingt, würde ich es trotz eines schlechten Messwertes verwenden. Wenn das Holz Äste drinnen hätte und es hat trotzdem einen guten Messwert, nimmt man es trotzdem nicht, weil es einfach konstruktiv ein Problem darstellt, egal wie gut der Messwert ist. Das Gefühl ist hier das bessere. Das ist wirklich eine Erfahrungssache, mit dem Anklopfen funktioniert es sehr

schnell und sehr gut. Das man das von Anfang an nicht gleich kann ist auch klar, aber man kann es relativ schnell lernen.

<u>Interviewprotokoll – Rainer Günter</u> Drechsler und Schwegelbauer Hallstatt am 04.04.2016 **Verwenden Sie heimische Hölzer im Schwegelbau, und warum verwenden Sie diese?**

Eigentlich verwende ich ausschließlich einheimische Hölzer. Weil sie jene Eigenschaften aufweisen, die man für die Bearbeitung benötigt.

Welche Kriterien sind bei der Holzauswahl bezogen auf die Eigenschaften wichtig für den Schwegelbau?

Von der Struktur her sollte es ein feinporiges Holz sein, es sollte nicht zu grobporig sein. Wichtig ist die Homogenität und Gleichmäßigkeit. Aber gerade manchmal ist auch der Wunsch da, dass man genau bei diesen Kriterien sagt, dass es nicht mehr so gut sein wird, genau dies wird manchmal gewünscht und hier muss man dann bei der Oberflächengestaltung darauf achten, dass man den Mangel der Holzauswahl ausgleicht.

Ich achte auch darauf, dass das Holz geradewüchsig ist. Es können auch Maserungsformen verwendet werden. Dies ist allerdings Grundsätzlich nicht das Beste, man muss dann bei der Verarbeitung darauf achten, dass man diese Holzfehler dann an Stellen drinnen hat, die für die Stimmung nicht wichtig sind. Ist z.B. ein Ast direkt hinter dem Anblasloch ist dies nicht optimal, da dadurch die tiefen Töne bei der Beanspruchung beeinträchtigt werden.

Holzarten:

Ahorn - Wird im Schwegelbau verwendet und lässt sich gut bearbeiten. Er wird verwendet, wenn gewünscht wird, dass das Instrument hell erscheinen soll. Klanglich gibt es beim Ahorn keine Unterschiede. Hier gibt es andere Faktoren, wie die Beschaffenheit der Innenfläche für das Ansprechen und die Masse selbst, ein wenig auch die Form. Grundsätzlich wirkt das Material weniger mit, hier gibt es klanglich andere Faktoren die dies beeinflussen.

Apfel – Ja, wird verwendet, aber er arbeitet sehr stark, d.h. er wird je nach Trockenheitsgrad seine Form etwas verändern. Ist von der Farbe her meist interessant, kann allerdings fader sein als die Birne und ist dann optisch weniger ansprechend. Vom Material selbst wäre er genauso gut geeignet wie Ahorn.

Birke - Ich habe schon aus Birke Schwegelpfeifen gefertigt, sie funktioniert auch, allerdings ist sie etwas weicher und ich glaube das sie nicht so gut geeignet ist, weil die Masse (das Gewicht) fehlt und dadurch ist sie ganz hinten für die geeigneten Materialien einzugliedern.

Birnbaum - Ist das traditionelle Schwegelpfeifenholz.

Buche - Ist auch sehr gut geeignet, ist härter und hat an und für sich auch die benötigten Eigenschaften. Ist härter als die Birne, allerdings optisch nicht immer das was gewünscht ist.

Buchsbaum - Ist natürlich sehr interessant, allerdings ist es sehr schwierig, dass ein Stück in der gewünschten Dimension, Geradwüchsigkeit und Rissfreiheit zur Verfügung steht. Ansonsten ist er auf Grund der Härte eines der besten Hölzer für Holzblasinstrumente.

Eibe - Ist auf Grund der Festigkeit durchaus geeignet und wegen der optischen Eigenschaften oft besonders gesucht. Mit kleinen Holzfehlern darin ist sie ganz attraktiv.

Eiche - Ist verwendbar, habe ich auch schon eingesetzt, nur die grobporigkeit hilft uns nicht wirklich.

Esche - Funktioniert auch, hier ist allerdings die Grobporigkeit ein Problem und darum eher weniger in Verwendung. Wird allerdings an und für sich nicht verwendet.

Elsbeere – Ja, wird durchaus eingesetzt, sehr ähnlich der Birne.

Erle - Ist ähnlich der Birke zu sehen, sie funktioniert allerdings nicht so attraktiv.

Fichte – Ja, habe ich schon ausprobiert, aus dem Versuch heraus ob es überhaupt anders wird. Man muss dazu sagen, dass es funktioniert, mit der Oberfläche kann man sich abhelfen, aber Grundsätzlich fehlt die Masse.

Hainbuche - Auf Grund der vorhandenen Masse und des Gewichtes ist sie durchaus geeignet für den Schwegelbau.

Holunder - Ist wunderbar geeignet für den Schwegelbau. Ein Holunder hat eine sehr gute Feinporigkeit, eine gute Oberfläche und haptisch eine sehr schöne und glatte Oberfläche. Diese Holzart ist sehr schlüssig und passt perfekt für den Bau von Schwegelpfeifen.

Heckenkirsche – Ja, geht auch sehr gut zu Verarbeiten.

Kirsche - Geht auch, sie ist von der Farbe her oft sehr ansprechend.

Mehlbeere - Funktioniert auch.

Nuss - Wird auch gerne verwendet. Das Attraktive an dieser Holzart ist, das gemaserte Kernholz. Obwohl Nuss mehr oder weniger starkporig sein kann, ist es hier mit der Porigkeit trotzdem der Fall, dass es sehr gut klingt. Nusspfeifen lassen sich sehr gut spielen.

Olive - Ist wunderbar geeignet für den Schwegelbau. Hier ist wieder das Problem, ob die Dimension und die Geradwüchsigkeit gegeben sind. Dieses Holz ist auch sehr speichelresistent.

Platane - Ja, wird auch verwendet.

Schneeball - Ja

Wacholder – Ja, ist durchaus geeignet, wenn es in der Dimension vorhanden ist.

Spindelbaum - Ist natürlich auch sehr interessant. Er ist durchaus verwendbar aufgrund der Festigkeit, ist allerdings eher selten in Verwendung.

Robinie - Aufgrund der Porigkeit ist sie in Kombination mit einer guten Oberflächenbehandlung relativ gut geeignet, allerdings nicht typisch für den Schwegelbau. Ich selbst habe schon Pfeifen daraus gefertigt.

Zwetschke – Ja, natürlich wegen der Optik und auch wegen der guten Härte und dem Gewicht. Farblich kann die Zwetschke sehr interessant sein. Neben den Standardhölzern, wie der Birne, ist die Zwetschke eine sehr interessante Variante, besonders wegen der Optik.

Akazie - Habe ich auch schon verwendet. Hier ist allerdings auch wieder das Problem mit der Porigkeit der Oberfläche der Holzart. Bezogen auf das Gewicht und die Masse ist dieses Holz durchaus geeignet für den Schwegelbau.

Verwenden Sie noch weitere heimische Hölzer im Schwegelbau?

Im Prinzip kann man sagen, dass alle Hölzer die feinporig sind und ein gutes Gewicht und Masse haben für den Schwegelbau geeignet sind. Ich habe auch schon Schwegelpfeifen aus Goldregen, Weißdorn, Schlehdorn gefertigt. Besonders die Sträucher sind allgemein sehr gut geeignet.

Allgemein kann man sagen, dass die Musikanten oft sehr viel Wert darauf legen, dass die Pfeife aus einem bestimmten Baum gefertigt wird. Es ist oft wichtiger ein Instrument aus diesen einen Baum zu bekommen, als ein anderes Holz mit besseren Eigenschaften zu verwenden. Hier ist der persönliche Bezug oft wichtiger.

<u>Interviewprotokoll – Otto Schatzmayr</u>

Bau und Restauration von Streichinstrumenten Feldkirchen in Kärnten am 19.03.2016

Verwenden Sie Europäische Holzarten im Instrumentenbau?

Hauptsächlich und fast nur.

Mit welchen Kriterien wählen Sie ihr Klangholz aus? Wie beurteilen Sie das Holz? Gibt es einen Unterschied zwischen Laub- oder Nadelholz?

Also wir reden jetzt von Tonholz. Das Tonholz wird ausgesucht nach der Eigenschaft wie es am besten den Ton entwickeln kann. Das heißt, schon allein wenn ich das Holz anschaue und sehe wie es gewachsen ist, also der Wuchs des Holzes ist wichtig. Das heißt entweder weitwüchsig oder engwüchsig, ist es langsam oder schnell gewachsen. Des Weiteren prüfe ich, ob das Holz eine entsprechende innere Härte besitzt. Es ist so, dass das Holz von Standort zu Standort anders gewachsen ist. Es kann sein, dass es sperrig ist, oder sehr leicht zu bearbeiten ist z.B. wenn man in ein Fichtenholz hineinschneidet kann es sein, dass es wie Butter unter dem Messer verhält, es kann aber auch sein, dass es drahtig, sperrig ist. Also das sind schon die Kriterien, nach denen ich das Holz aussuche. Ein sperriges Holz ist auch bearbeitbar aber schwerer, kann aber auch gute Ergebnisse bringen. Aber das andere geht leichter zu bearbeiten und bringt wahrscheinlich bessere Ergebnisse. Dies kann man zwar mit absoluter Sicherheit nicht sagen, aber meistens ist es so. Das weitwüchsige/schnellwüchsige Holz wird auch verwendet, aber eher für die großen Instrumente, ist allerdings meines Erachtens nicht so günstig, ich verwende lieber das engwüchsigere Holz. Des Weiteren ist für mich die Biegefestigkeit eines Holzes wichtig. Wie sind die statischen Eigenschaften, welche ich händisch prüfe. Aber das erste ist immer der Klopfton. Das Holz wird angeklopft, um zu sehen wie schwingungsfähig es ist. Je länger das Holz nachhallt desto besser. Es kommt natürlich auf die Trockenheit an, je trockener es ist, desto besser. Bei feuchtem Holz ist dies schwer prüfbar. Die alten Geschichten mit Stradivari, der in den Wald gegangen ist und die Bäume angeklopft hat und sagte das ist Klangholz, das sind Märchen. Bei diesem Holz sind die Kriterien am strengsten würde ich sagen. Meistens ist natürlich die Schönheit des Holzes ein wichtiges Kriterium und hierbei lege ich sehr viel Wert auf den Holzspiegel, den Spiegelschnitt, dass dieser ordentlich ist. Es gibt auch beim Fichtenholz mehrere Unterschiede die Gebrühreit mehr oder weniger hervorheben. Natürlich auch die Maserung und der Wuchs, Drehwuchs darf oder soll keiner vorhanden sein. Des Weiteren sollten auch keine allgemeinen Holzfehler wie Harzgallen, Äste, Rotjährigkeit oder Wuchsanomalien vorhanden sein. Verwendet wird nur Holz allerbester Qualität.

Holzarten:

Ahorn – Ahorn wird für alles Übliche am Instrument verwendet, für Zargen, Boden und Hals. Der Ahorn ist erfahrungsgemäß für die Tongestaltung eines Instrumentes das beste Holz. Aufgrund seiner Härte und seiner Schwingungsfähigkeit, weil des sehr homogen gewachsen ist. Bei der Fichte und auch bei der Tanne ist es dasselbe, es ist besser je homogener es gewachsen ist. Wenn irgendwelche Verwerfungen vorhanden sind, dann ist es für uns noch machbar jedoch nicht mehr gut. Die Bearbeitung beim Ahorn ist "saumäßig" schwer. Warum die Verwendung des Ahorn, weil der Ahorn im Instrument das Gegenstück zur Decke ist, die aus Fichte gefertigt ist. Nicht nur rein baumäßig, sondern auch tonmäßig. Der Ahorn ist so zu sagen der harte Teil und die Fichte ist der weiche Teil, beide werden verbunden über die Zargen und den Stimmstock und der Ahorn als harter Teil der Geige ist verantwortlich für die Diskantsaiten, für den hohen Stimmanteil des Instrumentes und die Decke für die tiefen. Wenn man die Decke entsprechend ausarbeitet, dann hat das Instrument entsprechend Kraft in der Tiefe, dasselbe gilt auch beim Boden, wird dieser richtig ausgearbeitet, wird das Instrument in der Höhe strahlen oder auch nicht.

Birke – Verwende ich nur im Bogenbau und zwar für den Keil, für sonst nichts. Die Birke ist ein halbhartes Holz, ist aber zäh und man muss die Teile herausfinden die schön gewachsen sind, da die Birke viele Verwerfungen hat. Durch die Zähigkeit und die relative Weichheit und doch wieder Härte, ist es sehr angenehm für diese Teile, weil es eben standhaft ist und doch wieder druckbar/pressbar ist.

Birnbaum – Kann verwendet werden, z.B. als Boden bei Instrumenten. Ich selbst habe es noch nicht eingesetzt. Habe es nur für Ziereinlagen wie Ränder oder auch für Griffbretter, Saitenhalter und Kinnhalter verwenden.

Buchsbaum – Verwende ich nur für Zubehörteile.

Douglasie – Ja, die Douglasie wäre interessant einmal zu probieren, aber ich glaube nicht das sie besser ist als die Fichte oder die Tanne.

Eibe – Die Eibe könnte man bei Dingen einbauen, wo es auf die Elastizität ankommt z.B. einen Bassbalken. Ich habe einmal probiert eine Decke mit dem Mittelteil aus Eibe zu fertigen, dies hat aber nicht meinen Erwartungen entsprochen. Des Weiteren habe ich noch einen Saitenhalter als Eibe gefertigt. Optisch sieht die Eibe sehr schön aus.

Esche – Die Esche kann man einsetzten. Ich habe einmal ein Eschenholz Cello, zwar nicht gebaut, sondern restauriert und es war ein sehr gutes Instrument. Es waren die Zargen ganz aus Esche wie auch der Boden und es war klanglich exzellent. Vom Aussehen her allerdings sehr grob, ich würde es selbst nicht verwenden. Der Klang des Instrumentes war sehr gut, allerdings hängt dieser weniger von den Zargen und dem Boden ab, als von der Decke.

Fichte – Die Fichte verwende ich ausschließlich für die Decke und die Unterkonstruktion wie Klötze, Eckklötze, Leisten, Balken und Reifchen. Ich dopple auch die Zargen innen quer mit Fichte auf, damit die Zargen steifer sind und auch noch schneller leiten. Die Fichte hat die besten Schallleitfähigkeiten.

Hainbuche – Habe ich mir schon überlegt zu verarbeiten, wäre aber nur für Wirbel geeignet und ist im Instrumentenbau nicht geläufig. Hainbuche ist eigentlich eine super Sache, aber ich nehme es nur als Werkzeugholz.

Linde – Die Linde verwende ich nur für Zubehörteile, eventuell noch Eckklötze, ansonsten habe ich sie nicht in Verwendung.

Nuss – Verwende ich eher nur für Zubehörteile, habe z.B. Einlagespäne in Nuss teilweise eingesetzt.

Pappel – Ja, setzte ich teilweise ein für Reifchen oder Eckklötze. Habe sogar einmal eine Viola mit einem Pappelholz Boden gefertigt. In diesen Fall war es eine Schwarzpappel, die eigentlich weniger gut geeignet ist. Ideal wäre die Zitterpappel. Leider wächst sie in unserer Gegend nicht in den Stärken, diese wäre für mich ideal, weil sie die richtigen Dimensionen hat. Wenn es die einheimische Zitterpappel gäbe, würde ich es aus dieser machen, leider lässt man sie nicht

mehr so lange wachsen. Warum ich sie einsetzen würde liegt daran, weil die Zitterpappel sehr elastisch ist und wunderschön im Spiegelschnitt ist. Ist sie auch noch eng gewachsen, ist sie ideal und wunderschön für den Instrumentenbau.

Platane – Wäre auch gut, könnte man für den Ahorn nehmen, ist allerding etwas weicher. Verwendet man auch für den Boden, die Zargen und den Hals ist allerdings nicht üblich.

Weide – Verwende ich für Reifchen und eventuell noch für Eckklötze. Ist weich, gut bearbeitbar, sehr gut zu biegen und hat eine Leichtigkeit.

Spindelbaum – Ich habe einmal probiert einen Bogen aus Spindelbaum zu machen. Aber er hatte die gewünschten Eigenschaften nicht, er war zu leicht. Das Fernambukholz ist immer der Vergleich, da es das beste Bogenholz ist. Das Spindelholz war auch bei der Elastizität zu gering.

Tanne – Eventuell Decke, sonst nichts. Die Tanne wäre natürlich sehr interessant, da sie Harz frei ist. Sie wurde früher auch viel verwendet und kam auch viel häufiger vor. Es kommt wiederum auf den perfekten Wuchs an, um es einsetzen zu können.

Zwetschke – Habe ich eingesetzt z.B. als Griffbrett für Kontrabässe, Saitenhalter und Einfassungen (Ziereinlagen). Vorwiegend eingesetzt wegen der Härte und der Schönheit.

Wie messen Sie die Qualität des verwendeten Holzes, bezogen auf die Klangeigenschaften – Schallleitfähigkeit?

Nein, das mache ich nur gehörmäßig. Durch Erfahrungen und Wissensaneignung oder Mitteilung anderer Instrumentenbauer erlernt man dies sehr gut.

<u>Interviewprotokoll – Walter Schneider</u> Klavierbau, Flötenbau

Nach welchen Kriterien wählen Sie ihr Klangholz für den Bau der Instrumente?

Hauptsächlich restaurieren wir Instrumente oder werten Instrumente auf, es ist eher selten der Fall, dass wir ganze Klaviere bauen. Wenn ich allerdings ein Instrument bauen würde, würde ich auf die Firma Strunz vertrauen. Diese Firme fertigt für große und sehr qualitätsbewusste Klavierhersteller die Resonanzböden. Zum größten Teil werden dort die Resonanzböden aus Bergfichte gefertigt. Diese Firma verwendet zum größten Teil österreichisches Holz. Die Firma Strunz macht zum Teil auch Teilverarbeitung um die kleineren Klavierbauer zu unterstützen. Ca. 8% des verarbeiteten Holzes wird für die Resonanzböden verwendet d.h. 92% sind Verschnitt und werden im Fensterbau eingesetzt.

Für den Resonanzboden im Neubau verwenden wir auf jeden Fall Fichte. Bei der Restaurierung der Klaviere versuchen wir Klaviere mit einem vergleichbaren Alter aufzuschneiden und dann gleichzeitig zu trocknen, um das Arbeiten des Holzes zu verringern und Folgeschäden zu verhindern. Würde man neues Holz in einen älteren Resonanzboden einarbeiten führt dies zu keinem positiven Ergebnis.

Im Bereich des Resonanzbodens muss das Holz absolut feinjährig und komplett astfrei sein. In der B Qualität wird bei kleineren Ästen ein Schifferl ausgefräst und eingesetzt, in der A Qualität darf dies nicht der Fall sein.

Weitere Hölzer die im Klavierbau eingesetzt werden, werden nach dem Ohr (mit dem Gehör) ausgewählt. Die Hammerstiele, welche aus Birke sind, werden angeklopft und jene die sehr hoch sind kommen in den Diskant, klingt er dumpf und tief kommt dieses Stück in den Bass. Nach den Kriterien haben wir keine theoretischen Anhaltwerte, sondern dies sind Erfahrungswerte und Intuition, welche mit sehr viel Übung und Erfahrung verbunden sind.

