

Bachelor Thesis

und Dokumentation der praktischen Bachelorarbeit

im Studiengang Musikinstrumentenbau Markneukirchen

Studienrichtung Zupfinstrumentenbau

Thema:

Weiterentwicklung einer Stahlsaitengitarre mit zusätzlichen Bass- und Resonanzsaiten (*Aliquotgitarre*)

vorgelegt von: Oliver Klapproth

Matrikel- und Kennnummer: 27444 082005

Eingereicht am: 02.06.2012

ANGEWANDTE KUNST SCHNEEBERG

Fakultät der Westsächsischen Hochschule Zwickau

Eingangsvermerke / Vermerke der Prüferinnen/Prüfer

Inhalt

Kurzcharakteristik	5
1. Einleitung	
1.1 Gegenstand der Arbeit	6
1.2 Zielsetzung	6
1.3 Methodik	6
2. Das Phänomen Resonanz: Grundlagen und Geschichte	8
2.1 Resonanz	8
2.2 Resonanzsaiten	8
2.2.1 Eingrenzung Resonanzsaiten	9
2.2.2 Abgrenzung Bordunsaiten	10
2.3 Musikinstrumente mit Resonanzsaiten: Ursprünge und Entwicklung	10
3. Zupfinstrumente mit Resonanzsaiten	13
3.1 Die asiatischen Instrumente	13
3.1.1 Sitar	13
3.1.1.1 Sitar-Kategorien: Ravi-Shankar- und Vilayat-Khani-Stil	14
3.1.1.2 Die Jawari-Brücke	15
3.1.1.3 Anordnung der Resonanzsaiten	15
3.1.2 Sarod	17
3.1.3 Rabab	20
3.1.4 Surbahar	21
3.1.5 Vichitra-Vina	22
3.1.6 Hansa-Vina	23

3.2.	Experimentelle Instrumente europäischen Typs	26
3.2.1	Historische Instrumente	26
3.2.2	Fred Carlson: <i>Sympitar</i> und <i>The New Dream</i>	29
3.2.3	Linda Manzer: <i>Pikasso-, Harpsitar- und Medusa-Gitarre</i>	37
3.2.4	Vishwa Mohan Bhatt / Concord: <i>Mohan-Vina</i>	40
3.2.5	Philipp Neumann: <i>Lotus-Gitarre</i>	41
3.2.6	Jim Worland	43
3.2.7	Weitere Instrumente	45
4.	Die Weiterentwicklung der <i>Aliquotgitarre</i>	49
4.1.	Probleme einer früheren <i>Aliquotgitarre</i>	49
4.2.	Überlegungen zum Gitarrenbau	51
4.2.1	Decke	52
4.2.2	Lagerung der Resonanzsaiten auf den Sätteln	52
4.2.3	Lage der Resonanzsaiten	53
4.2.4	Besaitung und Stimmung	54
5.	Realisierung einer Gitarre mit Resonanzsaiten (<i>Aliquotgitarre</i>)	55
5.1.	Dokumentation	55
5.1.1	Decke	55
5.1.2	Boden und Zargen	62
5.1.2.1	Unterklotz	63
5.1.2.2	Wirbelstock	64
5.1.2.3	Trägerklotz für Saitenhalter	68
5.1.3	Hals	69
5.1.4	Rollensättel	73
5.1.5	Knochensättel	76

5.1.6	Saitenhalter	77
5.1.7	Stege	79
5.1.8	Mechaniken	81
5.2	Fotodokumentation des fertigen Instruments	83
5.3	FFT-Analyse	93
5.4	Maße und Materialien	94
6.	Quellen	95
6.1	Bibliografie	95
6.2	Internetquellen	95
6.3	Abbildungsverzeichnis	96
6.4	Kontakte Instrumentenbauer	97
	Danksagung	99
	Selbständigkeitserklärung	100

Bachelorarbeit 2012, Kurzcharakteristik

Autor: Oliver Klapproth

Betreuer: Prof. A. Michel
C. Sembner

Gegenstand der Arbeit ist die Weiterentwicklung einer Stahlsaitengitarre mit zusätzlichen Bass- und Resonanzsaiten (*Aliquotgitarre*) in Design, Funktionalität und Konstruktion.

Die Arbeit basiert auf den Erfahrungen einer Projektarbeit im Rahmen des Studiengangs Musikinstrumentenbau Markneukirchen im Wintersemester 2010/2011, in der ein solches Instrument entwickelt und gebaut wurde.

Angeregt durch das Interesse von Musikern sollte ein weiteres Instrument geschaffen werden, das dem Prototyp mit seinen Schwächen überlegen ist. Bei der Weiterentwicklung wurde sich hauptsächlich auf eine stärkere Deckenbeleistung, zwei neu entwickelte Rollensättel zur reibungsoptimierten Lagerung und Führung der Resonanzsaiten sowie einige Verbesserungen für die spieltechnische Handhabung der Gitarre konzentriert. Auch das Design, besonders bezüglich der Gestaltungsmerkmale der Decke, wurde überarbeitet.

Zudem werden in dieser Arbeit andere Zupfinstrumente mit Resonanzsaiten vorgestellt und hinsichtlich ihrer Konstruktion analysiert



Abbildung 1 *Aliquotgitarre*

1. Einleitung

1.1 Gegenstand der Arbeit

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Weiterentwicklung einer Stahlsaitengitarre mit zusätzlichen Bass- und Resonanzsaiten und betrachtet allgemein Zupfinstrumente mit Resonanzsaiten, besonders hinsichtlich ihrer Konstruktion.

Eine erste *Aliquotgitarre* entstand im Rahmen einer Projektarbeit während der Studienzeit des Autors in Markneukirchen im Wintersemester 2010/2011. Ein auf der Musikmesse in Frankfurt am Main ausgestellt Instrument diente als Inspiration. Dieses Instrument war eine in ihrer Erscheinung völlig gewöhnliche Stahlsaitengitarre, nur dass sie unter den Spielsaiten diagonal angeordnete Resonanzsaiten besaß. Die Idee, eine Gitarre mit Resonanzsaiten zu versehen, fand in der genannten Arbeit nach einigen Jahren zu ihrer Umsetzung.

1.2 Zielsetzung

Ziel der Arbeit war es, aus den Erfahrungen mit den Stärken und Schwächen des Prototyps in Zusammenarbeit mit Musikern ein optimiertes Instrument zu schaffen.

Dabei galt insbesondere, die Funktionalität der Violinen-Feinstimmer durch eine reibungsärmere Lagerung der Resonanzsaiten zu verbessern und die Deckenkonstruktion so zu verstärken, dass sie dem Saitenzug standhält, doch gleichzeitig in ihren Schwingungseigenschaften nicht beeinträchtigt wird. Weitere Verbesserungen sollten in Sachen Spielbarkeit und in einem überarbeiteten Design erfolgen.

Es sollte ein Instrument entwickelt werden, das sowohl die spieltechnischen Möglichkeiten der konventionellen sechssaitigen Gitarre erweitert als auch die klanglichen Potenzen des Instrumententyps qualifiziert.

Die *Aliquotgitarre* soll verschiedene Gitarristen aus den Bereichen Fingerstyle, Jazz und Weltmusik ansprechen und ihnen Inspirationen sowie Möglichkeiten zu deren Umsetzung geben.

1.3 Methodik

Zur Optimierung der Lagerung der Resonanzsaiten sollten sowohl herkömmliche, traditionelle als auch moderne Methoden betrachtet und ein System geschaffen werden, welches die Gegebenheiten des Instruments erfordern. Die neue Deckenkonstruktion erschloss sich aus den Erfahrungen mit dem Vorgängermodell und wurde unter Verwendung vertrauter Materialien und gegebener Kenngrößen umgesetzt.

Unter Berücksichtigung und Einhaltung gegebener Grundformen der *Aliquotgitarre* wurden Handhabung und Design optimiert.

Aus Literatur und Internetquellen wurden die eigenständigen Instrumententypen sowie Daten zu experimentellen Instrumenten zusammengetragen und dokumentiert.

2. Das Phänomen Resonanz: Grundlagen und Geschichte

Einige der folgenden Überlegungen waren Bestandteil einer Projektarbeit des Verfassers im Wintersemester 2010/2011 (vgl. Klapproth 2011).

2.1 Resonanz

Resonanz (von lat. resonare = wiederhallen, widerschallen; wieder und wieder ertönen) ist ein grundlegendes Phänomen für die Funktion und die Entwicklung von Streich- und Zupfinstrumenten:

„Resonanz ist das Mitschwingen eines Körpers in der Schwingung oder Teilschwingung (Obertöne) eines anderen. Wenn die Schwingungsperiode eines erregenden Körpers der Eigenschwingung des mitschwingenden Körpers entspricht, genügt eine nur geringe Kraft, um diese Eigenschwingung hervorzurufen.“ (Küllmer 1986, S. 16; vgl. Thiel 1973, S. 489)

Voraussetzungen für das Mitschwingen eines Körpers in der Frequenz eines anderen sind:

1. anregende Schwingung,
2. schwingungsfähiges System,
3. Koppler zwischen Anreger und System.