Die Firma Strunz führt bei ihren Resonanzhölzern, welche für die Resonanzböden verwendet werden, Schallmessungen durch, um einen Richtwert zu bekommen. Trotzdem sucht dort der Fabrikant selbst aus dem Bestand seine Resonanzdecke aus, welche für sein Instrument nach seinem Empfinden und Erfahrungen die besten Eigenschaften besitzt.

Die Firma Bechstein versucht die Schwankungsbreiten der Resonanzböden zu minimieren, mittlerweile sind sie in diesem Bereich ein kleines Stück weiter, geben aber selbst zu das jedes Klavier natürlich ein bisschen anders klingt und der Käufer entscheidet, was ihm persönlich zusagt.

Auch bei den Hammerköpfen erkennt ein Klavierbauer durch das Angreifen für welches Klavier und in welchen Bereich diese eingesetzt werden.

Ich glaube nicht, dass diese Dinge alle messbar sind, da auch der Musiker selbst keine Maschine ist, und teilweise sollte auch die Sinnhaftigkeit der Messung infrage gestellt werden.

Da die Intuition des Instrumentenbauers bei weitem noch nicht durch Messungen erreicht wurde.

Holzarten:

Ahorn – Den Ahorn verwendet man im Klavierbau nur für das Gehäuse und für die Gehäuseteile. Hier kommt es vor allem darauf an, dass es optisch eine schöne Oberfläche ergibt, wenn es sichtbar ist. Bei polyesterten Klavieren werden die Klaviere darunter mit Ahorn furniert, da es ein ruhiges Holz ist und sich nichts mehr bewegt. Der Ahorn hat seine Verwendung für konstruktive Teile und hat keinen klanglichen Einfluss.

Birke – Die Birke wird verwendet für die Hammerstiele wegen der Elastizität. Hier werden, wie schon zuvor erwähnt, die Stiele abgeklopft und jene die hellere Töne ergeben werden im Diskant eingesetzt und die tieferen im Bass. Dieses Abklopfen erfordert viel Übung und Erfahrung, um überhaupt einen Unterschied zu erkennen.

Hier ist natürlich sehr wichtig, dass Hammerstiele fehlerfrei und in der Faser sind, und werden von Herstellern schon in der benötigten Qualität hergestellt. Diese Kriterien sind sehr wichtig, da der Hammerstiel einer besonders großen Belastung ausgesetzt wird und dieser standhalten muss.

Birne – Man hat Birne als Blindfurnier unter Lackierungen verwendet, allerdings reist es sehr schnell und führt dadurch zu fehlerhaften Oberflächen und ist weniger gut geeignet für den Einsatz im Klavierbau.

Die Birne wird verwendet im Blockflötenbau, sie klingt sehr gut. Sie ist leicht zu bekommen und auch ganz gut zu verarbeiten, da sie nicht so dicht ist und dadurch die Drechselmaschine relativ schnell laufen kann. Klanglich ist die Birne sehr zuverlässig und erzeugt einen schlanken großen Ton, der normalerweise sehr gut haltet. Birnenflöten habe ich ganz selten in Reparatur, im Vergleich zu Palisander. Ahornflöten schimmeln durch die Befeuchtung im Mundstück und die Birnenflöten nicht, dadurch hat die Birne gesundheitlich einen Vorteil. Die Fasern des Ahorns stellen sich durch die Befeuchtung im Mundstück sehr stark auf, wodurch man natürlich sehr viel nacharbeiten muss. Bei der Birne ist fast nichts nachzuarbeiten.

Buche – Die Buche wird für konstruktive Bauteile wie für den Kasten und Anbauteile verwendet. Sie wird auch für den Stegdoppel eingesetzt, da sie härter ist und wenn die Saiten darüber laufen, graben sich diese über den Lauf der Jahre weniger ein, als bei weicheren Hölzern.

Buchsbaum – Wird im Klavierbau nicht verwendet, allerdings im Flötenbau sehr viel. Aus Buchs werden sehr hochwertige Flöten gefertigt. Preislich liegen diese Flöten bei Handflötenbauern mittlerweile über den Flöten aus Palisander. Der Buchs wird deshalb verwendet, weil er sich nicht viel verwirft, sehr feinwüchsig ist, eine besondere Härte und Homogenität aufweist, dies hat sich über Jahrhunderte bewährt und klingt auch sehr fein. Früher hat man den Buchsbaum verwendet, weil er zum Überfluss vorhanden war. Man hat natürlich auch andere Hölzer für historische Flöten verwendet, aber die Flöten aus Buchsbaum sind fast die einzigen, welche noch nach hunderten Jahren spielen, natürlich irgendwie, aber sie ist noch spielbar.

Buchs steht auch in den benötigten Dimensionen und gewünschten/erwartet Qualitäten kaum zu Verfügung. Heutzutage werden die Vorschriften der verwendeten Holzqualität niedriger gestellt. Früher wurden nicht einmal Astpunkte mit einer Größe von ca. einem Zehntelmillimeter akzeptiert. Diese Änderung wurde im Zuge von Ressourcenschonung nun festgelegt und es wird nicht mehr darauf geachtet, dass das Holz "Punktfrei " ist. Das Holz darf durchaus wieder Maserung zeigen.

Eibe – Die Eibe wird verwendet für furnierte Flächen die von außen sichtbar sind. Eiben Klaviere können optisch besonders schön aussehen. Zur Verarbeitung der Eibe ist allerdings zu sagen, dass diese sehr schnell reist und man beim Zusammensetzten der Furnierteile dadurch sehr viel Abfall/Verlust hat. Hier braucht man sehr viel Material für die Fertigung eines Klavieres.

Eiche – Die Eiche wird verwendet für Kastenteile, im Bereich der Mechaniken (Untergestell) in dem das Holz sehr stabil sein sollte.

Esche - Besser man verwendet es im Klavierbau nicht.

Erle – Die Erle wird nur als Zierfurnier eingesetzt.

Hainbuche - Die Hainbuche wird auch im Kastenbau eingesetzt, allerdings eher selten.

Kiefer – Es hat Versuche gegeben bei denen die Tasten aus Kiefer gefertigt wurden, dies hat sich allerdings nicht wirklich bewährt, da die Tasten nicht stabil waren. Die Tasten sind in Fichte sehr gut und funktioniert eigentlich am besten.

Kirsche – Die Kirsche wird sowohl im Kastenbau, als auch optisch im Klavierbau eingesetzt. Aus Kirsche wurden oft die Auflagenstücke zwischen Resonanzboden und Gussplatte gefertigt, diese werden nachträglich meist bearbeitet und wird z.B. bei der Kirsche nachgeschliffen, geht das Material nicht so schnell ab. Heutzutage wird die Kirsche nur für äußere optische Elemente eingesetzt.

Linde - Aus Linde wird manchmal die zweiteilige Platte unter der Tastatur gefertigt. Warum genau dieses Holz, weiß kein Mensch, da dieses aus irgendeinem Holz gefertigt werden kann, da dieses Element keine Funktion hat.

Nuss – Nuss hat die gleiche Verwendung wie Kirsche, auch als Distanzstücke und für optische schöne Elemente. Für die optischen Elemente werden der Kern und der Splint eingesetzt, bei den konstruktiven Elementen nur das Kernholz. Natürlich werden auch Maserhölzer der Nüsse (Wurzelmaser) verwendet, dies ist jedoch schwierig zu verarbeiten.

Olive – Wird im Klavierbau nicht verwendet nur im Blockflötenbau. Bei den Blockflöten wird die Olive aus einem Stück gefertigt, damit die Maserung fortlaufend ist und ein schönes Erscheinungsbild entsteht. Die Olive ist im Blockflötenbau ein viel verwendetes Holz. Es ist ein schönes und wohlklingendes Holz und auch ein sehr leichtes Holz. Die Leichtigkeit dieses Holzes ist ein Vorteil, wenn über längere Zeit auf dem Instrument gespielt werden muss. Bis zu den Altflöten können Olivenflöten durchaus vorkommen, im Tenor gibt es keine mehr, hier sind die benötigten Dimensionen gar nicht bis kaum zu bekommen. Klanglich ist sie nicht so durchdringend wie ein Ebenholz, hat aber trotzdem einem sehr wohlklingenden Klang und ist auch nicht so belastend auf Dauer, wegen des Gewichtes, wie andere Flöten.

Wachholder – Wird im Klavierbau nicht eingesetzt, allerdings im Orgelbau. Habe in der Orgelliteratur schon mehrmals gelesen, dass Wacholder für Orgelpfeifen eingesetzt wurde, allerdings selbst noch nicht an einem Instrument gesehen.

Tanne – Wird eigentlich im Klavierbau nicht eingesetzt, es kommt allerdings vor, dass manchmal die Tasten aus Tanne gefertigt sind. Dies ist allerdings nicht üblich.

Ulme/Rüster – Wird nur als Zierfurnier eingesetzt.

Wie stehen Sie zu der Messung der Schallleitfähigkeit im Bezug zur Holzauswahl für den Instrumentenbau?

Das ist ein hoch interessantes Themengebiet. Ich habe es auch schon einmal probiert, allerdings ergab sich kein signifikantes Ergebnis, bei dem man sagen kann, dass es genau das ist das man brauchen kann. Ich würde es auch gerne wieder probieren, allerdings rein aus Interesse. Bei der Holzauswahl für den Instrumentenbau gibt es viele unterschiedliche Kriterien, welche berücksichtigt werden müssen und auch unterschiedlich gewichtet werden. Es kommt immer auf das Gesamtbild der Eigenschaften des Holzes an.

Interviewprotokoll – Mollenhauer, Herr Tarasov Blockflöten Wien/Fulda 18.05.2016 Wie oft setzten Sie heimische/Europäische Hölzer für den Bau der Blockflöten in ihrem Unternehmen ein?

Allgemein muss man dazu sagen, dass die Blockflöte 1920 wieder neu entdeckt oder auch wiedergeboren wurde. In unserem Unternehmen werden europäische Hölzer für die Fertigung von Schul- und Mittelklasse- Instrumente eingesetzt und tropische Hölzer für wertvollere Instrumente.

Welche Anforderungen stellen Sie an das Eingesetzte Holz in Bezug auf Qualität, Klangeigenschaften?

Hierfür gibt es die zwei Begriffe: Tonholz und Klangholz, welche die Qualität unserer verwendeten Hölzer beschreibt. Aufgrund der Größe unserer Firma gehen wir nicht persönlich auf die Suche nach den qualitativ verwertbaren Holzarten, sondern bekommen unsere Hölzer aus spezifizierten Sägewerken. Wir kaufen sehr viel unserer Hölzer im Sägewerk Kölbl in Österreich. Dieses Sägewerk bietet Hölzer mit der gewünschten Qualität und den geforderten Kriterien für den gesamten Instrumentenbau.

Wir verwenden nur Holz aller hochwertigster Qualität. Die Erwartungen des Kunden sind die Kriterien die wir an das Holz stellen. Die Hölzer müssen astfrei, enggewachsen, homogen, geradwüchsig, perfekt gewachsen, gut zugeschnitten, gut abgelagert (getrocknet) und ohne

Risse sein. Es sollten keine jungen Hölzer verwendet werden, bei Obsthölzern sollten es Hochstangenhölzer sein.

Welche heimischen/europäischen Holzarten verwenden Sie für die Blockflöten?

Wir verwenden Ahorn, Birne und Zwetschke für unsere Serieninstrumente und experimentieren mit Kirsche und Hainbuche.

Der Ahorn liegt im direkten Vergleich mit dem Birnbaum. Beispielsweise verwenden wir bei der Schulflöte mehr/hauptsächlich den Birnbaum und andere Flötenbauer mehr den Ahorn. Allgemein kommt es bei den Holzblasinstrumenten durch den feuchten Atem zu einer Befeuchtung des Holzes und dadurch zu einer Belastung. Diese Belastung ist am extremsten im Windkanal. Durch diese Befeuchtung des Holzes stellen sich die Fasern auf, was beim Ahorn der Fall ist. Die Birne bleibt eher glatt und stellt die Fasern weniger bis kaum auf. Dies sagt allerdings nichts über die Qualität aus, sondern die Spieler entscheiden individuell nach ihrem Empfinden und Geschmack, was ihnen besser gefällt. Dies ist nicht messbar.

Klanglich kann man diese Hölzer nicht einstufen, dies wird durch das individuelle Empfinden des Musikers charakterisiert und ist subjektiv und nicht messbar. Farblich sind unsere Hölzer in den einzelnen Holzarten sehr unterschiedlich, lieber wäre es uns wenn wir einheitlichere Farbtöne hätten. Doch da wir hauptsächlich Flachlandholz verwenden, welche in der einzelnen Holzart sehr große Farbunterschiede aufweist, sind unsere Flöten farblich sehr individuell. Es wird dem Kunden die Entscheidung überlassen, welche Farbe für ihn einen ästhetischen Wert hat. Dies ist generell ein sehr wichtiger Punkt im allgemeinen Instrumentenbau.

Die Zwetschke ist von den europäischen Holzarten eines der dichtesten Hölzer und eher selten in den benötigten Größen und Qualitäten. Dieses Holz ist auch optisch wegen der Farbe etwas Besonderes. Die Farbe dieses Holzes geht von rot, orange, violett und leicht blau und bietet ein besonderes und spezielles Ergebnis. Klanglich bietet die Zwetschke dadurch, dass es ein dichteres Holz ist, ein dichtes Klangbild und klingt deshalb brillanter. Wir haben auch schon eine Serie einer Flötenart in Zwetsche und in Ahorn und es war deutlich ein klanglicher Unterschied zu erkennen. Dieses Holz bietet auch in der Struktur einen enormen Unterschied zur Norm, wie Ahorn und Birne. Die Zwetschke ist mehr gemasert als Ahorn, welcher in seiner schlichten Form verwendet wird.

Die Kirsche und die Hainbuche werden für Kleinserien und Versuche mit laufenden Serien verwendet und sind vorwiegend Testhölzer. Die Kirsche ist ein relativ seltenes Holz und die heimische Art ist optisch betrachtet sehr langweilig. Vergleicht man sie mit der Amerikanischen Kirsche ist diese farblich viel exklusiver und besonders, als die heimische und dadurch sind die Erwartungen der Kunden anders eingestellt. Die Hainbuche ist eigentlich nicht geläufig und auch optisch ziemlich langweilig. Bei diesem Holz kann sehr viel mit Beizungen gearbeitet werden.

Man würde gerne mehrere Hölzer testen und einsetzten, allerdings ist es sehr schwierig die Einstellung des Kunden zu verändern. Der Kunde entscheidet ob er ein neues Holz akzeptiert. Dies kann jedoch Jahre dauern und benötigt auch mehrere Testphasen. Und auch dann ist es unklar ob es sich wirklich durchsetzt. Ein Beispiel ist der Speierling welcher früher oft im Instrumentenbau (Flöten) eingesetzt wurde. Es wäre sehr interessant, ob er von den Kunden angenommen wird und auch qualitative Instrumente entstehen. Allerdings ist diese Holzart sehr selten verbreitet.

Messen Sie die Schallleitfähigkeit ihrer Hölzer, oder würden Sie diese Messen wenn es die Möglichkeit gäbe?

Bisher haben wir die Schallleitfähigkeit nicht gemessen. Uns interessiert beim Kauf der Hölzer besonders die Holzfeuchte, um das Verhalten des Holzes ob Risse auftreten können, bewerten zu können. Es wäre allerding sehr interessant für den Flötenbauer, um dies am fertigen Instrument zu messen.

Interviewprotokoll – Rudolf Tutz E-Mail

Verwenden Sie Europäische Holzarten im Instrumentenbau?

In unserem Betrieb verarbeiten wir von den heimischen Holzarten nur den Buchsbaum. Dieser wird hauptsächlich für die Restauration von Holzblasinstrumenten herangezogen. Der Buchsbaum wird rein aus historischen Gründen im Holzblasinstrumentenbau eingesetzt.

Interviewprotokoll – Fabian Traunsteiner Kontrabassbauer Wien am 17.03.2016 Verwenden Sie Europäische Holzarten im Instrumentenbau?

Wir verwenden eigentlich ausschließlich europäische Holzarten, vorwiegend sogar heimische. Mit welchen Kriterien wählen Sie ihr Klangholz aus? Wie beurteilen Sie das Holz? Gibt es

einen Unterschied zwischen Laub- oder Nadelholz?

Es ist sehr unterschiedlich wie man die Komponenten verwendet, aber wenn ich jetzt z.B. ein Nadelholz beurteilen muss und auch beim Laubholz, versuche ich zu schauen, auf die Jahresringstruktur, wie das Holz beschaffen ist im generellen, ob es drehwüchsig ist, ob es gerade gewachsen ist. Für mich ist es wichtig, man kann es nur schwer beschreiben, aber es ist etwas, dass man haptisch macht. Man greift das Holz an, spürt es, man klopft, kratzt und riecht das Holz. Natürlich muss man es auch genau betrachten. Man kann nicht genau sagen, das ist jetzt so super, sondern man muss das Holz spüren. So kommt man meiner Meinung nach zur besten Holzauswahl. Natürlich merkt man es auch beim Bearbeiten. Allgemein kann man sagen, dass es zuvor auf die Sichtkontrolle, das Angreifen und Klopfen an kommt und des Weiteren auf die Bearbeitung.

Was sind Ihre Hauptkriterien bei der Auswahl, vor allem bei der Beurteilung?

Ja, das es sich in sich nicht verdreht, das ist eine Sache wo man versucht dies gleich einmal zu erkennen, ob sich die Holzfaser, nur von außen, schon zum Verdrehen anfängt. Wenn es sich zum Verdrehen anfängt, sieht man sich das Stück Holz gar nicht weiter an, da mir dies nichts bringt, mit solch einem Holz zu arbeiten. Wenn die Elemente ziemlich dünn sind, dann ist das Verdrehen ganz intensiv und sofort eine Unterbrechung, welche ich natürlich nicht haben möchte. Erkennen tut man dies allerdings erst wenn man das Material spaltet, da sieht man dann auch gleich in welche Richtung es geht und schaut was man aus diesem Material machen kann. Drehwuchs z.B. ist ganz fürchterlich oder wenn Unregelmäßigkeiten bei den Jahrringbreiten bestehen, wie ein ganz breiter dann wieder ganz enge und wieder ein breiter, wenn es nicht einigermaßen regelmäßig gewachsen ist. Solche Stücke werden auch nicht verwendet. Die Maserung ist nicht so entscheidend, das ist ein Zusatzkriterium wenn mir die Optik auch wichtig ist. Dies sind dann aber schon zusätzliche Ansprüche an die Holzauswahl.