Von wichtiger Bedeutung bei Instrumenten mit mitschwingenden Saiten ist die Resonanz auch in Bezug auf die Obertöne des angeschlagenen Tones (Klang im korrekten physikalischen Sinne). Nicht nur der Grundton, sondern auch seine Obertöne sind in der Lage, durch Resonanz mit der Eigenfrequenz oder den Teiltönen einer weiteren Saite des Instruments (oder eines Instruments im Raum) diese in Schwingungen zu versetzen. Trifft der anregende Ton mit der Eigenfrequenz einer anderen Saite zusammen, genügt sehr wenig Energie, um diese in Schwingung zu versetzen.

2.2 Resonanzsaiten

Resonanzsaiten (auch: Aliquot-, Sympathie-, sympathetische oder mitschwingende Saiten) sind Saiten, die nicht durch direktes Anspiel, sondern durch Resonanz zum Grundton oder dessen Teiltönen auf anderen angeregten Saiten mitschwingen und so die Klangfarbe des Instruments bereichern.

„Eine Saite schwingt auch in ihren Teilen mit; wird beispielsweise auf einer Geige die leere e“-Saite gestrichen, so schwingt die leere a“-Saite in ihrem dritten Teilton (e““) mit, der mit dem zweiten Teilton der e“-Saite korrespondiert. Die mitschwingende Saite muss zur anregenden Saite in einem einfachen Zahlenverhältnis stehen, mit denen die Teiltonreihe beginnt.“ (Küllmer 1986, S. 16)

Resonanzsaiten finden sich in Europa zwar auf verschiedenen Streichinstrumenten, aber – abgesehen von einzelnen experimentellen Instrumenten – auf keinem eigenen Zupfinstrumententyp. Der Grund hierfür ist offensichtlich die Art der Anregung der Spielsaiten: Beim Streichinstrument wird durch den Bogenstrich eine permanente, regulierbare Energiezufuhr vom Spieler auf das Instrument gegeben. Beim Zupfinstrument wird die Energiezufuhr nur im Moment des Anschlagens der Saite gegeben, und die Saitenschwingung klingt je nach Impedanzen des Instruments relativ schnell ab. So kann beim Streichinstrument die Energie auf den Spielsaiten gehalten werden und sich auf die Resonanzsaiten im größtmöglichen Maße übertragen, wohingegen beim Zupfinstrument der größte Energieschub bereits abgenommen hat, wenn die Schwingungen sich auf die Resonanzsaiten übertragen und diese durch ihr Mitschwingen dem schwingenden System zusätzliche Energie abziehen.

Ein ähnlicher Effekt wie bei den Streichinstrumenten mit Resonanzsaiten wurde bei Zupfinstrumenten durch chörige Besaitung (zwei dicht aneinanderliegende und gleichzeitig gegriffene und angeschlagene Saiten) erzielt.

Ein regelmäßiger Einsatz von Resonanzsaiten bei Zupfinstrumenten findet sich im asiatischen Raum. Hier klingen die Resonanzsaiten bei einigen Instrumententypen durch eine bestimmte Sattelkonstruktion in Schwebungen (Auf- und Absteigen der Tonhöhe), was ein typisches Klangcharakteristikum ist. Außerdem verleiht dieser Effekt den Resonanzsaiten mehr Durchsetzungskraft.

Es ist nicht bekannt, dass als Material für Resonanzsaiten jemals etwas anderes als Metall verwendet wurde (vgl. Küllmer 1986, S. 54). Metall eignet sich aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften besonders für diesen Einsatz:

1. Seine Dämpfung ist im Vergleich zu anderen Saitenmaterialien sehr gering,
2. der Klang einer Saite ist umso obertonreicher, je dünner sie ist,
3. Metallsaiten sind aufgrund ihrer höheren Dichte bei gleicher Grundfrequenz dünner als beispielsweise Darmsaiten und beanspruchen somit weniger Platz auf dem Instrument,
4. Metallsaiten sind resistenter gegen Schwankungen der Luftfeuchtigkeit und müssen nicht so intensiv und häufig nachgestimmt werden.

2.2.1 Eingrenzung Resonanzsaiten

Da praktisch jede zweite Saite in Resonanz mitschwingen kann, sobald die erste Saite angeschlagen wird, ist theoretisch auch jede Saite eine Resonanzsaite. Deshalb soll eingegrenzt werden, welche Saiten in der vorliegenden Arbeit als Resonanzsaiten in Betracht kommen:

Zunächst werden Saiten nicht berücksichtigt, die dem Grundtypen des Instruments traditionell zugehören. So werden beispielsweise Zithern nicht berücksichtigt. Auch ein erweiterter Umfang an Spielsaiten soll nicht berücksichtigt werden, z.B. 7-saitige Gitarre. Weiterhin sollen zusätzliche

Basssaiten nicht als Resonanzsaiten gelten, da diese unmissverständlich der Erweiterung des Tonumfangs in den tiefen Lagen dienen sollen (z.B. *Theorbe*, *Kontragitarre*).

Oftmals sind Resonanzsaiten so am Korpus angebracht, dass es auf der Hand liegt, sie auch anspielen zu können. Nun wäre nach Vorstellung der Instrumentenbauer oder der Musiker zu betrachten, ob solche Resonanzsaiten rein als solche oder auch als Spielsaiten funktionieren sollen. Es wäre schwierig, diese Saiten bei den vielen unterschiedlichen experimentellen Instrumenten nach Bauart, Anordnung, Mensurlänge oder gar Stimmung zu kategorisieren. Deshalb wurden in den Katalog dieser Arbeit auch Instrumente aufgenommen, deren zusätzliche Saiten nicht nach den oben genannten Kategorien übergangen werden können, aber offensichtlich zum direkten Anspiel bestimmt sind (z.B. *Harp-Gitarre* mit zusätzlichen Diskantsaiten).

Ein Kriterium für eine Resonanzsaite soll in dieser Arbeit noch sein, dass diese auf einem Steg liegt, der auf der Deckenfläche gelagert ist, und nicht nur auf einem Sattel an der Korpuskante.

2.2.2 Abgrenzung Bordunsaiten

Oft werden Resonanzsaiten auch Bordunsaiten genannt. Diese Bezeichnung ist allerdings nicht richtig. Borduntöne sind Töne, die aufgrund der Konstruktion des Instruments in einer festen oder vorher festgelegten Tonhöhe permanent mitklingen, wie z.B. bei der Drehleier oder dem Dudelsack. Je nach Definition sind aber auch Basssaiten, die nicht über ein Griffbrett laufen, Bordunsaiten.

Bordunsaiten sind:

- bei Curt Sachs im weiteren Sinne alle freischwingenden Saiten, die nicht über ein Griffbrett verkürzt werden können und nur bei Bedarf vom Spieler angeregt werden. Im engeren Sinne aber nur die Saiten, die permanent erklingen, wie bei der Drehleier,
- meist in Oktave, Terz oder Quinte gestimmt.

„Der eigentliche Bordun ist ein für die Dauer eines abgeschlossenen größeren melischen Ablaufs (meist Zeile) durchgehaltenes oder andauernd wiederholtes klangliches oder/und tonales Bezugselement [...], das mit dem Melos eine untrennbare Einheit bildet.“ (Küllmer 1986, S. 19; vgl. Brandl 1989, S. 25)

2.3 Musikinstrumente mit Resonanzsaiten: Ursprünge und Entwicklung

Die Herkunft der ersten Musikinstrumente mit Resonanzsaiten ist nicht ausreichend geklärt. Wie viele Autoren vertritt auch Curt Sachs die These, dass solche Instrumente durch die britische Handelsgesellschaft Ostindien-Kompanie nach Europa gekommen sind. Auch wenn sich dies nicht eindeutig belegen lässt,

ist doch gemäß aller bekannten Quellen davon auszugehen, dass solche Instrumente in Europa zuerst in England aufkamen (vgl. Küllmer 1986, S. 139 ff.).

„Von der Mitte des 17. Jahrhunderts bis zum Ende des 18. Jahrhunderts gehören Instrumente mit Resonanzsaiten zum festen Bestandteil des europäischen Instrumentariums.“ (Kästner 2000, S. 1)

In Europa bildeten sich keine Zupf- dafür aber einige Streichinstrumente mit Resonanzsaiten heraus. Die wohl bekanntesten sind *Viola d'amore*, *Baryton* und *Hardangerfiedel*.



Abbildung 2 *Viola d'amore*



Abbildung 3 *Baryton*

Detailliertere Informationen zu diesem Thema finden sich beispielsweise in „Mitschwingende Saiten“ von Eva Küllmer, Bonn 1986.

3. Zupfinstrumente mit Resonanzsaiten

In diesem Kapitel werden Zupfinstrumente mit Resonanzsaiten – sowohl die eigenständigen Typen als auch eine Auswahl experimenteller Instrumente – dargestellt und hinsichtlich ihrer Besonderheiten in ihrer Konstruktion betrachtet. Bei den experimentellen Instrumenten sind die Informationen maßgeblich von der Quellenlage abhängig. Außerdem spielt die Auskunftsbereitschaft der angefragten Instrumentenbauer hier eine große Rolle.

3.1 Die asiatischen Instrumente

Zupfinstrumente mit Resonanzsaiten sind in der asiatischen und besonders in der indischen Musik traditionell in Verwendung und prägen deren Klangcharakter.