Ahorn - Ich verwende sehr viel Ahorn, fast jeder Hals oder Boden und Zargen sind vor allem bei den Wiener-Bässen alle aus Ahorn. Die Wirbel der Wiener-Bässe mache ich auch aus Ahorn. Bei den Wirbeln ist es ein eher schlichter Ahorn, da diese meist gebeizt werden, da braucht man nicht eine ganz so schöne Struktur, sondern eher homogen. Die anderen Elemente die man sieht, wie Zargen oder Boden, muss es eine schöne Optik auch haben - Es muss wunder schön sein!". Warum ich den Ahorn einsetzte, liegt daran, dass wir dies aus der Überlieferung gelernt haben und dies schon seit 500 Jahren Tradition ist, dass man den Ahorn für einen Hals verwendet oder für einen Boden. Es kommt aus dem Geigenbau und ist so. Ursprünglich war es, soweit ich darüber beschied weiß, dass man auch Resthölzer verwertet hat da man nicht immer so schöne Hölzer zu Verfügung hatte und dadurch hat man Elemente zusammengesetzt aus Holzteilen die zuvor eine ganz andere Verwendung hatten wie z.B. Ruder. Ich glaube, dass man dadurch festgestellt hat, dass dieses Holz ideal ist für die Klangeigenschaften von einem Streichinstrument. Es gibt natürlich auch noch weitere Hölzer mit sehr guten Klangeigenschaften zu denen wir noch kommen werden, aber ich glaube es würde nicht so viel Ahorn eingesetzt werden, wenn dieser nicht die besten Eigenschaften für diese Verwendung hätte. Bei Gitarren wäre dies wieder ganz anders. Das Klangbild des Ahorn ist etwas heller, leichter und klingt ein wenig kristallen, würde ich ihn beschreiben. Man sagt beim Ahorn auch, gerade wenn es den Hals anbelangt, dass er hat einen guten "sustain" womit der Nachklang vom Instrument gemeint ist und der Ton länger präsent ist. Bezogen auf die optischen Eigenschaften kann man natürlich alles einsetzten, je stärker die Maserung desto schwieriger ist die Bearbeitung und desto besser muss das Werkzeug sein. Je mehr gemasert desto größer ist auch die Gefahr, dass sich das Material unterschiedlich bewegt wenn man ein schön gemasertes Holz hat, als bei einem schönen glatten Holz.

Birnbaum - Habe ich bisher z.B. bei Jarangos für Stege und Griffbretter bei Bässen daraus gemacht. Was aber nicht unbedingt üblich ist, aber man kann es durchaus machen. Ich verwende auch Birne z.B. für Wirbel, weil es eine irrsinnig gute Struktur hat, weil man es sehr schön schwarz machen kann. Ansonsten verwende ich sie eher weniger. Es lässt sich sehr gut bearbeiten, sehr feine Bearbeitung möglich, hat eigentlich eine ganz weiche Struktur und sehr homogen. Es gibt kein "hartes –hartes Jahr und auch kein weiches-weiches Jahr, sondern die harten sind nicht ganz hart und die weichen sind nicht ganz weich" und ist dadurch ziemlich homogen und bildet eine gute Einheit.

Buche – Die Buche verwende ich nicht, sehe ich aber häufig bei Kontrabässen, dass die Hälse aus Buche gefertigt sind. Besonders bei Schönbacher Instrumenten und im Sachsenraum wurde häufig Buche verwendet. Ist grundsätzlich auch ok als Material, ich persönlich bevorzuge allerdings Ahorn für den Hals.

Buchsbaum – Verwende ich eigentlich ausschließlich für Ausbuchser z.B. wenn man Wirbellöcher neu setzen muss verwendet man dieses Holz. Es ist ein sehr homogenes Material, deshalb auch sehr gut, weil es wenn man die Schwundmaße betrachtet, das Holz sich weniger bewegt als bei anderen Holzarten. Ich glaube, dass es ein sehr standhaftes Holz ist. Habe zwar nicht so viel Erfahrung damit, aber ansonsten hätte es sich nicht wie bei den Ausbuchsern dafür etabliert.

Esche – Hat im Kontrabassbau weniger etwas zu suchen, aber bei vielen E-Instrumenten wird sehr gern ein Eschenkorpus verwendet. Ich persönlich spiele so ein Instrument, habe einen Korpus aus Sumpfesche, und man muss sagen, dass es eigentlich ein ganz lässiges Holz ist. Aber ich glaube, dass es für den Instrumentenbau dadurch, dass es ziemlich grobporig, offen und sehr schwer ist kaum geeignet ist. Für ein E-Instrument wo man einen sehr robusten Korpus benötigt, ist es ein richtig gutes Holz.

Erle – Aus Erle habe ich bei Gitarren Reifchen und Piones diese Futterleisten gefertigt. Es lässt sich sehr gut biegen, liegt daran, dass es etwas ähnlich den Obstbäumen ist und eine homogene Struktur hat und lässt sich besonders schön biegen ohne das es stark knickt, die Fasern zerreisen, sich stauchen und es ist auch gut zu bearbeiten.

Fichte – Die Fichte ist für uns sehr wichtig, besonders für die Deckenstrukturen. Es ist sehr wichtig, dass man bei der Fichte das Beste herausholt. In unserem Fall wird bei der Fichte alles gespalten, es wird nichts aufgesägt. Wir beobachten, was das Holz beim Spalten selbst macht und genau diese Richtung gehen wir dann. Schallleitfähigkeit und die Bewährtheit über die vielen Jahre hat mir gezeigt, dass auch bei Gitarren viel mit Zedern und amerikanischen Fichten experimentiert wurde, dass die einheimische Fichte meiner Meinung nach eine der am besten klingendsten Fichten ist. Es ist ein angenehmes Material, man greift es gerne an, man spürt es besonders gut. Für die benötigten Eigenschaften einer Decke ist die Fichte das beste Material was es gibt. Ich würde es nicht, und man sollte es auch nicht für andere Elemente verwenden, da es keinen Sinn macht weil es nicht stabil genug ist. Aber für Decken hat es alle Eigenschaften, die es braucht damit es perfekt klingen kann. Bis heute hat noch keiner ein besseres Material gefunden.

Kirsche - Die Kirsche habe ich z.B. als Griffbrett bei einer Gitarre verwendet. Ist auch ein sehr gutes Material in meinen Augen, es ist sehr robust und hat auch wie die meisten Obsthölzer eine gute Struktur. Es ist etwas härter als die Birne und ich verwende es auch vor allem wegen der Maserung, weil es sehr schön aussieht. Wird verwendet wegen der Optik und der Stabilität glaube ich, da es ein wenig in die Richtung der Tropenhölzer geht. Die Tropenhölzer sind verdreht in alle Richtung, jedoch spielt es bei ihnen keine Rolle und die Kirsche geht in meinen Augen auch ein wenig in diese Richtung. Ich glaube man kann dieses Holz ganz gut verwenden für Elemente, die etwas länger halten müssen z.B. Stege welche robust sein müssen und ein gewissen Gewicht haben sollten oder Griffbretter, die der Abnützung standhalten sollten und natürlich auch gut aussehen. Bei der Bearbeitung würde ich es beschreiben wie die Nuss, ähnliche Struktur. Nicht ganz so homogen wie die Struktur einer Birne oder von einem Buchsbaum, schon eher detaillierterer Unterschied zwischen hart und weich.

Linde – Den Korpus eines Jarango habe ich aus Linde gefertigt, im Kontrabassbau für Futterleisten, Reifchen oder vielleicht auch noch Eckklötze würden gerade noch gehen. Ansonsten habe ich nicht viel Bedarf an Linde. Von der Bearbeitung her ist es ein sehr weiches Holz, daher sehr leicht zu bearbeiten, besonders gut zu stechen. Wenn man z.B. Schüsseln ausarbeitet in der Bildhauerei, besonders gut zu bearbeiten. Es fühlt sich weicher und wärmer an. Bei einer Fichte fühlt man den Unterschied zwischen dem weichen und dem harten Teil des Jahrringes, bei der Linde kaum bis gar nicht, es beginnt zu verschwimmen.

Nuss – Die Nuss hat mehrere Möglichkeiten der Verwendung. Ist von der Struktur her gröber in die Richtung der Esche, Eiche. Kann verwendet werden z.B. als Griffbrett, Boden und Zargen bei Gitarren. Ist aber in meinen Augen generell wegen der offen Porigkeit nicht unbedingt

sinnvoll, würde in diesem Bereich mehr in Richtung der Tropenhölzer wie Palisander oder Ebenholz gehen oder so. Obwohl eine Nuss eine gute Haptik hat, merke ich jedoch wenn ich eine Nuss bearbeite, dass sie sehr spröde ist und wenn man keinen perfekt scharfen Hobel bei der Bearbeitung hat, mag dich die Nuss gar nicht.

Olive – Die Olive habe ich persönlich noch nicht beim Bau von Instrumenten eingesetzt, könnte mir aber vorstellen, dass man daraus den Boden und die Zargen bei einer Gitarre daraus fertigen kann. Besonders weil es bei der Olive schöne Maserungen gibt. Die Bearbeitung bei diesem Holz ist sehr schwierig da es meist sehr verwunden und fest ist, und man auch mit einem sehr scharfen Werkzeug immer nur kleine Mengen abtragen kann, da man sonst sehr schnell feststeckt. Man könnte es sehr gut mit einem extrem festen Hanfseil vergleichen.

Pappel – Die Pappel habe ich im Kontrabassbau schon verwendet, man kann daraus Böden, Zargen und auch Hälse fertigen. Es gibt auch viele Geigen mit Pappelhälsen, Schnecken usw. Sie lässt sich auch gut biegen. In der Struktur sehr ähnlich zu beschreiben wie Ahorn, etwas heller, leichter, klanglich leicht anspringend, meist eine sehr schöne Struktur (es gibt irrsinnig schöne Wuchsarten). Bei der Bearbeitung würde ich sagen sehr ähnlich wie beim Ahorn.

Weide – Verwende ich öfters, bei Kontrabässen der Boden und die Zargen, meistens sind die Klötze und Eckklötze aus Weide aber auch die Reifchen. Die Weide ist ein irrsinnig gutes Material, gut zu bearbeiten mit der weicheren Struktur und homogen.

Zwetschke – Die Zwetschke kann man für Zargen und Boden verwenden. Ein Problem bei den Obsthölzern generell ist, dass man die benötigten Dimensionen kaum erhält. Im Gitarrenbau ist man etwas offener im Streichinstrumentenbau wird man es kaum verwenden. Bei der Bearbeitung ist es vom Gefühl her wie ein typisches Obstholz. Hat eine gute Oberfläche, etwas samtig würde ich es beschreiben, ähnlich der Birne.

Zeder – Die Zeder ist sehr gut geeignet für Hälse, für Decken ist es in meinen Augen nicht mehr so gut geeignet, da die Zeder klanglich irgendwann abfällt. Für den Hals finde ich es besonders gut, da es leicht ist und trotzdem eine Art Tropenholzstruktur hat wie z.B. das es fest ist und klanglich sehr gut ist, einen warmen Ton erzeugt, jedoch die Obertöne nicht verliert. Ist meiner Meinung nach ein sehr sprödes Holz, hat aber gleichzeitig eine sehr homogene Struktur, ich arbeite damit weniger gern. Es richt irrsinnig gut und es gefällt mir sehr gut.

Verwenden Sie noch weitere bis jetzt noch nicht genannte europäische Hölzer im Instrumentenbau?

Da fällt mir jetzt nur die Akazie ein, jedoch habe ich sie selbst noch nicht eingesetzt wird jedoch ziemlich ähnlich eingesetzt wie die Zypresse und weist auch sehr ähnlich Eigenschaften auf. Sicher auch gut zu verwenden bei Gitarren wie Boden und Zargen. Als Klangholz ist es sicher gut, eher in die Richtung Tropenholz von der Struktur her.

Wie Messen Sie die Qualität des verwendeten Holzes, bezogen auf die Klangeigenschaften – Schallleitfähigkeit?

Ich persönlich messe nichts mit irgendeinem Messgerät, da man meiner Meinung nach die Klangqualität nur durch Anklopfen des Holzes richtig einstufen kann. Man kann durch das Klopfen am Holz sofort erkennen ob es dumpf klingt oder es eine Resonanz zurück schickt und schwingt. Die Messung mit Messgeräten ist sehr interessant, jedoch nicht notwendig da man durch Intuition auf dieselben Ergebnisse kommt. Auch wenn man die für den Instrumentenbau relevanten Hölzer prüfen würde, wird man, so glaube ich keine bis kaum Abweichungen finden. Umsonst hat es sich nicht schon seit Jahrhunderten bewährt diese Hölzer dafür einzusetzen. Die Messung selbst ist als Vergleich sicher interessant, aber nicht notwendig, da mit diesen Hölzern die besten Erfahrungen gemacht wurden und werden.

9.4. Datenblatt Ultrasonic-Tester

baupruef	Baustoffprüfstelle an der HTBLuVA Villach Tschinowitscher Weg 5, 9500 Villach Qualitätsmanagement-Handbuch
	Messeinrichtungen und Geräte

Stammblatt

für

Ultraschallmessgerät

Inventarnr.:		Standort:	
Prüfmittelnr.:	053_001	Fabrikat:	
Gruppe:	Beton	Untergruppe:	Ultraschallmessgerät
Messbereich:	0 - 2 ms	Auflösung:	0,0001 ms

Kalibrierung:

Art: intern

Intervall: Monate Toleranz.

Zusatz: vor jedem Messeinsatz

Wartung:

Art: intern

Intervall: --- Tag(e)

Zusatz: nach Bedarf

Prüfmittelstatus:

betriebsbereit

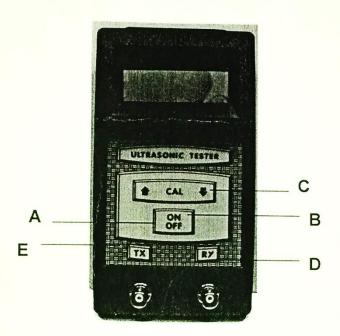


Verantwortlichkeit: Lab

	1184		Datum	Paraphe	Seite: 1 von 1
Autor:	HM	genehmigt (VAL):	30.08.2010	lu	Dateiname:
erstellt:	15.05.1996			11	053 001 _ 30.08.2010
letztgeändert:	30.08.2010	freigegeben (QMB):	30.00.2010	Dur	

Legend of the instrument's panel:

	CONTROL	DESCRIPTION
A	OFF	
В	ON	It allows switching off the appliance
C		It allows switching on the appliance
	Ry	It allows the calibration of the appliance
D		Connection for the probe which must receive the ultrasonic signal.
E	Tx	Outlet of the ultrasonic pulses which is transmitted to the probe transmitting the signal.



Checking of the calibration:

The instrument is always supplied calibrated; however we suggest before starting its utilization, to check its calibration. To this purpose the following operations must be followed:

Connect the two cables supplied with the instrument, having length of about 2.5 meters to their relevant connectors Ry and Tx (fast connection system) both the probes and to the instrument.

Light the instrument by means of the switch ON and check if the digital display is lighting.

Cover the two faces of the probes and the two faces of the aluminium calibrating cylinder with a thin layer of vasellina grease, friction the faces of the probes to the faces of the cylinder (in such a system any presence of bubble air between the probes and the cylinder are eliminated), and now check the value indicated on the digital display. This value must be the same of the one marked on the aluminium cylinder. In case of discordance, act as follows:

- Through the keys CAL and CAL modify the value read on the display until to obtain the value incised on the cylindrical sample.
- Place the probes to the extremity of the cylindrical sample and verify that on the display appears 0, in this case the calibration has been carried out properly.

ATTENTION	Any time the probes delivered with the appliance are replaced with other ones, pls. Repeat the calibration operations.	

To carry out the test, it is necessary to execute again the same operations previously mentioned in the point Checking of the calibration". Furthermore we suggest also to follow the specialized bibliographies for the ultrasonic testing, or the British Standard BS 4408.

9.5. Tabellen Messergebnisse

9.5.1. Liste geprüfter Hölzer

	3-1		
1	Lateinische Bezeichnung	_	
2	Picea abies	Fichte	1
3	Ailanthus altissima	Götterbaum	2
4	Alnus glutinosa	Erle	3
5	Amelanchier ovalis	gewöhnliche Felsenbirne	4
6	Berberis vulgaris	gewöhnlicher Berberitze	5
7	Buxus sempervirens	Buchsbaum	6
8	Carpinus betulus	Weißbuche	8
9	Castanea sativa	Edelkastanie	9
10	Cornus mas	Kornelkirsche, Dirndl	10
11	Cornus sanguinea	blutroter Hartriegel	11
12	Corylus avellana	Hasel	12
	Crataegus spp.	Weissdorn	14
13	Frangula alnus	Faulbaum	17
14	llex aquifolium	Stechpalme	20
15	Juniperus communis	Wacholder	21
16	Laburnum anagyroides	Goldregen	22
17	Ligustrum vulgare	Liguster	23
18	Lonicera spp.	Heckenkirsche	24
19	Pinus cembra	Zirbe	26
20	Platanus hybrida	Platane	27
21	Populus spp.	Pappel	28
22	Prunus domestica	Zwetschke	30
23	Prunus mahaleb	Steinweichsel	31
24	Prunus padus	Traubenkirsche	32
25	Pseudotsuga menziesii	Douglasie	33
26	Rhamnus cathartica	Kreuzdorn	35
27	Robinia pseudoacacia	Robinie	37
28	Rosa canina	Hundsrose	38
29	Salix spp.	Weide	39
30	Sambucus nigra	Holler	41
31	Sorbus aria	echte Mehlbeere	42
32	Sorbus aucuparia	Vogelbeere	43
33	Sorbus domestica	Speierling	44
34	Sorbus torminalis	Elsbeere	45
35	Staphyllea pinnata	Pimpernuss	46
36	Syringa vulgaris	Flieder	47
37	Taxus baccata	Eibe	48
38	Viburnum lantana	wolliger Schneeball	50
39	Viburnum opulus	gemeiner Schneball	51
40	Aesculus hippocastanum	Roßkastanie	52
41	Prunus spinosa	Schlehdorn	53
42	Hippophae rhamnoides	Sanddorn	55
43	Fagus sylvatica	Rotbuche	56
44	Acer pseudoplatanus	Ahorn	57

45	Abies alba	Tanne	58
46	Morus spp.	Maulbeere	60
47	Prunus armeniaca	Marille	61
48	Malus domestica	Apfel	62
49	Prunus avium	Vogelkirsche	63
50	Colutea arborescens	Blasenstrauch	64
51	Pyrus pyraster	Wild-Birne	65
52	Betula spp.	Birke	66
53	Fraxinus spp.	Esche	67
54	Juglans regia	Walnuss	68
55	Pinus sylvestris	Kiefer	70
56	Quercus spp.	Eiche	72
57	Tilia spp.	Linde	73
58	Ulmus spp.	Ulme	74
59	Larix decidua	Lärche	75