3.1.1 Sitar

Die Sitar ist eine Langhalslaute mit einem aus einem Kürbis gefertigten Hauptresonanzkörper und – je nach Modell – einem zweiten, kleineren Resonanzkörper am Kopf des Instruments. Dieser ist zumeist – ebenso wie Hals und Decke – aus Tunholz gefertigt, einer indischen Abart des Teakholzes (vgl. www.tarang-klassische-indische-musik.de). Das Instrument besitzt bis zu 23 metallene Bündel, die mit Schnüren verschiebbar am Hals befestigt sind. Je nach Modell ist die Sitar mit bis zu sieben Spielsaiten ausgestattet, von denen bis zu vier die Funktion von Bordunsaiten haben. Manche Instrumente sollen mit bis zu 13 oder sogar 20 Resonanzsaiten ausgestattet sein.

Die Sitar ist hauptsächlich in der nordindischen Musik das populärste und wichtigste Melodieinstrument (vgl. Ruf 1991, S. 465 sowie www.indische-instrumente.de).



Abbildung 4 Sitar im Vilayat-Khani-Stil

3.1.1.1 Sitar-Kategorien: Ravi-Shankar- und Vilayat-Khani-Stil

„Die in der heutigen Zeit gebauten Sitar lassen sich in zwei Hauptgruppen einteilen. Die eine Gruppe richtet sich in der Bauweise und in der Ausstattung nach dem sogenannten ‚Ravi Shankar Stil‘ (Kharaj-Pancham), die andere Gruppe

orientiert sich am Vilayat Khan Stil. Auf beiden Sitarformen werden auch unterschiedliche musikalische Stile gespielt. Sitar im Ravi Shankar Stil verfügen meist über 2 Resonanzkörper, 13 Resonanzsaiten und 7 Spielsaiten. 4 von den sieben Spielsaiten werden als Melodiesaiten gespielt und umfassen 4 Oktaven.

Die Sitar im ‚Vilayat Khan Stil‘ (Gandhar-Pancham) verfügen grundsätzlich nur über einen Resonanzkörper. Von den 11 Resonanzsaiten und den 6 Spielsaiten werden zwei Spielsaiten als Melodiesaiten gespielt bei einem Umfang von drei Oktaven.“ (www.indische-instrumente.de)

3.1.1.2 Die Jawari-Brücke

Eine Besonderheit der Sitar, wie auch anderer asiatischer Zupfinstrumente, ist die spezielle Jawari-Brücke (Jovari, Jwari). Anders als bei europäischen Instrumenten wird deren Vorderkante nicht präzise definiert, um eine möglichst saubere Intonation zu erzielen. Bei dieser Brücke fällt die Auflagefläche der Saite in Richtung des freischwingenden Saitenteils sehr flach ab. Als Folge verkürzt und verlängert sich die Mensur der Saite, während sie schwingt, was den typischen Klangcharakter hervorruft: Grund- und Obertöne erhöhen und erniedrigen sich permanent.

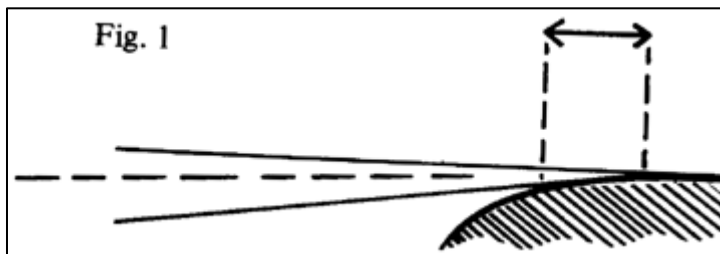


Abbildung 5 Die Jawari-Brücke: Schematische Darstellung der Verlängerung und Verkürzung der Mensur durch Saitenschwingungen

3.1.1.3 Anordnung der Resonanzsaiten

Der Hals der Sitar ist hohl. Im Inneren sind die Resonanzsaiten an den Wirbeln befestigt, die seitlich an der Halskante angebracht sind. Durch Ringe aus Knochen, die in die Abdeckung des ausgehöhlten Halses eingelegt sind, werden die Saiten in den Hals geführt. Außerhalb des Halses verlaufen sie über die Jawari-Brücke zum unteren Teil des Instruments, wo sie an Stiften befestigt werden. Die Bundstäbe sind bogenförmig über den Resonanzsaiten angeordnet. Die Spielsaiten werden beim Greifen nicht – wie beispielsweise bei einer Gitarre – auf ein Griffbrett gedrückt. Dadurch entstehen besondere Möglichkeiten der Intonation.