9.5.2. Daten Ultrasonic Messung

Proben bez	Längs [mm]	Radial [mm]	Tang. [mm]	Masse [g]	Dichte [g/cm³]	c _{gem} [µs]	c [m/s]	Bewertung
1,0,1	150,76	10,26	9,98	7,908	0,5123	23,8	6334,45	
1,0,2	150,74	10,32	10,01	7,958	0,5110	23,6	6387,29	
1,0,3	150,72	10,42	10,06	8,393	0,5312	23,8	6332,77	
1,0,4	150,75	10,47	10,08	7,824	0,4918	23,7	6360,76	
1,0,5	150,8	10,34	9,97	7,665	0,4931	24	6283,33	
1,0,6	150,68	10,44	10	8,281	0,5264	23,9	6304,60	
1,0,10	150,72	10,42	10,03	8,106	0,5146	24,5	6151,84	
1,0,12	150,72	10,28	10,01	7,864	0,5070	24,2	6228,10	
1,0,13	150,76	10,46	10,04	8,455	0,5340	24,9	6054,62	
1,0,15	150,69	10,36	9,97	7,817	0,5022	23,6	6385,17	
2.99.1	120,28	10,07	9,95	8,437	0,7001	20,4	5896,08	
2.99.2	120,27	10,25	9,96	8,271	0,6736	21,9	5491,78	weite JR
2.99.3	120,27	10,25	9,92	8,177	0,6687	22,6	5321,68	weite JR
2.99.4	120,34	10,03	10,01	8,773	0,7261	21,7	5545,62	
2.99.5	120,29	10,15	10,01	8,714	0,7130	22,8	5275,88	
2.99.6	120,29	10,04	9,94	9,235	0,7693	21,6	5568,98	
2.99.7	120,21	10,21	10,02	8,67	0,7050	22,1	5439,37	
2.99.8	120,27	10,13	9,91	9,121	0,7554	20,3	5924,63	
2.99.9	120,22	10,23	9,94	9,01	0,7370	20,1	5981,09	
2.99.10	120,29	10,23	9,92	8,908	0,7297	19,8	6075,25	_
3.99.1	150,88	9,95	10,44	8,251	0,5264	28,3	5331,45	
3.99.2	150,77	10,01	10,42	7,861	0,4999	30	5025,67	
3.99.5	150,77	9,98	10,43	7,492	0,4774	31,7	4756,15	
3.99.7	150,76	9,98	10,43	8,009	0,5104	28	5384,29	
3.99.8	150,57	10,42	9,93	8,19	0,5257	28	5377,50	
3.99.9	150,73	10,49	9,99	7,738	0,4899	29,4	5126,87	
3.99.10	150,68	9,97	10,36	8,127	0,5222	27,8	5420,14	
3.99.11	150,54	10,42	9,99	8,302	0,5298	26,8	5617,16	Keine Auffäl.
3.99.13	150,66	10,45	10,01	8,258	0,5240	27,6	5458,70	
3.99.14	150,72	10,4	9,99	8,267	0,5279	28	5382,86	
4,5,1	150,52	9,66	10,14	15,284	1,0366	34,1	4414,08	
4,3,2	150,38	10,18	9,45	12,383	0,8560	34,2	4397,08	
4,6,3	150,58	10,17	9,74	13,86	0,9292	41,2	3654,85	Ast
4,7,4	150,55	10,18	9,72	13,375	0,8978	33,1	4548,34	
4,6,5	150,31	10,23	9,48	14,065	0,9649	38,6	3894,04	Ast
5,5,1	150,4	10,18	9,8	12,503	0,8333	32,7	4599,39	
5,15,2	150,37	10,03	9,78	13,072	0,8862	30,9	4866,34	
5,21,3	150,34	9,98	10,03	12,676	0,8423	31,4	4787,90	
5,21,4	120,53	9,94	9,93	10,507	0,8832	24,9	4840,56	
5,18,5	120,74	10,06	9,7	9,801	0,8319	26,7	4522,10	kleine FA Ast
6.99.1	150,39	10,02	9,55	14,347	0,9969	38,5	3906,23	FA
6.99.2	150,35	10,2	9,9	14,518	0,9562	32,9	4569,91	
6.99.3	150,38	10,12	9,6	14,368	0,9835	35,8	4200,56	

6.99.4	150,49	10,28	9,82	14,82	0,9755	35	4299,71	
6.99.5	150,35	10,18	9,81	14,746	0,9821	33,7	4461,42	
6.99.6	150,37	10,25	9,97	14,699	0,9565	34,1	4409,68	
6.99.7	150,36	10,18	9,83	14,519	0,9649	35	4296,00	
6.99.8	150,29	10,14	9,92	14,068	0,9306	34,3	4381,63	
8.99.2	120,38	10,14	9,97	8,59	0,7058	23,3	5166,52	
8.99.3	120,3	10	9,86	8,378	0,7063	24,4	4930,33	
8.99.4	120,33	10,09	9,91	8,606	0,7153	22,3	5395,96	
8.99.5	120,31	10,12	10	8,644	0,7100	23,1	5208,23	
8.99.10	120,34	10,03	9,98	8,681	0,7207	23,6	5099,15	
8.99.11	120,32	10,08	9,81	8,498	0,7142	24,4	4931,15	
8.99.12	120,29	10,09	9,87	8,351	0,6971	24	5012,08	
8.99.13	120,29	10,09	10	8,945	0,7370	24,5	4909,80	
8.99.15	120,26	10,01	9,86	8,183	0,6894	23,3	5161,37	
8.99.16	120,26	10,08	9,87	8,399	0,7020	23,2	5183,62	
9.99.1	149,74	10,1	10,04	9,355	0,6161	26,8	5587,31	
9.99.3	149,71	10,18	9,87	8,435	0,5608	27,5	5444,00	
9.99.4	149,8	10,16	10,02	8,36	0,5482	28,2	5312,06	
9.99.5	149,58	10,21	10,04	9,058	0,5907	28,4	5266,90	
9.99.6	149,48	10,27	10,01	8,933	0,5813	29,8	5016,11	
9.99.8	149,59	10,34	9,98	8,519	0,5519	29,8	5019,80	
9.99.9	149,44	10,17	9,98	8,751	0,5770	29	5153,10	
9.99.10	149,68	10,3	10,01	7,565	0,4902	31,3	4782,11	Keine Auffäl.
9.99.11	149,72	10,2	9,38	8,305	0,5798	28	5347,14	
9.99.14	149,71	10,23	9,94	8,7	0,5715	28,7	5216,38	
10.17.2	150,39	10,19	10,02	14,493	0,9438	31,9	4714,42	
10.15.4	150,33	10,19	10,1	13,504	0,8728	34,7	4332,28	
10.15.5	150,41	10,21	9,79	14,44	0,9605	35,4	4248,87	
10.17.6	150,43	10,19	10,09	14,727	0,9522	35,6	4225,56	S, geringer K
10.17.7	150,36	10,18	10,03	12,772	0,8319	33,9	4435,40	
10.17.8	150,4	10,24	9,97	12,107	0,7885	33,7	4462,91	
10.17.10	150,26	10,23	10,07	12,62	0,8153	33,5	4485,37	
10.17.12	150,5	10,29	9,81	13,11	0,8629	33,6	4479,17	
10.17.13	150,04	10,18	9,83	15,168	1,0102	31,6		K geringer S
10.17.14	149,9	10,23	9,84	12,987	0,8607	33,5	4474,63	kl Ast
11,3,1	120,33	10,08	9,9	9,837	0,8192	23,2	5186,64	
11,3,2	120,5	10,11	9,96	10,363	0,8541	24,1		fehler Ast
11.99.4	120,26	10,21	9,97	10,853	0,8866	23,4	5139,32	
11.14.5	120,29	10,18	9,83	9,648	0,8015	23	5230,00	
11,3,7	120,29	10,17	10,04	10,411	0,8476	23,2	5184,91	Fehler
11.99.9	120,28	10,1	9,95	10,577	0,8750	23,1	5206,93	
11,9,10	120,31	10,14	9,97	11,022	0,9062	25	4812,40	
11,7,11	120,39	10,07	10	9,265	0,7642	24,1	4995,44	
11,9,12	120,21	10,21	9,99	10,972	0,8949	25,7	4677,43	
11,7,13	120,14	10,23	10,03	9,524	0,7726	24,4	4923,77	
12,4,1	150,33	10,03	9,82	8,444	0,5703	30,8	4880,84	
12,4,2	150,37	10,19	9,83	8,843	0,5871	30,7	4898,05	

12,4,3	150,3	10,19	9,77	8,944	0,5977	28,7	5236,93	
12,4,4	150,27	10,22	9,84	8,768	0,5802	30,3	4959,41	
12,4,5	149,94	10,18	9,97	8,817	0,5794	29,3	5117,41	
12,4,6	150,3	10	9,84	9,743	0,6588	28,8	5218,75	leichte FA
12,4,7	120,43	10,23	9,92	7,402	0,6057	23,5	5124,68	
12,4,10	120,59	10,19	9,87	7,325	0,6040	24,1	5003,73	
12,4,11	120,48	10,14	9,88	7,658	0,6345	24,7	4877,73	
12,4,12	120,42	10,23	9,96	7,513	0,6123	24,4	4935,25	
14,4,1	150,36	10,19	9,71	11,784	0,7921	31,6	4758,23	kl Ast
14,6,3	150,38	10,08	9,99	11,643	0,7689	34,6	4346,24	kl Ast
14,4,4	150,37	10,24	9,62	11,748	0,7931	31,4	4788,85	kl Ast
14,6,5	150,35	10,23	9,69	11,726	0,7868	33,3	4515,02	
14,6,8	150,54	10,23	10,04	11,478	0,7423	35,4	4252,54	kl Ast
14,4,9	150,4	10,16	9,94	11,93	0,7854	35,1	4284,90	FA
14.99.10	150,32	10,25	9,74	11,718	0,7808	31,1	4833,44	
14,4,11	150,4	10,21	9,94	11,631	0,7620	36,7	4098,09	gr Ast
14.99.13	150,32	10,22	9,92	11,177	0,7334	30,6	4912,42	kl Ast
14,4,14	150,34	10,26	9,78	11,78	0,7809	31,9	4712,85	
17,9,1	150,36	10	9,72	8,896	0,6087	29,1	5167,01	
17,9,3	150,32	10,13	10,02	8,229	0,5393	30,1	4994,02	
17,9,4	150,23	10,18	9,74	8,017	0,5382	31,1	4830,55	
17,9,7	150,33	9,88	9,77	8,615	0,5937	28,9	5201,73	
17,9,8	150,45	10,14	9,94	9,318	0,6145	29,3	5134,81	
17,9,9	150,34	9,82	9,78	8,396	0,5815	29,3	5131,06	
17,9,10	150,35	10,09	9,71	8,942	0,6070	28,3	5312,72	
17,9,12	150,38	10,15	9,93	9,192	0,6065	29,1	5167,70	
17,9,14	150,44	10,08	9,63	8,755	0,5995	28,8	5223,61	
17,9,15	150,35	9,92	9,77	8,678	0,5955	29,7	5062,29	
20.99.1	150,14	10,02	10,03	10,905	0,7227	32,5	4619,69	
20.99.2	150,09	10,1	10	11,99	0,7909	36,6	4100,82	
20.99.3	150,03	10,09	10,02	12,438	0,8200	38,2	3927,49	
20.99.4	150,09	10,08	10,02	12,239	0,8074	36,9	4067,48	
20.99.6	150,15	10,13	9,97	11,874	0,7830	34,6	4339,60	
20.99.8	150,09	10,14	9,84	11,488	0,7671	34,1	4401,47	
20.99.9	149,94	10,09	9,93	12,502	0,8322	35,9	4176,60	
20.99.10	150	10,09	9,9	12,069	0,8055	35,5	4225,35	
20.99.11	150,08	10,1	9,95	11,709	0,7763	34,4	4362,79	
20.99.13	149,93	10,11	9,95	13,088	0,8678	34,8		2x gemessen
21.99.1	150,46	9,79	9,99	6,061	0,4119	48,5	3102,27	
21.99.2	150,42	10,02	9,73	5,146	0,3509	50,9	2955,21	ast FA
21.99.3	150,32	9,9	9,8	6,872	0,4712	49,3	3049,09	ast FA
21.99.4	150,32	9,99	9,74	5,858	0,4005	49,1	3061,51	ast FA
21.99.5	150,41	9,82	9,95	5,388	0,3666	50,5	2978,42	
21.99.6	150,38	9,77	9,62	5,682	0,4020	50,4	2983,73	ast FA
21.99.7	150,41	9,88	9,75	5,877	0,4056	49,5	3038,59	ast FA
21.99.8	120,43	9,93	10	4,778	0,3995	38,8	3103,87	ast FA
21.99.9	120,53	9,9	10,06	5,833	0,4859	39,2	3074,74	ast FA

21.99.10	120,46	9,91	9,83	4,298	0,3663	40,5	2974,32	ast FA
22,8,2	150,33	9,98	9,88	13,534	0,9130	32	4697,81	K geringer S
22,8,4	150,13	10,16	9,98	13,603	0,8936	32,5	4619,38	K geringer S
22,8,5	150,29	9,79	9,96	13,785	0,9407	33,2	4526,81	
22,8,7	150,22	10	9,95	14,39	0,9627	31	4845,81	Kern FA
22,8,8	150,38	10,14	9,99	13,509	0,8868	33,5	4488,96	Splint
22,8,9	150,3	9,72	9,78	13,054	0,9136	32,8	4582,32	Splint
22,8,10	150,38	9,89	9,83	13,77	0,9419	32,9	4570,82	K und S, Ast
22,8,11	150,51	9,98	10,01	13,615	0,9055	32,7	4602,75	Kern
22,8,13	150,21	9,98	9,98	13,399	0,8956	33,6	4470,54	Splint
22,8,15	150,36	10,07	9,93	13,406	0,8916	32,4	4640,74	S großer Ast
23,10,1	150,61	10,03	10,01	12,632	0,8354	29,6	5088,18	kl Ast
23,7,2	150,64	10,06	10,04	12,29	0,8078	31,9	4722,26	
23,10,3	150,52	10,02	9,96	12,419	0,8267	30,6	4918,95	
23,0,4	150,54	10,04	9,85	12,617	0,8475	30	5018,00	
23,12,5	150,67	9,86	10,06	13,152	0,8800	33,4	4511,08	
23,5,6	150,68	9,99	10	10,946	0,7272	35,2		sehr feinjährig
23,5,7	150,66	9,97	10,12	11,551	0,7599	34,2		leichte FA
23,12,8	150,54	10,04	9,98	13,647	0,9047	34,5	4363,48	
23,12,9	120,76	9,85	10,06	10,597	0,8856	31,7	3809,46	
23,13,10	120,71	9,76	9,79	10,55	0,9147	29,1	4148,11	
24,4,2	150,34	9,97	9,92	12,703	0,8543	28,4	5293,66	kl Ast
24,4,4	150,4	10,18	9,99	12,336	0,8065	30,6	4915,03	
24,4,5	150,2	10,05	10,01	12,201	0,8075	31,1	4829,58	
24,4,7	150,38	9,99	10,01	12,246	0,8143	31,5	4773,97	
24,4,9	150,39	10,18	10,02	11,943	0,7785	31,4	4789,49	
24,4,10	150,16	9,85	10,02	12,141	0,8192	30,9	4859,55	
24,4,11	150,39	10,05	10,01	11,978	0,7917	28,8	5221,88	
24,4,12	150,31	9,75	10,1	11,799	0,7971	29,2	5147,60	
24,4,14	150,29	10,19	9,99	12,778	0,8352	32	4696,56	
24,4,15	150,34	9,94	9,97	11,861	0,7961	29,7	5061,95	
26.99.1	150,44	9,99	9,98	6,811	0,4541	30,2	4981,46	
26.99.2	150,54	9,97 9,97	9,93	6,976	0,4681	32,2	4675,16	
26.99.3 26.99.4	150,53 150,68	10,34	9,93 9,99	7,093 7,347	0,4760 0,4720	33,8 32,6	4453,55	grobjährig
26.99.5	150,68	10,34	10,01	7,726	0,4720	32,7	4608,26	
26.99.6	150,67	9,98	9,94	7,720	0,5204	34,1	4418,48	grobjaring
26.99.7	150,67	10,45	9,94	7,173	0,4535	31,9	4727,27	
26.99.8	150,74	10,39	10,01	6,485	0,4136	30,3	4974,92	
26.99.9	150,73	10,33	9,92	7,014	0,4541	31,7	4754,89	
26.99.10	150,73	9,85	9,98	6,77	0,4576	31,4	4793,31	
27.99.1	149,65	10,34	9,89	7,692	0,5026	32	4676,56	
27.99.3	149,74	10,34	9,96	7,619	0,4941	32,9	4551,37	
27.99.4	149,85	10,31	9,86	7,405	0,4861	32,8	4568,60	
27.99.5	149,82	10,19	9,96	7,871	0,5176	32,8	4567,68	
27.99.7	149,77	10,28	9,93	7,381	0,4828	33,9	4417,99	
27.99.8	149,75	10,32	9,94	7,32	0,4765	33	4537,88	
	0,.0	. 5,52	3,3 1	. ,52	5, 55	30	.55.,55	

27.99.9	149,62	10,3	9,94	7,633	0,4983	33,8	4426,63	
27.99.10	149,7	10,27	9,93	7,793	0,5105	33,2	4509,04	
27.99.11	149,8	10,29	9,97	7,293	0,4746	33,3	4498,50	
27.99.12	149,73	10,33	9,89	7,308	0,4777	32,3	4635,60	
28,2,1	150,6	10,07	9,91	5,263	0,3502	31,5	4780,95	
28,2,3	150,53	9,8	10,07	5,96	0,4012	30,8	4887,34	
28,2,5	150,52	10,06	9,93	6,226	0,4141	29,1	5172,51	
28,2,6	150,57	10,09	9,93	5,736	0,3802	31	4857,10	
28,2,8	150,58	10,04	9,98	5,311	0,3520	31,1	4841,80	
28,2,9	150,47	10,07	9,98	6,559	0,4337	28,1	5354,80	
28,2,12	150,68	9,87	10,08	6,502	0,4337	29,1	5178,01	
28,2,13	150,18	9,93	9,86	7,296	0,4962	29,6	5073,65	
28,2,14	150,44	9,95	10,06	5,959	0,3957	28,9	5205,54	
28,2,15	150,58	10,07	9,95	5,468	0,3624	31,1	4841,80	
30,5,5	150,43	10,04	9,91	11,782	0,7872	31,9	4715,67	S, kaum K
30,5,6	150,49	10,06	9,96	9,913	0,6574	39,5	3809,87	Splint
30,5,7	150,5	10,06	9,95	11,684	0,7756	34,6	4349,71	Kern
30,5,8	150,6	10,11	10,01	10,721	0,7034	39,6	3803,03	Splint
30,5,9	150,77	10,02	10,01	10,856	0,7179	38,3	3936,55	Kern und Splint
30,5,10	150,42	10,03	9,93	10,7	0,7142	33,1	4544,41	Splint
30,5,12	150,47	10,06	9,81	6,862	0,4621	37,6	4001,86	Kern
30,5,13	150,73	10,07	9,96	10,853	0,7179	36,4	4140,93	Kern
30,5,14	150,74	10,04	9,95	11,09	0,7365	37	4074,05	Kern
30,5,15	150,6	10,05	9,99	10,898	0,7208	36,7	4103,54	K kaum S
31,3,1	150,2	9,84	9,77	12,853	0,8901	34,1	4404,69	Ast
31.2.2	150,32	10,19	9,76	12,456	0,8332	34,4	4369,77	Ast
31.2.4	150,25	10,09	10,02	12,393	0,8158	33,7	4458,46	
31,3,5	150,39	9,88	9,96	12,524	0,8463	34,7	4334,01	
31.2.7	150,35	10,14	9,92	12,568	0,8310	32,7	4597,86	
31,3,10	150,32	9,98	9,96	10,585	0,7084	31,4	4787,26	
31.2.11	150,22	10,07	10,01	12,357	0,8161	36,3	4138,29	FA
31,3,12	150,29	10,05	9,97	10,512	0,6981	32,3	4652,94	
31,3,13	150,2	10,06	9,78	10,798	0,7307	33,8	4443,79	
31,3,14	150,35	10,17	9,88	11,123	0,7363	34	4422,06	Ast
32.1.1	150,47	9,91	10,06	8,44	0,5626	27,8	5412,59	kl Ast
32.3.4	150,33	9,85	9,81	8,693	0,5984	29,7	5061,62	Ast
32.1.5	150,29	9,61	10,01	9,424	0,6519	29,1	5164,60	Ast
32.3.6	150,48	9,9	9,98	8,894	0,5982	28,1	5355,16	
32.1.7	150,4	9,84	10,11	8,841	0,5909	28,1	5352,31	
32.1.11	150,4	9,98	9,98	8,245	0,5504	28,5	5277,19	
32.1.12	150,35	9,91	10,06	9,14	0,6098	27,2	5527,57	
32.3.14	149,73	10,12	10,24	10,324	0,6654	30,9	4845,63	kl Ast
32.3.15	150,36	9,63	9,91	8,663	0,6037	28,1	5350,89	
32.1.16	150,35	9,87	9,82	8,53	0,5854	27,6	5447,46	
33.99.1	149,72	10,38	9,84	9,299	0,6081	25,3	5917,79	
33.99.2	149,61	10,36	9,83	9,198	0,6037	25,2	5936,90	
33.99.3	149,59	10,16	9,75	9,868	0,6659	25,6	5843,36	