Sowohl die Spiel- und Bordunsaiten als auch die Resonanzsaiten verfügen jeweils über eine eigene Jawari-Brücke. Die der Resonanzsaiten befindet sich direkt vor, jedoch unterhalb der Hauptbrücke.



Abbildung 6 Je eine Jawari-Brücke für Spiel- und Resonanzsaiten



Abbildung 7 Der Hals einer Sitar

3.1.2 Sarod

Die Sarod ist eine bundlose Laute und eines der Hauptinstrumente der klassischen nordindischen hindustanischen Musik (vgl. Ruf 1991, S. 440).

„Für den Bau einer Sarod wird zumeist Tun-Holz verwendet, das gebeizt und mit einer Schelllackoberfläche versehen wird. Die Sarod verfügt über ein verchromtes, bundloses Metallgriffbrett sowie über vier Melodiesaiten, vier Bordunsaiten, zwei Chikarisaiten und 15 Resonanzsaiten. Der untere Saitenhalter und der obere Resonator ist aus poliertem Messing.“ (www.indische-instrumente.de)



Abbildung 8 Sarod



Abbildung 9 Wirbel für Resonanzsaiten



Abbildung 10 Saitenaufhängung

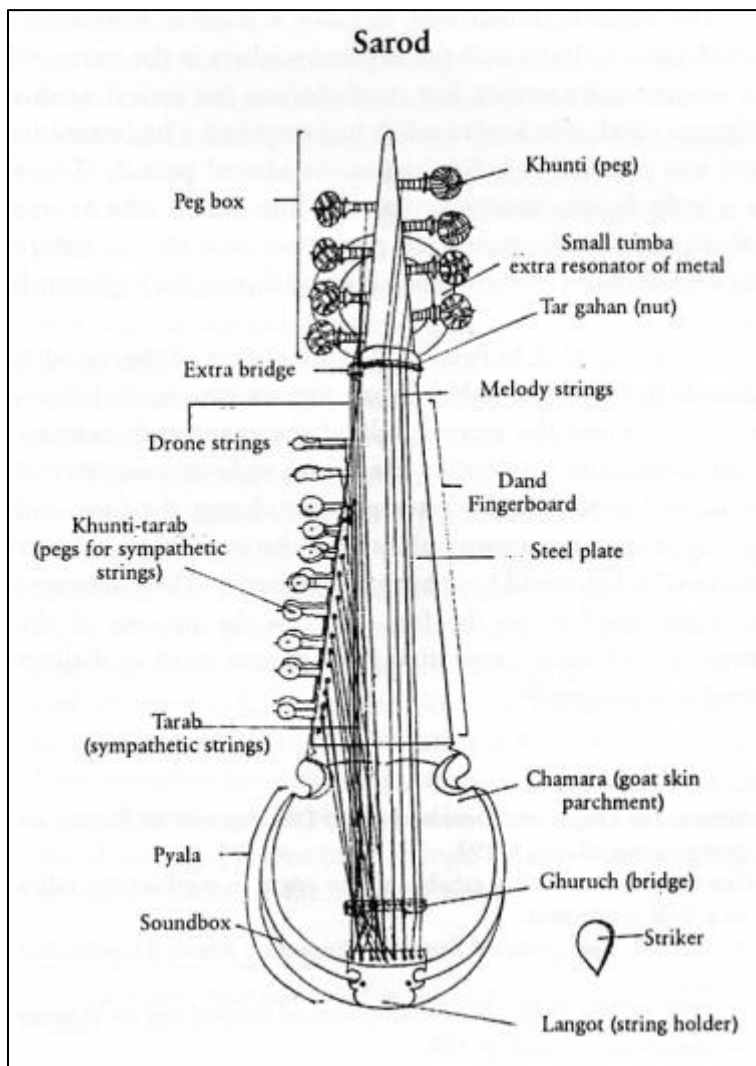


Abbildung 11 Aufbau und Bestandteile der Sarod

3.1.3 Rabab

„Instrumente mit dem Namen Rabab sind weit im Orient verbreitet.

Im Fall der afghanischen Rabab handelt es sich um eine Langhalslaute, die aus einem einzigen Maulbeerholzstamm geschnitzt wird. Der Klangkörper ist mit einer Ziegenhaut bespannt über den die drei Spielsaiten verlaufen. Von einem kleinen Hornsteg werden sie gehalten und an einem Knauf am Ende des Klangkörpers befestigt. Weitere über den unteren Teil des Griffbrettes laufende 17 Resonanzsaiten werden in der jeweils gespielten Tonart gestimmt.

Die Rabab hat einen schmalen und in der Tiefe spitz zulaufenden Klangkörper der an den Bau eines Schiffes oder Bootes erinnert. [...]

Man schätzt, dass die Geschichte der afghanischen Rabab ca. 2000 Jahre alt ist. Die Beliebtheit dieses Instruments lässt sich aus zahlreichen Tempelmotiven die lautespielende Damen darstellen, aus Miniaturmalereien ersehen, aber auch von der vielfachen Erwähnung in poetischen Texten ableiten.

In ganz Afghanistan war und ist die afghanische Rabab eines der dominanten Melodieinstrumente. [...] Die Rabab wird zu allen feierlichen Anlässen gespielt, es ist ein Hauptinstrument der afghanischen Folklore und hat auch in der spirituellen Musik der Sufis stets eine zentrale Rolle gespielt.“ (www.daud-khan.de)



Abbildung 12 Rabab

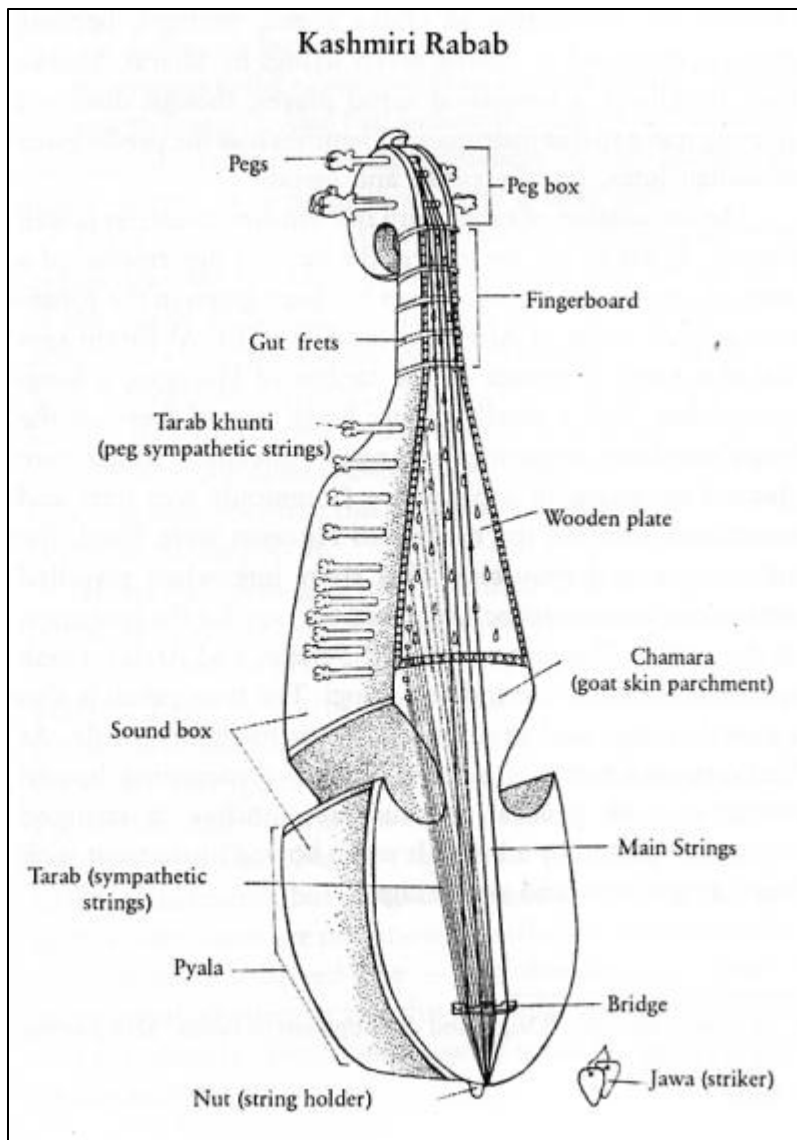


Abbildung 13 Aufbau und Bestandteile der Rabab

3.1.4 Surbahar

„Man könnte die Surbahar, die meist um eine Quarte bis Quinte tiefer als eine Sitar gestimmt ist, als eine Basssitar bezeichnen. Dies zieht nach sich, dass die Surbahar erheblich länger als eine Sitar ist und auch über einen breiteren Hals verfügt. [...] Anders als bei den Sitar sind Surbahars weniger standardisiert und sind daher in den unterschiedlichsten Größen, Formen, Ausstattungen und Dekorationen am Markt erhältlich.“ (www.indische-instrumente.de)



Abbildung 14 Surbahar

3.1.5 Vichitra-Vina

Die Vichitra-Vina bezeichnet ein nordindisches Instrument, das im 19. Jahrhundert als eine Kreuzung aus Vina und Sitar entstand.