33.99.4	149,86	10,36	9,88	9,402	0,6129	26,1	5741.76	leichte FA
33.99.5	149,74	10,35	9,89	8,637	0,5635	25,3	5918,58	
35.10.1	150,28	10,21	9,95	11,127	0,7288	27,9	5386,38	kl Ast
35.0.2	150,53	10,23	9,96	7,813	0,5094	32,6	4617,48	
35.10.3	150,35	10,19	9,87	12,859	0,8504	33,3	4515,02	Kern FA
35.7.4	150,25	10,27	10	11,533	0,7474	32,2	4666,15	Kern und Splint
35.7.5	150,04	10,17	10,04	11,079	0,7232	31,3	4793,61	Ast
35.0.6	150,49	9,95	10,12	7,656	0,5052	32,7	4602,14	
35.10.7	150,42	10,19	10	11,356	0,7409	30,1	4997,34	
35.10.8	150,5	10,19	10	12,646	0,8246	31,5	4777,78	Kern FA
35.10.9	150,4	10,14	9,87	12,247	0,8136	33,7	4462,91	Kern
35.10.10	150,49	10,19	10,01	11,519	0,7504	30,9	4870,23	S größer K
37.0.1	120,37	9,84	10,07	9,066	0,7601	23,4	5144,02	
37.0.2	120,18	10,17	10,05	9,213	0,7500	22,2	5413,51	
37.0.3	120,41	9,93	10,07	9,269	0,7698	23,8	5059,24	
37.0.4	120,21	9,97	9,94	9,172	0,7699	23,3	5159,23	Kern und Splint
37.0.5	120,39	10,2	10,05	9,153	0,7417	22,9	5257,21	
37.0.6	120,25	10,04	10,03	9,932	0,8202	23,2	5183,19	
37.0.7	120,49	10,12	10,01	9,999	0,8192	23,1	5216,02	
37.0.8	120,36	10,01	9,86	9,208	0,7751	23,8	5057,14	Kern und Splint
37.0.9	120,43	10,06	10,05	9,117	0,7488	22,5	5352,44	Kern und Splint
37.0.10	120,11	10,01	10	9,097	0,7566	23,4	5132,91	Kern und Splint
38.99.1	150,43	10,03	10,08	12,05	0,7923	28,6	5259,79	Ast Splint
38.99.2	150,44	10,17	10,02	8,434	0,5502	37,4	4022,46	Ast Kern
38.99.3	150,47	10,23	10	12,317	0,8002	31,4	4792,04	Ast Kern
38.99.6	150,3	10,05	10,06	13,631	0,8970	30,6	4911,76	Splint kl Ast
38.99.8	150,56	10,29	10,1	12,19	0,7790	43,4	3469,12	S geringer K
38.99.9	150,47	10,24	10,1	13,511	0,8682	29,6	5083,45	kl Ast Splint
38.99.10	150,47	10,28	9,97	13,062	0,8470	31,3	4807,35	Kern Ast
38.99.11	149,23	10,12	10,01	8,231	0,5445	42,9	3478,55	Kern
38.99.12	150,42	10,13	10,05	13,587	0,8872	28,6	5259,44	K und S Ast
38.99.13	149,88	10,3	10,08	12,231	0,7860	44,1	3398,64	K und S Ast
39.0.1	150,42	9,94	10,06	6,346	0,4219	26,8	5612,69	
39.0.2	150,35	10,03	10,01	6,334	0,4196	26,5	5673,58	
39.0.3	150,35	9,99	10	6,574	0,4377	26,4	5695,08	
39.0.4	150,3	10,06	9,93	5,727	0,3814	27,8	5406,47	Kernholz
41.23.1	150,46	10,05	9,99	10,911	0,7223	30,1	4998,67	Kern
41.23.2	150,37	10	9,83	10,381	0,7023	30,6	4914,05	Kern
41.23.3	150,43	10,05	9,97	9,307	0,6175	35	4298,00	fast nur Splint
41.23.4	150,44	9,95	9,96	9,633	0,6461	33,2	4531,33	Kern und Splint
42.2.1	150,52	9,99	9,76	10,506	0,7159	29,2	5154,79	
42.2.2	150,63	10,06	9,87	10,269	0,6866	28,6	5266,78	
42.2.3	150,52	10,1	10,01	10,618	0,6977	27,8	5414,39	
42.2.4	150,55	10,06	9,85	10,11	0,6777	27,6	5454,71	
42.2.5	150,51	10,03	9,81	10,596	0,7155	28,7	5244,25	
42.2.6	450.00	40.00	0.06	10 265	0,6857	28,2	E244 40	
	150,63	10,08	9,86	10,265	0,0001	20,2	5341,49 5299,30	

42.2.10	150,59	10,06	9,84	9,951	0,6675	29,4	5122,11	
42.1.11	150,41	10,09	9,88	9,294	0,6198	29,7	5064,31	
42.1.13	150,44	10,09	9,91	8,692	0,5778	30,9	4868,61	
43.0.1	150,33	10,03	9,6	8,987	0,6209	27,9	5388,17	
43.0.2	150,2	10,02	9,63	9,908	0,6836	27,5	5461,82	
43.0.3	150,18	10,02	9,68	9,92	0,6810	27,2	5521,32	
43.1.6	150,49	10,08	10,38	10,304	0,6544	28,8	5225,35	
43.1.9	150,5	10,08	10,19	10,649	0,6889	28,7	5243,90	
43.1.11	149,92	9,96	10,17	10,527	0,6932	29,5	5082,03	
43.1.12	150,5	10,09	10,29	10,263	0,6568	28,5	5280,70	
43.1.15	150,52	10,07	10,18	10,797	0,6997	28,4	5300,00	
43.4.16	150,54	10,08	10,45	12,156	0,7666	29,8	5051,68	
43.4.17	150,57	10	10,32	13,144	0,8459	28,2	5339,36	_
44.3.1	150,68	9,57	9,98	12,593	0,8750	29.Jän	5178,01	
44.3.2	150,69	9,88	10,06	11,95	0,7979	29,2	5160,62	
44.2.6	150,53	10,08	10,07	13,31	0,8711	33,7	4466,77	
44.0.7	150,44	10,04	9,93	10,963	0,7309	30,3	4965,02	
44.3.8	150,58	9,98	10,07	12,124	0,8012	29,9	5036,12	
44.3.9	150,56	9,98	10,02	12,836	0,8526	29,7	5069,36	
44.3.11	150,57	9,98	10,07	12,845	0,8489	29,2	5156,51	
44.2.12	150,39	10,08	9,94	14,185	0,9414	35,6	4224,44	FA
44.2.13	150,45	9,97	9,99	14,605	0,9747	34,9	4310,89	leicht FA
44.2.14	150,46	10,11	10,02	13,959	0,9158	32,8	4587,20	leichte FA
45.2.11	150,44	10	9,96	11,157	0,7446	27,6	5450,72	
45.2.12	150,64	10,01	9,85	12,613	0,8492	28,5	5285,61	
45.2.13	150,73	10,03	9,91	11,654	0,7779	30,2	4991,06	
45.2.14	150,41	9,85	9,96	11,205	0,7593	28	5371,79	
45.1.15	150,32	10,01	9,9	11,285	0,7576	29,9	5027,42	Ast
45.2.16	150,47	9,86	9,91	10,953	0,7450	28,9	5206,57	
45.1.17	150,52	10,07	9,94	10,036	0,6661	29,2	5154,79	
45.8.18	150,45	10,04	9,95	11,902	0,7919	32,8	4586,89	
45.2.19	150,64	9,98	9,86	12,581	0,8487	31,1	4843,73	Ast
45.2.20	150,5	10	9,8	12,189	0,8264	27,6	5452,90	
46.6.6	150,86	9,92	9,97	11,164	0,7482	35,2	4285,80	
46.6.7	150,46	10,02	10,02	11,468	0,7592	34,2	4399,42	
46.10.8	150,39	10,06	10,02	11,558	0,7624	31,7	4744,16	
46.10.11	150,79	10,05	10,04	12,028	0,7905	31,9	4726,96	
46.9.14	150,46	10,07	10,02	12,045	0,7934	32,2	4672,67	
46.9.15	150,78	10,05	9,78	10,551	0,7119	33,5	4500,90	
46.5.16	150,74	10,02	9,95	12,978	0,8636	30,3	4974,92	
46.9.17	150,59	10,08	10,01	11,931	0,7852	28,2	5340,07	Kernstück
46.9.18	150,84	9,99	9,99	12,178	0,8090	32,6	4626,99	
46.10.19	150,61	10,11	9,84	11,611	0,7749	30,9	4874,11	
47.99.1	150,68	9,94	9,97	14,518	0,9722	36,3	4150,96	weniger Kern
47.99.2	150,57	9,99	9,96	14,866	0,9923	33,7	4467,95	
47.99.3	150,65	10,05	9,92	13,932	0,9276	33,2	4537,65	
48.0.3	150,06	9,43	9,86	9,799	0,7023	35,6	4215,17	

48.0.5 150.22 10.06 9.86 10.16 0.6819 35,1 4279.77 48.0.7 149.96 9.91 9.91 9.89 0.6719 33,6 4463.10 48.0.10 120,06 10.09 9.94 7.71 0.6403 24,1 4981,74 48.0.11 119.98 10.04 9.93 7.826 0.6535 24,6 4982,93 48.0.13 119.98 10.11 19.6 8,113 0.6755 24,4 4917,21 48.0.14 120,11 10.12 9.95 8,093 0.6691 25,3 4747,43 48.0.15 120,08 9.99 9.95 13,766 0.6227 31,3 4808,95 50.12 150,72 10.04 9,63 12,939 0.8277 31,3 4808,95 50.12 150,72 10.04 9,63 12,939 0.8364 30,5 4938,36 50.12 150,72 10.03 9,88 11,694 9,72 12,97 0.8986									
48.0.7 149,96 9,91 9,91 9,896 0,6719 33,6 4463,10 48.0.10 120,06 10,09 9,94 7,779 0,6403 24,1 4981,74 48.0.11 119,98 10,00 9,93 7,826 0,6555 24,6 4882,93 48.0.13 119,98 10,11 9,96 8,113 0,6715 24,4 4917,21 48.0.14 120,11 10,12 9,95 8,092 0,6681 25,3 474,43 48.0.15 120,08 9,99 9,93 7,683 0,6450 24,1 4982,57 50.1.2 150,72 10,4 9,63 12,939 0,8572 29 5197,24 50.1.2 150,72 10,4 9,63 12,939 0,8572 29 5197,24 50.1.2 150,72 10,03 9,98 11,379 0,8986 32,3 4653,87 FA 50.1.5 150,32 9,93 9,71 11,370 0,7552 23,7	48.0.5	150,22	10,06	9,86	10,16	0,6819	35,1	4279,77	
48.0.10 120,06 10,09 9.94 7,71 0,6403 24,1 4981,74 48.0.11 119,98 10,08 9.94 7,779 0,6471 24,4 4917,21 48.0.13 119,98 10,11 9.96 8,113 0,6715 24,4 4917,21 48.0.14 120,11 10,12 9.95 8,092 0,6691 25,3 4747,43 48.0.15 120,08 9.99 9.93 7,683 0,6450 24,1 4982,57 50.1.2 150,52 9.99 9.80 12,768 0,9277 31,3 4808,95 50.1.2 150,52 9.99 9,7 12,208 0,834 3,5 4938,36 50.10.2 150,72 10,03 9.98 11,648 0,7721 32,7 4609,17 FA 50.10.5 10 9.97 11,37 0,7592 31,7 4752,68 FA 50.10.6 150,65 10 9.97 11,37 0,7586 29,3	48.0.6	150,13	10,06	9,87	9,42	0,6319	34,3	4376,97	
48.0.11 119,98 10,08 9,94 7,779 0,6471 24,4 4917,21 48.0.12 120,12 10,04 9,93 7,826 0,6535 24,6 4882,93 48.0.13 119,98 10,11 9,96 8,113 0,6715 24,4 4917,21 48.0.14 120,011 10,12 9,96 8,103 0,6691 25,3 4747,43 48.0.15 120,08 9,99 9,99 7,783 0,6450 24,1 4882,57 50.1.2 150,72 10,4 9,63 12,939 0,8572 29 5197,24 50.10.3 150,62 9,99 9,7 12,208 0,8364 30,5 4938,36 50.12.4 150,32 9,93 16,48 0,7721 32,7 4609,17 FA 50.15.2 150,72 10,03 9,88 11,705 0,7866 29,3 5136,52 50.10.6 150,66 9,97 1,931 10,35 0,822 2,55 4730	48.0.7	149,96	9,91	9,91	9,896	0,6719	33,6	4463,10	
48.0.12 120,12 10,04 9,93 7,826 0,6535 24,6 4882,93 48.0.14 119,98 10,11 9,96 8,113 0,6715 22,4 48917,21 48.0.14 120,11 10,12 9,95 8,092 0,6691 25,3 4747,43 48.0.15 120,08 9,99 9,93 7,683 0,6450 24,1 4982,57 50.1.2 150,72 10,4 9,63 12,939 0,8572 29 5197,24 50.10.3 150,62 9,99 9,67 12,208 0,8364 30,5 4938,36 50.12.4 150,32 9,93 9,67 12,97 0,896 32,3 4653,87 FA 50.15.7 150,75 10 9,9 11,705 0,7592 31,7 4752,68 FA 50.10.7 150,5 10 9,9 11,705 0,7582 23,3 4669,14 50.10.7 150,5 10 9,9 11,705 0,766	48.0.10	120,06	10,09	9,94	7,71	0,6403	24,1	4981,74	
48.0.13 119,98 10,11 9,96 8,113 0,6715 24,4 4917,21 48.0.14 120,11 10,12 9,95 8,092 0,6691 25,3 4747,43 48.0.15 120,08 9,99 9,98 13,796 0,9277 13,3 4808,95 50.1.2 150,52 9,99 9,87 12,208 0,8364 30,5 4938,36 50.1.2.4 150,32 9,93 9,67 12,97 0,8986 32,3 4653,87 FA 50.10.4 150,66 9,97 9,97 11,37 0,7592 31,7 4752,68 FA 50.10.7 150,5 10 9,9 11,705 0,7856 29,3 5136,52 50.9.8 120,75 9,97 9,93 11,81 0,9269 24,3 4869,14 50.10.7 150,58 9,97 9,93 11,081 0,9269 24,3 4506,52 50.9.8 120,75 9,97 9,93 10,01 10,926	48.0.11	119,98	10,08	9,94	7,779	0,6471	24,4	4917,21	
48.0.14 120,11 10,12 9,95 8,092 0,6691 25,3 4747,43 48.0.15 120,08 9,99 9,93 7,683 0,6450 24,1 4982,57 50.3.1 150,52 9,99 9,89 13,796 0,9277 31,3 4800,95 50.10.3 150,62 9,99 9,7 12,208 0,8364 30,5 4938,36 50.12.4 150,32 9,93 9,67 12,97 0,8986 32,3 4665,87 FA 50.10.4 150,66 9,97 19,98 11,648 0,7721 32,7 4609,17 FA 50.10.7 150,5 10 9,9 11,705 0,7856 29,3 5136,52 50.9.8 120,75 9,97 9,93 11,081 0,9269 24,3 4969,14 50.9.9 120,64 10,04 9,88 10,31 0,9269 25,5 4730,98 51.99.1 150,89 9,8 10,1 10,537 0,7055	48.0.12	120,12	10,04	9,93	7,826	0,6535	24,6	4882,93	
48.0.15 120,08 9,99 9,93 7,683 0,6450 24,1 4982,57 50.3.1 150,52 9,99 9,89 13,796 0,9277 31,3 4808,95 50.1.2 150,72 10,4 9,63 12,939 0,8572 29 5197,24 50.12.4 150,32 9,93 9,67 12,908 0,8364 30,5 4938,36 50.12.4 150,32 9,93 9,67 12,907 0,8986 32,3 4653,87 FA 50.10.6 150,66 9,97 9,97 11,37 0,7592 31,7 4762,68 FA 50.10.7 150,5 10 9,9 11,705 0,7856 29,3 5136,52 50.10.7 150,68 9,97 10,1 0,962 24,3 4969,14 50.10.7 150,68 9,97 10,1 10,537 0,7055 28,2 5350,71 51.99.1 150,68 9,97 10,16 9,942 0,6514 27,2	48.0.13	119,98	10,11	9,96	8,113	0,6715	24,4	4917,21	
50.3.1 150,52 9,99 9,88 13,796 0,9277 31,3 4808,95 50.1.2 150,72 10,4 9,63 12,939 0,8572 29 5197,24 50.10.3 150,62 9,99 9,7 12,208 0,8364 30,5 4938,36 50.12.4 150,32 9,93 9,67 12,97 0,8986 32,3 4653,87 FA 50.10.6 150,66 9,97 9,97 11,37 0,7592 31,7 4609,17 FA 50.10.7 150,5 10 9,9 11,705 0,7856 29,3 5136,52 50.9.8 120,75 9,97 9,93 11,081 0,9269 24,3 4969,14 50.9.8 120,75 9,97 9,93 11,081 0,9269 24,3 4969,14 50.9.9 120,081 10,01 9,942 0,6514 27,2 5350,71 51.9.9.4 150,68 9,97 10,16 9,942 0,6514 27,2	48.0.14	120,11	10,12	9,95	8,092	0,6691	25,3	4747,43	
50.1.2 150,72 10,4 9,63 12,939 0,8572 29 5197,24 50.10.3 150,62 9,99 9,7 12,208 0,8364 30,5 4938,36 50.12.4 150,32 9,93 9,67 12,97 0,8886 32,3 4653,87 FA 50.4.5 150,72 10,03 9,98 11,648 0,7721 32,7 4609,17 FA 50.10.6 150,66 9,97 9,97 11,37 0,7592 31,7 4752,68 FA 50.10.7 150,66 9,97 9,93 11,081 0,9269 24,3 4969,14 50.9.8 120,75 9,97 9,93 11,081 0,9269 24,3 4969,14 50.9.9 120,64 10,04 9,88 10,315 0,8620 25,5 4730,98 51.99.1 150,68 9,97 10,16 9,942 0,6514 27,2 5539,71 51.2.9 150,67 9,99 10,03 10,925	48.0.15	120,08	9,99	9,93	7,683	0,6450	24,1	4982,57	
50.10.3 150.62 9,99 9,7 12,208 0,8364 30,5 4938,36 FA 50.12.4 150,32 9,93 9,67 12,97 0,8986 32,3 4653,87 FA 50.10.6 150,66 9,97 9,97 11,37 0,7592 31,7 4752,68 FA 50.10.7 150,5 10 9,9 11,705 0,7656 29,3 5136,52 50.9.8 120,75 9,97 9,93 11,081 0,9269 24,3 4969,14 50.4.9 120,64 10,04 9,88 10,315 0,8620 25,5 4730,98 51.99.1 150,89 9,8 10,1 10,537 0,7055 28,2 5350,71 51.5.2 150,73 9,96 10,1 10,942 0,7216 30 5024,33 kl Fehler hirn. 51.5.5 150,67 9,99 10,03 10,925 0,7236 28,7 5248,93 51.5.5 150,77 10,06 10,04 <td>50.3.1</td> <td>150,52</td> <td>9,99</td> <td>9,89</td> <td>13,796</td> <td>0,9277</td> <td>31,3</td> <td>4808,95</td> <td></td>	50.3.1	150,52	9,99	9,89	13,796	0,9277	31,3	4808,95	
50.12.4 150,32 9,93 9,67 12,97 0,8986 32,3 4653,87 FA 50.4.5 150,72 10,03 9,98 11,648 0,7721 32,7 4609,17 FA 50.10.6 150,66 9,97 9,97 11,37 0,7592 31,7 4752,68 FA 50.9.8 120,75 9,97 9,93 11,081 0,9269 24,3 4969,14 50.4.9 120,64 10,04 9,88 10,315 0,8620 25,5 4730,98 51.9.9.1 150,89 9,8 10,1 10,942 0,7216 30 5024,33 kl Fehler him. 51.5.2 150,73 9,96 10,1 10,942 0,7216 30 5024,33 kl Fehler him. 51.5.5 150,68 9,97 10,16 9,942 0,6514 27,2 5539,71 51.2.3 150,68 9,97 10,16 9,967 0,6316 27,5 5482,91 51.2.1 120,71 <t< td=""><td>50.1.2</td><td>150,72</td><td>10,4</td><td>9,63</td><td>12,939</td><td>0,8572</td><td>29</td><td>5197,24</td><td></td></t<>	50.1.2	150,72	10,4	9,63	12,939	0,8572	29	5197,24	
50.4.5 150,72 10,03 9,98 11,648 0,7721 32,7 4609,17 FA 50.10.6 150,66 9,97 9,97 11,37 0,7592 31,7 4752,68 FA 50.10.7 150,5 10 9,9 11,705 0,7856 29,3 5136,52 50.9.8 120,75 9,97 9,93 11,081 0,9269 24,3 4969,14 50.4.9 120,64 10,04 9,88 10,1 10,537 0,7055 28,2 5350,71 51.99.1 150,89 9,8 10,1 10,537 0,7216 30 5024,33 kl Fehler him. 51.5.2 150,73 9,96 10,1 10,942 0,6514 27,5 5482,91 51.5.5 150,66 9,97 10,16 9,942 0,6514 27,5 5482,91 51.5.5 150,67 9,99 10,03 10,925 0,7236 28,7 5249,83 51.5.6 120,74 10,06 10,44<	50.10.3	150,62	9,99	9,7	12,208	0,8364	30,5	4938,36	
50.10.6 150,66 9,97 9,97 11,37 0,7592 31,7 4752,68 FA 50.10.7 150,5 10 9,9 11,705 0,7856 29,3 5136,52 50.9.8 120,75 9,97 9,93 11,081 0,9269 24,3 4969,14 50.4.9 120,64 10,04 9,88 10,315 0,8620 25,5 4730,98 51.9.9.1 150,89 9,8 10,1 10,537 0,7055 28,2 5350,71 51.2.3 150,68 9,97 10,16 9,942 0,6514 27,2 5539,71 51.5.5 150,67 9,99 10,03 10,925 0,7236 28,7 5249,83 51.5.6 120,78 10,01 9,75 8,496 0,7207 23,6 5117,80 51.2.7 120,71 10,06 10,04 8,089 0,6635 22,6 5341,15 51.2.8 120,69 9,96 9,86 7,712 0,6507 22,7	50.12.4	150,32	9,93	9,67	12,97	0,8986	32,3	4653,87	FA
50.10.7 150,5 10 9,9 11,705 0,7856 29,3 5136,52 50.9.8 120,75 9,97 9,93 11,081 0,9269 24,3 4969,14 50.4.9 120,64 10,04 9,88 10,315 0,8620 25,5 4730,98 51.99.1 150,89 9,8 10,1 10,537 0,7055 28,2 5350,71 51.5.2 150,73 9,96 10,1 10,942 0,6614 27,2 5539,71 51.99.4 150,68 9,97 10,16 9,676 0,6316 27,5 5482,91 51.5.5 150,67 9,99 10,03 10,925 0,7236 28,7 5249,83 51.5.6 120,78 10,01 9,75 8,496 0,7207 23,6 511,80 51.2.8 120,67 9,96 9,86 7,712 0,6507 22,7 5316,74 51.2.9 120,84 9,95 9,82 8,01 0,6784 22 5492,73	50.4.5	150,72	10,03	9,98	11,648	0,7721	32,7	4609,17	FA
50.9.8 120,75 9,97 9,93 11,081 0,9269 24,3 4969,14 50.4.9 120,64 10,04 9,88 10,315 0,8620 25,5 4730,98 51.99.1 150,89 9,8 10,1 10,537 0,7055 28,2 5350,71 51.5.2 150,73 9,96 10,1 10,942 0,6514 27,2 5539,71 51.2.3 150,68 9,97 10,16 9,942 0,6514 27,2 5539,71 51.99.4 150,78 10 10,16 9,676 0,6316 27,5 5482,91 51.5.5 150,67 9,99 10,03 10,925 0,7236 28,7 5249,83 51.5.6 120,78 10,01 9,75 8,496 0,7207 23,6 5117,80 51.2.8 120,69 9,96 9,86 7,712 0,6507 22,7 5316,74 51.2.9 120,84 9,95 9,82 8,01 0,6784 22 5492,73 <td>50.10.6</td> <td>150,66</td> <td>9,97</td> <td>9,97</td> <td>11,37</td> <td>0,7592</td> <td>31,7</td> <td>4752,68</td> <td>FA</td>	50.10.6	150,66	9,97	9,97	11,37	0,7592	31,7	4752,68	FA
50.4.9 120,64 10,04 9,88 10,315 0,8620 25,5 4730,98 51.99.1 150,89 9,8 10,1 10,537 0,7055 28,2 5350,71 51.5.2 150,73 9,96 10,1 10,942 0,7216 30 5024,33 kl Fehler hirn. 51.2.3 150,68 9,97 10,16 9,942 0,6514 27,2 5539,71 51.99.4 150,78 10 10,16 9,676 0,6316 27,5 5482,91 51.5.6 120,78 10,01 9,75 8,496 0,7207 23,6 5117,80 51.2.7 120,71 10,06 10,04 8,089 0,6635 22,6 5341,15 51.2.8 120,69 9,96 9,86 7,712 0,6507 22,7 5316,74 51.2.9 120,84 9,95 9,82 8,01 0,6784 22 5492,73 52.4.1 149,75 10,1 10,25 8,833 0,5698 37	50.10.7	150,5	10	9,9	11,705	0,7856	29,3	5136,52	
51.99.1 150,89 9,8 10,1 10,537 0,7055 28,2 5350,71 51.5.2 150,73 9,96 10,1 10,942 0,7216 30 5024,33 kl Fehler hirn. 51.2.3 150,68 9,97 10,16 9,942 0,6514 27,2 5539,71 51.99.4 150,78 10 10,16 9,676 0,6316 27,5 5482,91 51.5.6 120,78 10,01 9,75 8,496 0,7207 23,6 5117,80 51.2.7 120,71 10,06 10,04 8,089 0,6635 22,6 5341,15 51.2.8 120,69 9,96 9,86 7,712 0,6507 22,7 5316,74 51.2.9 120,84 9,95 9,82 8,01 0,6784 22 5492,73 52.4.1 149,71 10,06 10,44 9,172 0,5833 34 4403,24 52.4.2 149,75 10,1 10,25 8,833 0,5698 37,1	50.9.8	120,75	9,97	9,93	11,081	0,9269	24,3	4969,14	
51.5.2 150,73 9,96 10,1 10,942 0,7216 30 5024,33 kl Fehler hirn. 51.2.3 150,68 9,97 10,16 9,942 0,6514 27,2 5539,71 51.99.4 150,78 10 10,16 9,676 0,6316 27,5 5482,91 51.5.5 150,67 9,99 10,03 10,925 0,7236 28,7 5249,83 51.5.6 120,78 10,01 9,75 8,496 0,7207 23,6 5117,80 51.2.7 120,71 10,06 10,04 8,089 0,6635 22,6 5341,15 51.2.8 120,69 9,96 9,86 7,712 0,6507 22,7 5316,74 51.2.9 120,84 9,95 9,82 8,01 0,6784 22 5492,73 52.4.1 149,71 10,06 10,44 9,172 0,5833 34 4403,24 52.4.2 149,75 10,1 10,25 8,833 0,5698 37,	50.4.9	120,64	10,04	9,88	10,315	0,8620	25,5	4730,98	
51.2.3 150,68 9,97 10,16 9,942 0,6514 27,2 5539,71 51.99.4 150,78 10 10,16 9,676 0,6316 27,5 5482,91 51.5.5 150,67 9,99 10,03 10,925 0,7236 28,7 5249,83 51.5.6 120,73 10,01 9,75 8,496 0,7207 23,6 5117,80 51.2.7 120,71 10,06 10,04 8,089 0,6635 22,6 5341,15 51.2.8 120,69 9,96 9,86 7,712 0,6507 22,7 5316,74 51.2.9 120,84 9,95 9,82 8,01 0,6784 22 5492,73 52.4.1 149,71 10,06 10,44 9,172 0,5833 34 4403,24 52.4.2 149,75 10,1 10,25 8,833 0,5698 37,1 4036,39 sehr fein 52.4.3 149,68 10,41 9,81 8,674 0,5675 33 4535	51.99.1	150,89	9,8	10,1	10,537	0,7055	28,2	5350,71	
51.99.4 150,78 10 10,16 9,676 0,6316 27,5 5482,91 51.5.5 150,67 9,99 10,03 10,925 0,7236 28,7 5249,83 51.5.6 120,78 10,01 9,75 8,496 0,7207 23,6 5117,80 51.2.7 120,71 10,06 10,04 8,089 0,6635 22,6 5341,15 51.2.8 120,69 9,96 9,86 7,712 0,6507 22,7 5316,74 51.2.9 120,84 9,95 9,82 8,01 0,6784 22 5492,73 52.4.1 149,71 10,06 10,44 9,172 0,5833 34 4403,24 52.4.2 149,75 10,1 10,25 8,833 0,5698 37,1 4036,39 sehr fein 52.4.3 149,68 10,41 9,81 8,674 0,5675 33 4535,76 Geriegelt 52.4.5 149,83 10,32 9,71 9,231 0,6148	51.5.2	150,73	9,96	10,1	10,942	0,7216	30	5024,33	kl Fehler hirn.
51.5.5 150,67 9,99 10,03 10,925 0,7236 28,7 5249,83 51.5.6 120,78 10,01 9,75 8,496 0,7207 23,6 5117,80 51.2.7 120,71 10,06 10,04 8,089 0,6635 22,6 5341,15 51.2.8 120,69 9,96 9,86 7,712 0,6507 22,7 5316,74 51.2.9 120,84 9,95 9,82 8,01 0,6784 22 5492,73 52.4.1 149,71 10,06 10,44 9,172 0,5833 34 4403,24 52.4.2 149,75 10,1 10,25 8,833 0,5698 37,1 4036,39 sehr fein 52.4.3 149,68 10,41 9,81 8,674 0,5675 33 4535,76 Geriegelt 52.4.5 149,83 10,32 9,71 9,231 0,6148 36 4161,94 sehr fein 53.9.1 150,76 9,99 10,15 12,	51.2.3	150,68	9,97	10,16	9,942	0,6514	27,2	5539,71	
51.5.6 120,78 10,01 9,75 8,496 0,7207 23,6 5117,80 51.2.7 120,71 10,06 10,04 8,089 0,6635 22,6 5341,15 51.2.8 120,69 9,96 9,86 7,712 0,6507 22,7 5316,74 51.2.9 120,84 9,95 9,82 8,01 0,6784 22 5492,73 52.4.1 149,71 10,06 10,44 9,172 0,5833 34 4403,24 52.4.2 149,75 10,1 10,25 8,833 0,5698 37,1 4036,39 sehr fein 52.4.3 149,68 10,41 9,81 8,674 0,5675 33 4535,76 Geriegelt 52.4.4 149,77 10,45 9,79 8,869 0,5788 35,5 4218,87 Geriegelt 53.9.1 150,76 9,99 10,15 12,865 0,8416 31,9 4726,02 kl Ast 53.8.4 150,57 9,89	51.99.4	150,78	10	10,16	9,676	0,6316	27,5	5482,91	
51.2.7 120,71 10,06 10,04 8,089 0,6635 22,6 5341,15 51.2.8 120,69 9,96 9,86 7,712 0,6507 22,7 5316,74 51.2.9 120,84 9,95 9,82 8,01 0,6784 22 5492,73 52.4.1 149,71 10,06 10,44 9,172 0,5833 34 4403,24 52.4.2 149,75 10,1 10,25 8,833 0,5698 37,1 4036,39 sehr fein 52.4.3 149,68 10,41 9,81 8,674 0,5675 33 4535,76 Geriegelt 52.4.4 149,77 10,45 9,79 8,869 0,5788 35,5 4218,87 Geriegelt 52.4.5 149,83 10,32 9,71 9,231 0,6148 36 4161,94 sehr fein 53.9.1 150,76 9,99 10,15 12,865 0,8416 31,9 4726,02 kl Ast 53.8.5 150,57 <	51.5.5	150,67	9,99	10,03	10,925	0,7236	28,7	5249,83	
51.2.8 120,69 9,96 9,86 7,712 0,6507 22,7 5316,74 51.2.9 120,84 9,95 9,82 8,01 0,6784 22 5492,73 52.4.1 149,71 10,06 10,44 9,172 0,5833 34 4403,24 52.4.2 149,75 10,1 10,25 8,833 0,5698 37,1 4036,39 sehr fein 52.4.3 149,68 10,41 9,81 8,674 0,5675 33 4535,76 Geriegelt 52.4.4 149,77 10,45 9,79 8,869 0,5788 35,5 4218,87 Geriegelt 52.4.5 149,83 10,32 9,71 9,231 0,6148 36 4161,94 sehr fein 53.9.1 150,76 9,99 10,15 12,865 0,8416 31,9 4726,02 kl Ast 53.8.4 150,57 9,89 9,99 12,424 0,8351 33,1 4548,94 53.8.5 150,34 <t< td=""><td>51.5.6</td><td>120,78</td><td>10,01</td><td>9,75</td><td>8,496</td><td>0,7207</td><td>23,6</td><td>5117,80</td><td></td></t<>	51.5.6	120,78	10,01	9,75	8,496	0,7207	23,6	5117,80	
51.2.9 120,84 9,95 9,82 8,01 0,6784 22 5492,73 52.4.1 149,71 10,06 10,44 9,172 0,5833 34 4403,24 52.4.2 149,75 10,1 10,25 8,833 0,5698 37,1 4036,39 sehr fein 52.4.3 149,68 10,41 9,81 8,674 0,5675 33 4535,76 Geriegelt 52.4.4 149,77 10,45 9,79 8,869 0,5788 35,5 4218,87 Geriegelt 52.4.5 149,83 10,32 9,71 9,231 0,6148 36 4161,94 sehr fein 53.9.1 150,76 9,99 10,15 12,865 0,8416 31,9 4726,02 kl Ast 53.9.3 150,52 10 10,35 13,896 0,8920 32,2 4674,53 53.8.4 150,57 9,89 9,99 12,424 0,8351 33,1 4548,94 53.9.10 150,66 <	51.2.7	120,71	10,06	10,04	8,089	0,6635	22,6	5341,15	
52.4.1 149,71 10,06 10,44 9,172 0,5833 34 4403,24 52.4.2 149,75 10,1 10,25 8,833 0,5698 37,1 4036,39 sehr fein 52.4.3 149,68 10,41 9,81 8,674 0,5675 33 4535,76 Geriegelt 52.4.4 149,77 10,45 9,79 8,869 0,5788 35,5 4218,87 Geriegelt 52.4.5 149,83 10,32 9,71 9,231 0,6148 36 4161,94 sehr fein 53.9.1 150,76 9,99 10,15 12,865 0,8416 31,9 4726,02 kl Ast 53.9.3 150,52 10 10,35 13,896 0,8920 32,2 4674,53 53.8.4 150,57 9,89 9,99 12,424 0,8351 33,1 4548,94 53.8.5 150,44 10,07 10,26 12,822 0,8251 33,2 4530,12 53.9.10 150,66 10 10,13 13,156 0,8620 <td>51.2.8</td> <td>120,69</td> <td>9,96</td> <td>9,86</td> <td>7,712</td> <td>0,6507</td> <td>22,7</td> <td>5316,74</td> <td></td>	51.2.8	120,69	9,96	9,86	7,712	0,6507	22,7	5316,74	
52.4.2 149,75 10,1 10,25 8,833 0,5698 37,1 4036,39 sehr fein 52.4.3 149,68 10,41 9,81 8,674 0,5675 33 4535,76 Geriegelt 52.4.4 149,77 10,45 9,79 8,869 0,5788 35,5 4218,87 Geriegelt 52.4.5 149,83 10,32 9,71 9,231 0,6148 36 4161,94 sehr fein 53.9.1 150,76 9,99 10,15 12,865 0,8416 31,9 4726,02 kl Ast 53.9.3 150,52 10 10,35 13,896 0,8920 32,2 4674,53 53.8.4 150,57 9,89 9,99 12,424 0,8351 33,1 4548,94 53.8.5 150,34 10,02 10,22 12,625 0,8217 32,3 4654,49 kl Ast 53.8.12 150,46 9,95 9,99 11,895 0,7954 32,5 4629,23 53.8.13	51.2.9	120,84	9,95	9,82	8,01	0,6784	22	5492,73	
52.4.3 149,68 10,41 9,81 8,674 0,5675 33 4535,76 Geriegelt 52.4.4 149,77 10,45 9,79 8,869 0,5788 35,5 4218,87 Geriegelt 52.4.5 149,83 10,32 9,71 9,231 0,6148 36 4161,94 sehr fein 53.9.1 150,76 9,99 10,15 12,865 0,8416 31,9 4726,02 kl Ast 53.9.3 150,52 10 10,35 13,896 0,8920 32,2 4674,53 53.8.4 150,57 9,89 9,99 12,424 0,8351 33,1 4548,94 53.8.5 150,34 10,02 10,2 12,625 0,8217 32,3 4654,49 kl Ast 53.9.10 150,66 10 10,13 13,156 0,8620 33,4 4510,78 leichte FA 53.8.12 150,45 9,95 9,99 11,895 0,7954 32,5 4629,23 53.13.14	52.4.1	149,71	10,06	10,44	9,172	0,5833	34	4403,24	
52.4.4 149,77 10,45 9,79 8,869 0,5788 35,5 4218,87 Geriegelt 52.4.5 149,83 10,32 9,71 9,231 0,6148 36 4161,94 sehr fein 53.9.1 150,76 9,99 10,15 12,865 0,8416 31,9 4726,02 kl Ast 53.9.3 150,52 10 10,35 13,896 0,8920 32,2 4674,53 53.8.4 150,57 9,89 9,99 12,424 0,8351 33,1 4548,94 53.8.5 150,34 10,02 10,2 12,625 0,8217 32,3 4654,49 kl Ast 53.8.6 150,4 10,07 10,26 12,822 0,8251 33,2 4530,12 53.9.10 150,66 10 10,13 13,156 0,8620 33,4 4510,78 leichte FA 53.8.13 150,46 10,05 10,23 12,716 0,8220 33,1 4545,62 kl Ast 53.9.15	52.4.2	149,75	10,1	10,25	8,833	0,5698	37,1	4036,39	sehr fein
52.4.5 149,83 10,32 9,71 9,231 0,6148 36 4161,94 sehr fein 53.9.1 150,76 9,99 10,15 12,865 0,8416 31,9 4726,02 kl Ast 53.9.3 150,52 10 10,35 13,896 0,8920 32,2 4674,53 53.8.4 150,57 9,89 9,99 12,424 0,8351 33,1 4548,94 53.8.5 150,34 10,02 10,2 12,625 0,8217 32,3 4654,49 kl Ast 53.8.6 150,4 10,07 10,26 12,822 0,8251 33,2 4530,12 53.9.10 150,66 10 10,13 13,156 0,8620 33,4 4510,78 leichte FA 53.8.12 150,45 9,95 9,99 11,895 0,7954 32,5 4629,23 53.8.13 150,46 10,05 10,23 12,716 0,8220 33,1 4545,62 kl Ast 53.9.15 150,56 10,06 10,14 12,883 0,83	52.4.3	149,68	10,41	9,81	8,674	0,5675	33	4535,76	Geriegelt
53.9.1 150,76 9,99 10,15 12,865 0,8416 31,9 4726,02 kl Ast 53.9.3 150,52 10 10,35 13,896 0,8920 32,2 4674,53 53.8.4 150,57 9,89 9,99 12,424 0,8351 33,1 4548,94 53.8.5 150,34 10,02 10,2 12,625 0,8217 32,3 4654,49 kl Ast 53.8.6 150,4 10,07 10,26 12,822 0,8251 33,2 4530,12 53.9.10 150,66 10 10,13 13,156 0,8620 33,4 4510,78 leichte FA 53.8.12 150,45 9,95 9,99 11,895 0,7954 32,5 4629,23 53.8.13 150,46 10,05 10,23 12,716 0,8220 33,1 4545,62 kl Ast 53.9.15 150,56 10,06 10,14 12,883 0,8388 33 4562,42 55.4.1 150,64 9,99 10,04 8,469 0,5605 33,2 4537,35 kl Ast	52.4.4	149,77	10,45	9,79	8,869	0,5788	35,5	4218,87	Geriegelt
53.9.3 150,52 10 10,35 13,896 0,8920 32,2 4674,53 53.8.4 150,57 9,89 9,99 12,424 0,8351 33,1 4548,94 53.8.5 150,34 10,02 10,2 12,625 0,8217 32,3 4654,49 kl Ast 53.8.6 150,4 10,07 10,26 12,822 0,8251 33,2 4530,12 53.9.10 150,66 10 10,13 13,156 0,8620 33,4 4510,78 leichte FA 53.8.12 150,45 9,95 9,99 11,895 0,7954 32,5 4629,23 53.8.13 150,46 10,05 10,23 12,716 0,8220 33,1 4545,62 kl Ast 53.13.14 150,53 10,08 10,07 10,855 0,7104 32,3 4660,37 leichte FA 53.9.15 150,56 10,06 10,14 12,883 0,8388 33 4562,42 55.4.2 150,55 10,02 10,06 9,098 0,5605 33,2 4537,35 kl Ast <	52.4.5	149,83	10,32	9,71	9,231	0,6148	36	4161,94	sehr fein
53.8.4 150,57 9,89 9,99 12,424 0,8351 33,1 4548,94 53.8.5 150,34 10,02 10,2 12,625 0,8217 32,3 4654,49 kl Ast 53.8.6 150,4 10,07 10,26 12,822 0,8251 33,2 4530,12 53.9.10 150,66 10 10,13 13,156 0,8620 33,4 4510,78 leichte FA 53.8.12 150,45 9,95 9,99 11,895 0,7954 32,5 4629,23 53.8.13 150,46 10,05 10,23 12,716 0,8220 33,1 4545,62 kl Ast 53.9.15 150,53 10,08 10,07 10,855 0,7104 32,3 4660,37 leichte FA 53.9.15 150,56 10,06 10,14 12,883 0,8388 33 4562,42 55.4.1 150,64 9,99 10,04 8,469 0,5605 33,2 4537,35 kl Ast 55.4.2 150,55 10,02 10,06 9,098 0,5995 36,3 4147,38 gr As	53.9.1	150,76	9,99	10,15	12,865	0,8416	31,9	4726,02	kl Ast
53.8.5 150,34 10,02 10,2 12,625 0,8217 32,3 4654,49 kl Ast 53.8.6 150,4 10,07 10,26 12,822 0,8251 33,2 4530,12 53.9.10 150,66 10 10,13 13,156 0,8620 33,4 4510,78 leichte FA 53.8.12 150,45 9,95 9,99 11,895 0,7954 32,5 4629,23 53.8.13 150,46 10,05 10,23 12,716 0,8220 33,1 4545,62 kl Ast 53.13.14 150,53 10,08 10,07 10,855 0,7104 32,3 4660,37 leichte FA 53.9.15 150,56 10,06 10,14 12,883 0,8388 33 4562,42 55.4.1 150,64 9,99 10,04 8,469 0,5605 33,2 4537,35 kl Ast 55.4.2 150,55 10,02 10,06 9,098 0,5995 36,3 4147,38 gr Ast 55.2.4 150,41 9,9 9,99 10,49 0,7052 32,6 4613,80	53.9.3	150,52	10	10,35	13,896	0,8920	32,2	4674,53	
53.8.6 150,4 10,07 10,26 12,822 0,8251 33,2 4530,12 53.9.10 150,66 10 10,13 13,156 0,8620 33,4 4510,78 leichte FA 53.8.12 150,45 9,95 9,99 11,895 0,7954 32,5 4629,23 53.8.13 150,46 10,05 10,23 12,716 0,8220 33,1 4545,62 kl Ast 53.13.14 150,53 10,08 10,07 10,855 0,7104 32,3 4660,37 leichte FA 53.9.15 150,56 10,06 10,14 12,883 0,8388 33 4562,42 55.4.1 150,64 9,99 10,04 8,469 0,5605 33,2 4537,35 kl Ast 55.4.2 150,55 10,02 10,06 9,098 0,5995 36,3 4147,38 gr Ast 55.4.3 150,58 10,06 10,07 11,144 0,7305 38,4 3921,35 gr Ast 55.2.4 150,41 9,9 9,99 10,49 0,7052 32,6 4613,8	53.8.4	150,57	9,89	9,99	12,424	0,8351	33,1	4548,94	
53.9.10 150,66 10 10,13 13,156 0,8620 33,4 4510,78 leichte FA 53.8.12 150,45 9,95 9,99 11,895 0,7954 32,5 4629,23 53.8.13 150,46 10,05 10,23 12,716 0,8220 33,1 4545,62 kl Ast 53.13.14 150,53 10,08 10,07 10,855 0,7104 32,3 4660,37 leichte FA 53.9.15 150,56 10,06 10,14 12,883 0,8388 33 4562,42 55.4.1 150,64 9,99 10,04 8,469 0,5605 33,2 4537,35 kl Ast 55.4.2 150,55 10,02 10,06 9,098 0,5995 36,3 4147,38 gr Ast 55.4.3 150,58 10,06 10,07 11,144 0,7305 38,4 3921,35 gr Ast 55.2.4 150,41 9,9 9,99 10,49 0,7052 32,6 4613,80 FA	53.8.5	150,34	10,02	10,2	12,625	0,8217	32,3	4654,49	kl Ast
53.8.12 150,45 9,95 9,99 11,895 0,7954 32,5 4629,23 53.8.13 150,46 10,05 10,23 12,716 0,8220 33,1 4545,62 kl Ast 53.13.14 150,53 10,08 10,07 10,855 0,7104 32,3 4660,37 leichte FA 53.9.15 150,56 10,06 10,14 12,883 0,8388 33 4562,42 55.4.1 150,64 9,99 10,04 8,469 0,5605 33,2 4537,35 kl Ast 55.4.2 150,55 10,02 10,06 9,098 0,5995 36,3 4147,38 gr Ast 55.4.3 150,58 10,06 10,07 11,144 0,7305 38,4 3921,35 gr Ast 55.2.4 150,41 9,9 9,99 10,49 0,7052 32,6 4613,80 FA	53.8.6	150,4	10,07	10,26	12,822	0,8251	33,2	4530,12	
53.8.13 150,46 10,05 10,23 12,716 0,8220 33,1 4545,62 kl Ast 53.13.14 150,53 10,08 10,07 10,855 0,7104 32,3 4660,37 leichte FA 53.9.15 150,56 10,06 10,14 12,883 0,8388 33 4562,42 55.4.1 150,64 9,99 10,04 8,469 0,5605 33,2 4537,35 kl Ast 55.4.2 150,55 10,02 10,06 9,098 0,5995 36,3 4147,38 gr Ast 55.4.3 150,58 10,06 10,07 11,144 0,7305 38,4 3921,35 gr Ast 55.2.4 150,41 9,9 9,99 10,49 0,7052 32,6 4613,80 FA	53.9.10	150,66	10	10,13	13,156	0,8620	33,4	4510,78	leichte FA
53.13.14 150,53 10,08 10,07 10,855 0,7104 32,3 4660,37 leichte FA 53.9.15 150,56 10,06 10,14 12,883 0,8388 33 4562,42 55.4.1 150,64 9,99 10,04 8,469 0,5605 33,2 4537,35 kl Ast 55.4.2 150,55 10,02 10,06 9,098 0,5995 36,3 4147,38 gr Ast 55.4.3 150,58 10,06 10,07 11,144 0,7305 38,4 3921,35 gr Ast 55.2.4 150,41 9,9 9,99 10,49 0,7052 32,6 4613,80 FA	53.8.12	150,45	9,95	9,99	11,895	0,7954	32,5	4629,23	
53.9.15 150,56 10,06 10,14 12,883 0,8388 33 4562,42 55.4.1 150,64 9,99 10,04 8,469 0,5605 33,2 4537,35 kl Ast 55.4.2 150,55 10,02 10,06 9,098 0,5995 36,3 4147,38 gr Ast 55.4.3 150,58 10,06 10,07 11,144 0,7305 38,4 3921,35 gr Ast 55.2.4 150,41 9,9 9,99 10,49 0,7052 32,6 4613,80 FA	53.8.13	150,46	10,05	10,23	12,716	0,8220	33,1	4545,62	kl Ast
55.4.1 150,64 9,99 10,04 8,469 0,5605 33,2 4537,35 kl Ast 55.4.2 150,55 10,02 10,06 9,098 0,5995 36,3 4147,38 gr Ast 55.4.3 150,58 10,06 10,07 11,144 0,7305 38,4 3921,35 gr Ast 55.2.4 150,41 9,9 9,99 10,49 0,7052 32,6 4613,80 FA	53.13.14	150,53	10,08	10,07	10,855	0,7104	32,3	4660,37	leichte FA
55.4.2 150,55 10,02 10,06 9,098 0,5995 36,3 4147,38 gr Ast 55.4.3 150,58 10,06 10,07 11,144 0,7305 38,4 3921,35 gr Ast 55.2.4 150,41 9,9 9,99 10,49 0,7052 32,6 4613,80 FA	53.9.15	150,56	10,06	10,14	12,883	0,8388	33	4562,42	
55.4.2 150,55 10,02 10,06 9,098 0,5995 36,3 4147,38 gr Ast 55.4.3 150,58 10,06 10,07 11,144 0,7305 38,4 3921,35 gr Ast 55.2.4 150,41 9,9 9,99 10,49 0,7052 32,6 4613,80 FA	55.4.1	150,64	9,99	10,04	8,469	0,5605	33,2	4537,35	kl Ast
55.2.4 150,41 9,9 9,99 10,49 0,7052 32,6 4613,80 FA	55.4.2	150,55	10,02	10,06	9,098	0,5995	36,3	4147,38	gr Ast
	55.4.3	150,58	10,06	10,07	11,144	0,7305	38,4	3921,35	gr Ast
55.2.5 150,47 10,03 10 9,579 0,6347 33,8 4451,78 FA Ast	55.2.4	150,41	9,9	9,99	10,49	0,7052	32,6	4613,80	FA
	55.2.5	150,47	10,03	10	9,579	0,6347	33,8	4451,78	FA Ast

56.99.1	120,49	9,96	9,96	7,325	0,6128	24,9	4838,96	
56.99.2	120,34	9,92	9,86	7,293	0,6196	24,9	4832,93	
56.99.3	120,39	9,85	9,89	7,177	0,6120	25,9	4648,26	
56.99.4	120,46	9,87	9,88	7,382	0,6284	25,3	4761,26	
56.99.5	120,48	10,05	10,06	9,279	0,7618	20,4	5905,88	
56.99.6	120,46	10,08	10,04	9,483	0,7779	20,7	5819,32	
56.99.7	120,23	10,04	9,98	9,18	0,7620	20,6	5836,41	
56.99.8	120,3	10,05	9,99	9,336	0,7730	21,4	5621,50	
56.99.9	120,51	9,82	9,91	8,018	0,6837	27,6	4366,30	
56.99.10	120,33	9,97	9,99	7,789	0,6499	26,2	4592,75	
57.99.1	152,39	10,11	9,95	8,801	0,5741	29,6	5148,31	
57.99.2	152,1	10,13	9,94	8,794	0,5742	29,9	5086,96	
57.99.3	151,63	10,11	9,93	8,753	0,5750	29,2	5192,81	
57.99.4	151,2	9,98	9,94	8,767	0,5845	29,5	5125,42	
57.99.5	150,71	10,11	9,98	8,87	0,5833	29,5	5108,81	
57.99.6	150,23	10,11	9,95	8,777	0,5808	30	5007,67	
58.0.1	150,35	10,02	10	8,889	0,5900	25,9	5805,02	
58.0.2	150,32	9,89	9,97	7,818	0,5275	26,2	5737,40	
58.0.3	150,23	10,01	10,08	8,012	0,5286	26,8	5605,60	
58.0.4	150,2	10,12	9,99	9,125	0,6009	27,1	5542,44	
60.1.1	150,68	10,08	10,04	8,319	0,5455	33,4	4511,38	kl Ast
60.1.2	150,6	10,02	10,03	11,794	0,7792	31,5	4780,95	Ast FA
60.1.3	150,72	10,03	10,01	11,604	0,7668	32,2	4680,75	Splint und Kern
60.1.4	150,64	10,01	10,01	11,606	0,7689	35,8	4207,82	S größer K
60.1.5	150,6	10,03	10,06	11,735	0,7723	34,2	4403,51	FA Kern
60.1.6	150,57	10	10	12,129	0,8055	32,2	4676,09	FA Kern
60.1.7	150,59	10	10,04	12,536	0,8291	34,9	4314,90	Kern
60.1.8	150,68	9,99	10,02	12,041	0,7983	33,3	4524,92	Ast FA S u. K
60.1.9	120,64	10,05	10,11	10,066	0,8212	28,1	4293,24	Splint und Kern
60.1.10	120,76	9,96	10,1	9,587	0,7892	27,3	4423,44	Kern
61.2.1	149,42	10,24	9,89	11,257	0,7439	44,5	3357,75	Ast
61.2.2	149,84	10,4	9,77	11,815	0,7760	41,9	3576,13	Ast
61.2.3	149,74	10,2	9,99	11,737	0,7692	45,9	3262,31	grobjährig
61.2.4	149,82	10,32	9,97	11,73	0,7609	45,1	3321,95	grobjährig
61.2.5	149,58	10,15	10,05	11,431	0,7492	49,1	3046,44	feinjährig
62.99.1	150,31	10,02	9,93	10,277	0,6872	31,2	4817,63	
62.99.2	150,39	10,25	9,93	10,03	0,6553	30,7	4898,70	
62.99.3	150,49	10,14	9,91	10,01	0,6619	31,7	4747,32	
62.99.4	150,34	10,13	9,9	10,277	0,6816	32,7	4597,55	
62.99.5	150,31	10,19	9,93	11,214	0,7373	34,1	4407,92	
62.99.6	150,24	10,2	9,85	10,513	0,6965	32,5	4622,77	kl Ast
62.99.8	150,42	10,24	9,92	11,028	0,7217	31,6	4760,13	
62.99.9	150,37	10,14	9,94	10,875	0,7175	33,1	4542,90	Ast
62.99.10	150,37	10,24	9,95	10,451	0,6821	31,4	4788,85	
62.99.12	150,02	10,14	9,91	10,777	0,7149	34,8	4310,92	
63.99.1	150,58	10,41	9,97	9,319	0,5963	28,6	5265,03	
63.99.2	150,77	10,35	9,94	9,641	0,6216	29,4	5128,23	
							•	

63.99.3	150,65	10,42	9,98	9,39	0,5994	29,3	5141,64	
63.99.4	150,68	10,31	9,97	9,308	0,6010	28,9	5213,84	
63.99.5	150,83	10,37	9,95	9,1	0,5847	29,2	5165,41	
63.99.8	150,82	10,41	9,9	8,985	0,5781	30,1	5010,63	
63.99.9	150,74	10,38	9,99	8,968	0,5737	28,5	5289,12	
63.99.12	150,71	10,38	10,01	9,285	0,5929	29,3	5143,69	
63.99.14	151,62	10,36	9,85	9,473	0,6123	30,6	4954,90	
63.99.15	152,26	10,38	9,83	9,47	0,6096	29,8	5109,40	
64.3.1	150,47	10,21	10	8,925	0,5809	36,1	4168,14	FA
64.1.2	150,72	9,77	10,13	9,714	0,6512	36,3	4152,07	FA
64.3.3	150,46	10,04	10,23	6,911	0,4472	43	3499,07	
64.1.4	150,67	10,03	10,1	9,868	0,6465	42,8	3520,33	
64.3.5	150,49	10,34	9,9	7,368	0,4783	45,3	3322,08	Ast FA
64.1.6	150,49	9,97	9,91	8,314	0,5592	38,3	3929,24	FA
64.1.7	150,58	10,05	9,95	7,463	0,4956	39	3861,03	
65.99.1	149,26	10,08	9,95	9,175	0,6129	48,5	3077,53	keine Auffäl.
65.99.6	149,2	10,11	10,03	9,309	0,6153	46,8	3188,03	
65.99.7	149,83	10,16	9,92	9,035	0,5983	41,4	3619,08	
65.99.8	149,83	10,13	9,98	8,787	0,5801	41,6	3601,68	
65.99.9	149,68	10,03	9,81	9,972	0,6771	38,8	3857,73	
65.99.10	149,77	10,07	9,81	9,041	0,6111	37,5	3993,87	
65.99.11	149,27	10,18	10,01	9,434	0,6202	41,1	3631,87	
65.99.12	149,33	10,19	9,99	9,828	0,6465	39,1	3819,18	
65.99.14	149,93	10,16	9,9	8,846	0,5866	41,5	3612,77	
65.99.15	149,86	10,17	9,86	9,158	0,6094	41,6	3602,40	
66.99.1	150,68	9,71	10,36	9,423	0,6217	27,5	5479,27	
66.99.5	150,39	10,46	9,91	8,841	0,5671	28,5	5276,84	
66.99.6	150,35	10,31	9,92	9,662	0,6283	28,9	5202,42	
66.99.7	150,48	10,41	9,99	9,3	0,5943	27,3	5512,09	
66.99.8	150,73	10,25	9,96	9,818	0,6380	26,8	5624,25	
66.99.9	150,67	10,42	9,88	9,566	0,6167	28,6	5268,18	
66.99.10	150,68	10,44	9,85	9,422	0,6081	26,6	5664,66	
66.99.11	150,89	10,43	9,96	10,035	0,6402	25,9	5825,87	
66.99.12	150,78	10,26	9,89	9,787	0,6397	26,2	5754,96	
66.99.13	150,58	10,34	9,88	9,568	0,6220	27,4	5495,62	
67.99.1	150,4	10,28	9,79	10,561	0,6977	29,2	5150,68	
67.99.2	150,42	10,22	9,69	10,66	0,7156	28,6	5259,44	
67.99.3	150,46	10,23	9,76	11,607	0,7726	28	5373,57	
67.99.4	150,35	10,25	9,81	11,608	0,7678	27,6	5447,46	
67.99.5	150,33	10,28	9,93	12,194	0,7946	27,7	5427,08	
67.99.6	150,35	10,24	9,93	11,802	0,7720	28	5369,64	
67.99.7	150,3	10,26	9,89	11,949	0,7835	28	5367,86	
68.99.1	120,43	10,18	10,12	6,456	0,5204	24,4	4935,66	
68.99.2	120,41	10,22	10,05	8,91	0,7204	35,1	3430,48	
68.99.3	120,33	10,15	10,04	6,209	0,5063	22,8	5277,63	
68.99.4	120,39	10,17	10,13	8,606	0,6939	35,6	3381,74	
68.99.5	120,43	10,15	10,09	5,94	0,4816	21,5	5601,40	

68.99.6	120,36	10,21	10,13	6,464	0,5193	21,6	5572,22	
68.99.7	120,25	9,91	10,06	5,728	0,4778	21,6	5567,13	
68.99.9	120,35	10,22	10,15	8,931	0,7154	35,6	3380,62	
68.99.10	120,36	10,15	10,17	6,103	0,4912	22,1	5446,15	
68.99.12	120,35	10,17	10,1	8,794	0,7114	34,7	3468,30	
70.99.1	147,87	10,32	9,83	10,984	0,7322	25,5	5798,82	
70.99.2	148,08	10,25	9,87	10,105	0,6745	25,5	5807,06	
70.99.3	149,66	10,23	9,72	9,509	0,6390	26	5756,15	
70.99.4	147,94	10,17	9,86	9,715	0,6549	25,8	5734,11	
70.99.5	149,73	10,22	9,75	10,065	0,6746	26,5	5650,19	
70.99.6	149,79	10,2	9,86	10,896	0,7233	25,9	5783,40	
70.99.7	149,69	10,15	9,88	10,198	0,6794	25,9	5779,54	
70.99.8	149,95	10,33	9,91	12,446	0,8108	26,1	5745,21	
70.99.9	149,7	10,05	9,86	9,645	0,6502	26,8	5585,82	
70.99.10	149,81	10,17	9,58	10,466	0,7171	25,9	5784,17	
72.0.1	150,71	10,09	9,93	9,69	0,6417	31,9	4724,45	
72.0.3	150,32	10,07	9,83	11,342	0,7622	31	4849,03	
72.0.4	150,62	10,14	9,96	10,238	0,6730	31	4858,71	
72.0.5	150,48	10,14	9,96	10,545	0,6939	30,9	4869,90	
72.0.6	150,58	10,23	9,97	10,998	0,7161	29,1	5174,57	
72.0.8	150,61	10,14	9,97	9,609	0,6311	32,8	4591,77	
72.0.9	150,35	10,12	9,61	8,712	0,5958	32,4	4640,43	
72.0.10	150,36	10,12	9,73	8,997	0,6077	33,3	4515,32	
72.0.11	150,63	10,07	9,83	9,203	0,6172	32,9	4578,42	
72.0.12	150,59	10,12	9,96	9,341	0,6154	33,7	4468,55	
73.99.1	149,55	10,17	10,06	8,151	0,5327	28,1	5322,06	
73.99.2	149,53	10,15	10,01	8,761	0,5767	27,2	5497,43	
73.99.3	149,56	10,11	9,99	8,552	0,5662	26,3	5686,69	
73.99.10	149,76	10,07	9,98	7,282	0,4838	28,3	5291,87	
73.99.11	148,77	10,13	9,97	9,259	0,6162	28,5	5220,00	
73.99.13	149,31	10,1	9,94	8,666	0,5781	28,2	5294,68	
73.99.14	148,59	10,01	9,98	9,179	0,6184	29	5123,79	
73.99.15	149,24	10,02	9,93	9,289	0,6256	26,7	5589,51	
73.99.16	148,97	10,09	9,98	8,95	0,5966	28,7	5190,59	
73.99.20	149,57	10,01	9,98	7,707	0,5158	27	5539,63	
74.99.1	149,88	10,24	10,04	9,335	0,6058	29,7	5046,46	
74.99.2	149,82	10,3	10,09	8,973	0,5763	31,2	4801,92	feinjährig
74.99.3	149,55	10,25	9,91	8,018	0,5278	28,9	5174,74	feinjährig
74.99.4	149,39	10,3	9,93	8,676	0,5678	30,2	4946,69	
74.99.5	149,76	10,26	10,1	10,238	0,6597	28,7	5218,12	grobjährig
74.99.6	149,76	10,31	10,06	8,08	0,5202	33,6	4457,14	feinjährig
74.99.7 74.99.8	149,84 149,84	10,34 10,28	10,06 10,05	8,378 9,632	0,5375 0,6222	32,1 29	4667,91 5166,90	feinjährig schwerer
74.99.9	149,74	10,2	10,05	7,778	0,5067	31,3	4784,03	feinjährig
74.99.10	149,71	10,31	10,1	10,124	0,6494	28,9	5180,28	schwerer
75.99.1	149,17	10,15	9,97	11,659	0,7724	30,7	4858,96	-
75.99.2	149,21	10,13	9,96	9,703	0,6445	32,3	4619,50	
	- ,	-,	-,	- , - 00	- , •	,-	, - 5	

75.99.3	149,42	10,1	10,05	9,558	0,6302	34,3	4356,27	
75.99.4	149,38	10,14	10,06	9,573	0,6282	34,8	4292,53	
75.99.5	149,32	10,12	9,98	11,141	0,7387	31,1	4801,29	
75.99.6	149,6	10,08	10	9,436	0,6257	32,4	4617,28	
75.99.7	149,43	10,14	10,02	9,976	0,6571	32,5	4597,85	
75.99.8	124,55	10,04	9,81	7,547	0,6152	25,3	4922,92	
75.99.10	120,2	10,13	9,87	7,012	0,5835	26,1	4605,36	
75.99.12	120,51	10,03	10,05	7,312	0,6019	26,9	4479,93	

9.5.3. Tabelle Messwerte Schallgeschwindigkeit in m/s

Nr.	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
1	6054,618	6241,908	6318,688	6282,293	6354,183	6387,288
2	5275,877	5452,470	5557,302	5652,037	5917,493	6075,253
3	4756,151	5178,015	5380,179	5288,078	5411,179	5617,164
4	3654,854	3894,041	4397,076	4181,677	4414,076	4548,338
5	4522,097	4599,388	4787,898	4723,258	4840,562	4866,343
6	3906,234	4272,140	4340,673	4315,644	4422,614	4569,909
8	4909,796	4951,381	5130,263	5099,821	5179,346	5395,964
9	4782,109	5053,125	5241,639	5214,491	5338,371	5587,313
10	4225,562	4358,057	4468,767	4460,670	4483,822	4748,101
11	4677,432	4941,687	5069,658	5035,683	5186,207	5230,000
12	4877,733	4907,346	4981,570	5025,278	5122,862	5236,934
14	4098,093	4300,236	4613,934	4550,259	4781,197	4912,418
17	4830,547	5079,482	5150,911	5122,550	5193,222	5312,721
20	3927,487	4119,765	4266,843	4252,962	4356,992	4619,692
21	2955,206	2979,744	3043,837	3032,173	3071,435	3103,866
22	4470,536	4537,811	4592,535	4604,593	4635,402	4845,806
23	3809,464	4301,381	4458,171	4526,546	4869,780	5088,176
24	4696,563	4799,513	4887,290	4958,928	5126,190	5293,662
26	4418,475	4611,714	4701,214	4700,937	4783,706	4981,457
27	4417,994	4501,133	4544,623	4538,985	4568,369	4676,563
28	4780,952	4845,625	4980,493	5019,349	5176,632	5354,804
30	3803,030	3952,881	4088,798	4147,965	4297,517	4715,674
31	4138,292	4378,499	4432,923	4460,912	4563,009	4787,261
32	4845,631	5192,752	5351,601	5279,504	5398,232	5527,574
33	5741,762	5843,359	5917,787	5871,678	5918,577	5936,905
35	4462,908	4605,977	4721,963	4768,903	4851,072	5386,380
37	5057,143	5135,684	5171,209	5197,491	5246,908	5413,514
38	3398,639	3614,531	4799,693	4448,261	5040,526	5259,790
39	5406,475	5561,134	5643,136	5596,956	5678,958	5695,076
41	4298,000	4472,994	4722,689	4685,512	4935,207	4998,671
42	4868,608	5130,280	5255,517	5223,074	5330,941	5454,710
43	5051,678	5229,986	5290,351	5289,434	5375,969	5521,324
44	4224,438	4496,873	5000,568	4808,470	5098,188	5160,616
45	4586,890	5000,151	5180,684	5137,150	5350,243	5452,899
46	4285,795	4532,420	4699,815	4714,599	4841,624	5340,071
47	4150,964	4309,458	4467,953	4385,522	4502,802	4537,651
48	4215,169	4398,500	4815,179	4676,410	4917,213	4982,573
50	4609,174	4730,980	4808,946	4866,323	4969,136	5197,241
51	5024,333	5249,826	5341,150	5323,989	5482,909	5539,706
52	4036,388	4161,944	4218,873	4271,240	4403,235	4535,758
53	4510,778	4546,450	4595,828	4604,253	4658,901	4726,019
55	3921,354	4147,383	4451,775	4334,333	4537,349	4613,804
56	4366,304	4676,513	4835,944	5122,358	5769,867	5905,882
57	5007,667	5092,421	5117,119	5111,663	5142,589	5192,808
58	5542,435	5589,807	5671,501	5672,614	5754,308	5805,019

60	4207,821	4337,052	4467,410	4481,700	4638,296	4780,952
61	3046,436	3262,309	3321,951	3312,917	3357,753	3576,134
62	4310,920	4556,564	4685,044	4649,468	4781,672	4898,697
63	4954,902	5114,105	5142,662	5142,189	5201,733	5289,123
64	3322,075	3509,698	3861,026	3778,850	4040,654	4168,144
65	3077,526	3601,863	3615,927	3600,415	3772,355	3993,867
66	5202,422	5327,450	5503,854	5510,417	5654,560	5825,869
67	5150,685	5313,649	5369,643	5342,248	5400,324	5447,464
68	3380,618	3439,938	5106,644	4606,133	5536,886	5601,395
70	5585,821	5736,884	5767,845	5742,447	5783,977	5807,059
72	4468,546	4581,757	4682,442	4727,115	4856,290	5174,570
73	5123,793	5237,968	5308,372	5375,626	5529,079	5686,692
74	4457,143	4788,500	4996,577	4944,419	5172,780	5218,118
75	4292,529	4509,406	4611,324	4615,189	4755,841	4922,925

9.5.4. Tabelle Messwerte Dichte in g/cm³

Nr.	Min.	1st Qu.	Median	Mean	3rd Qu.	Max.
1	0,4918	0,5034	0,5117	0,5124	0,5235	0,5340
2	0,6687	0,7013	0,7196	0,7178	0,7352	0,7693
3	0,4774	0,5025	0,5231	0,5134	0,5263	0,5298
4	0,8560	0,8978	0,9292	0,9369	0,9649	1,0366
5	0,8319	0,8333	0,8423	0,8554	0,8832	0,8862
6	0,9306	0,9565	0,9702	0,9683	0,9824	0,9969
8	0,6894	0,7029	0,7081	0,7098	0,7150	0,7370
9	0,4902	0,5541	0,5742	0,5667	0,5809	0,6161
10	0,7885	0,8391	0,8679	0,8899	0,9501	1,0102
11	0,7642	0,8059	0,8508	0,8422	0,8837	0,9062
12	0,5703	0,5819	0,6008	0,6030	0,6107	0,6588
14	0,7334	0,7637	0,7809	0,7726	0,7864	0,7931
17	0,5382	0,5845	0,5975	0,5884	0,6069	0,6145
20	0,7227	0,7780	0,7982	0,7973	0,8168	0,8678
21	0,3509	0,3749	0,4013	0,4060	0,4103	0,4859
22	0,8868	0,8941	0,9093	0,9145	0,9339	0,9627
23	0,7272	0,8125	0,8414	0,8389	0,8842	0,9147
24	0,7785	0,7964	0,8070	0,8101	0,8180	0,8543
26	0,4136	0,4541	0,4628	0,4661	0,4750	0,5204
27	0,4746	0,4790	0,4901	0,4921	0,5015	0,5176
28	0,3502	0,3669	0,3985	0,4019	0,4288	0,4962
30	0,4621	0,7061	0,7179	0,6993	0,7325	0,7872
31	0,6981	0,7321	0,8159	0,7906	0,8326	0,8901
32	0,5504	0,5867	0,5983	0,6017	0,6083	0,6654
33	0,5635	0,6037	0,6081	0,6108	0,6129	0,6659
35	0,5052	0,7246	0,7441	0,7194	0,7978	0,8504
37	0,7417	0,7517	0,7650	0,7711	0,7738	0,8202
38	0,5445	0,7808	0,7962	0,7752	0,8629	0,8970
39	0,3814	0,4101	0,4208	0,4152	0,4258	0,4377
41	0,6175	0,6390	0,6742	0,6720	0,7073	0,7223
42	0,5778	0,6701	0,6861	0,6754	0,7068	0,7159
43	0,6209	0,6629	0,6863	0,6991	0,6981	0,8459
44	0,7309	0,8131	0,8618	0,8609	0,9056	0,9747
45	0,6661	0,7481	0,7686	0,7767	0,8178	0,8492
46	0,7119	0,7600	0,7801	0,7798	0,7927	0,8636
47	0,9276	0,9499	0,9722	0,9640	0,9823	0,9923
48	0,6319	0,6455	0,6613	0,6614	0,6718	0,7023
50	0,7592	0,7856	0,8572	0,8473	0,8986	0,9277
51	0,6316	0,6514	0,6784	0,6830	0,7207	0,7236
52	0,5675	0,5698	0,5788	0,5828	0,5833	0,6148
53	0,7104	0,8217	0,8301	0,8244	0,8409	0,8920
55	0,5605	0,5995	0,6347	0,6461	0,7052	0,7305
56	0,6120	0,6218	0,6668	0,6881	0,7620	0,7779
57	0,5741	0,5744	0,5779	0,5787	0,5827	0,5845
58	0,5275	0,5283	0,5593	0,5617	0,5928	0,6009

60	0,5455	0,7697	0,7842	0,7676	0,8037	0,8291
61	0,7439	0,7492	0,7609	0,7599	0,7692	0,7760
62	0,6553	0,6818	0,6918	0,6956	0,7169	0,7373
63	0,5737	0,5868	0,5978	0,5969	0,6074	0,6216
64	0,4472	0,4870	0,5592	0,5513	0,6137	0,6512
65	0,5801	0,6011	0,6120	0,6157	0,6190	0,6771
66	0,5671	0,6102	0,6218	0,6176	0,6356	0,6402
67	0,6977	0,7417	0,7720	0,7577	0,7781	0,7946
68	0,4778	0,4950	0,5198	0,5838	0,7070	0,7204
70	0,6390	0,6598	0,6770	0,6956	0,7217	0,8108
72	0,5958	0,6159	0,6364	0,6554	0,6887	0,7622
73	0,4838	0,5411	0,5774	0,5710	0,6113	0,6256
74	0,5067	0,5302	0,5721	0,5773	0,6181	0,6597
75	0,5835	0,6178	0,6292	0,6497	0,6539	0,7724

9.5.5. Tabelle Messwerte Biege – E-Modul in GPa

NI			Madian			Max
Nr.	Min	1st Qu	Median	Mean	3rd Qu	Max
1	15,7	16,8	17,2	17,07	17,45	17,9
2	6,5	7,27	8,55	10,73	15,45	18,7
3	7,99	10,7	11,2	10,98	11,33	13,2
4	5,38	6,168	7,315	8,114	9,858	12,3
5	8,39	10,1	12,3	11,75	13	14,48
6	8,01	8,97	10,95	10,83	12,37	14,2
8	10,14	10,8	11,28	11,55	11,73	15,5
9	8,21	10,4	10,8	11,83	13,3	19,44
10	8,33	11,3	13,3	13,16	14,62	18
11	8,876	11,8	13,7	13,61	15,3	20,7
12	7,79	10,1	10,8	10,99	11,7	14,51
14	4,77	7,7	8,97	8,826	9,64	16,27
17	6,24	7,822	8,035	8,768	9,825	13,2
20	8,15	9,528	9,92	9,861	10,25	11,17
21	5,55	6,442	7,555	7,468	8,585	8,91
22	8,34	9,698	11,05	10,91	11,8	14,24
23	7,9	8,84	10,48	10,4	11,18	14,1
24	11,1	12,5	13,55	13,49	14,7	15,8
26	8,29	9,385	9,76	9,875	10,62	11,57
27	2,82	3,495	7,045	6,745	9,825	12,26
28	8,17	9,505	10,2	10,06	10,92	11,38
30	7,07	8,625	9,795	9,97	11,05	15,1
31	7,74	9,34	9,74	10,13	10,86	12,92
32	7,79	10,34	11	11,13	12	15,34
33	10,22	13,07	15,48	14,68	16,33	18,6
35	7,42	10,15	11,35	11,64	13,12	15,66
37	7,43	12,44	13,85	13,74	16,6	18,7
38	2,63	7,642	8,95	9,17	11,15	16,3
39	9,41	10,69	11,5	11,38	11,9	13,6
41	4,2	7,88	9,1	9,281	10,4	14,6
42	6,38	11,68	12,65	12,29	13,2	14,1
43	6,29	10,1	11,1	11,05	12,28	15,63
44	10,57	12,44	13,9	13,64	14,62	16,4
45	6,89	9,067	11,46	11,1	13,2	14,7
46	10,8	12,65	13,3	13,31	14,05	15,3
47	9,09	10,65	11,4	11,77	12,5	15,42
48	3,27	4,03	8,62	7,759	11	12,1
50	9,45	10,69	12,1	12,39	13,06	17,49
51	10,8	13,1	14,1	14,29	15,35	18,9
52	4,44	6,785	7,65	7,883	9,025	11,4
53	6,8	9,61	11	11	12,4	15,9
55	5,01	7,77	9,44	9,278	10,94	12,8
56	12,33	13,69	14,59	14,76	15,92	16,71
57	9	11,32	13	12,29	13,45	14,4
58	6,27	9,76	10,55	10,85	11,53	19,3

Brandstätter – Europäische Holzarten und ihre Verwendung im Musikinstrumentenbau

60	6,44	9,412	9,675	10,05	10,95	12,5
61	3,83	5,045	5,784	5,852	6,32	9,498
62	4,22	5,96	7,13	7,361	8,795	11,5
63	5,51	8,505	9,26	9,214	9,575	13,6
64	3,28	5,82	6,88	6,978	7,938	10,8
65	5,13	6,02	6,89	6,935	7,64	10,7
66	11,2	14,18	14,6	14,9	15,92	17,9
67	13,5	14,95	16,3	16,1	17,4	18,3
68	5,66	10,09	12	11,05	13,1	14,4
70	17,6	19,75	21,4	20,69	21,95	22,5
72	7,3	10,9	11,7	12,33	13,2	19
73	5,86	11,7	12,9	12,29	13,5	14,4
74	8,32	10,5	12,1	11,82	13,3	14,9
75	9,52	11,48	12,9	12,54	13,95	15,7