„Wie die Rudra-Vina und die Sursringar zählt auch die Vichitra-Vina zu den heute sehr selten gespielten und gebauten Instrumenten. Sie hat, wie die Rudra-Vina, zwei große Kürbisresonatoren, verfügt jedoch über kein Resonanzrohr über das die Saiten gespannt sind. Stattdessen hat sie einen bundlosen, sehr breiten Instrumentenhalskorpus auf dem sich sowohl die Resonanzsaiten, die Wirbel und die Brücke befinden. Der Spieler stellt zum Spielen die Vichitra-Vina vor sich auf den Boden und zupft, wie bei der Rudra-Vina, die Spielsaiten mit Plektren an Zeige- und Mittelfinger. Die Bordunsaiten werden mit dem kleinen Finger angespielt. Wie bei der Bottleneck-Technik der Slide-Gitarre wird die Tonhöhe durch Hin- und Herbewegen eines glatt polierten Steines auf den Spielsaiten verändert.“ (www.indische-instrumente.de)



Abbildung 15 Vichitra-Vina



Abbildung 16 Zwei Jawari-Brücken für Spiel- und Resonanzsaiten

3.1.6 Hansa-Vina

„Die Hansa-Vina ist ein neu entwickeltes Instrument aus der Werkstatt von Monoj Kumar Sardar in Kalkutta. Sie hat fünf Gitarrensaiten, die in Slide-Technik gespielt werden. Dazu kommen vier Bordun- und 13 Resonanzsaiten. Die Hansa-Vina lässt sich wie eine Sitar oder Gitarre halten und anschlagen, wobei die Melodie mit einem auf einem Finger der linken Hand aufgesetzten Bottleneck geformt wird. Alternativ kann die Hansa-Vina auch im Schneidersitz flach auf den Schoß gelegt und mit dem Bottleneck von oben aufgehalten gespielt werden.“
(www.india-instruments.de)



Abbildung 17 Hansa-Vina



Abbildung 18 Modernes europäisches Merkmal: Gitarrenmechaniken für die Spielsaiten



Abbildung 19 Zwei Jawari-Brücken für Bordun- und Resonanzsaiten. Die Melodiesaiten sind auf einer einfachen Stegeinlage gelagert.

3.2 Experimentelle Instrumente europäischen Typs

Hier soll nur eine kleine Auswahl an experimentellen Instrumenten aufgeführt werden. Einen umfangreichen Katalog hat Gregg Miner erstellt und auf seiner Website www.harp guitars.net veröffentlicht.

3.2.1 Historische Instrumente

José Porcel

Interessant ist das Instrument von José Porcel von 1867 (s. Abbildung 20). Die diagonale Anordnung der Resonanzsaiten zu den Hauptsaiten einer sehr viel späteren Gitarre inspirierte den Verfasser zu einem eigenen Instrument (s. 1.1).



Abbildung 20 Gitarre von José Porcel

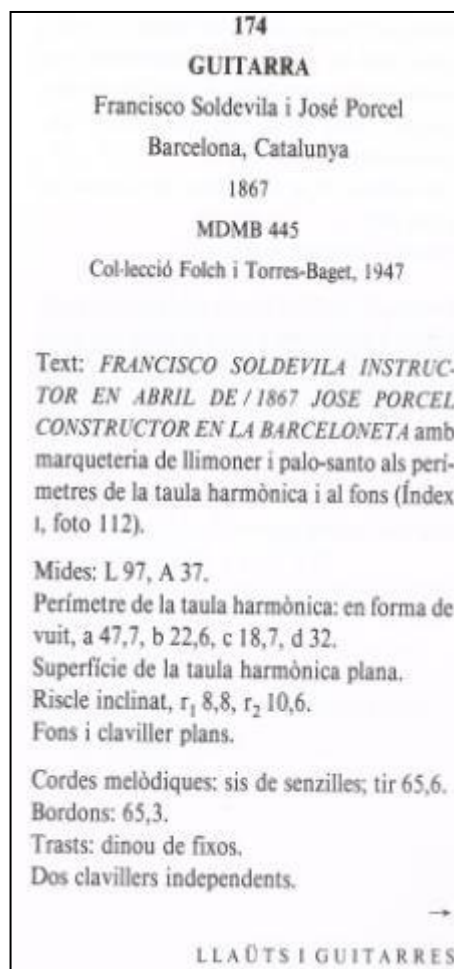


Abbildung 21 Angaben zur Abbildung links

John Frederick Hartman

Bei der Gitarre von John Frederick Hartman verlaufen die 16 Resonanzsaiten durch eine Verlängerung des Korpus unter dem Hals (Abbildung 22). Der Boden ist abnehmbar. In dem verlängerten Korpus ist genug Platz, dass die Resonanzsaiten in voller Länge schwingen können.

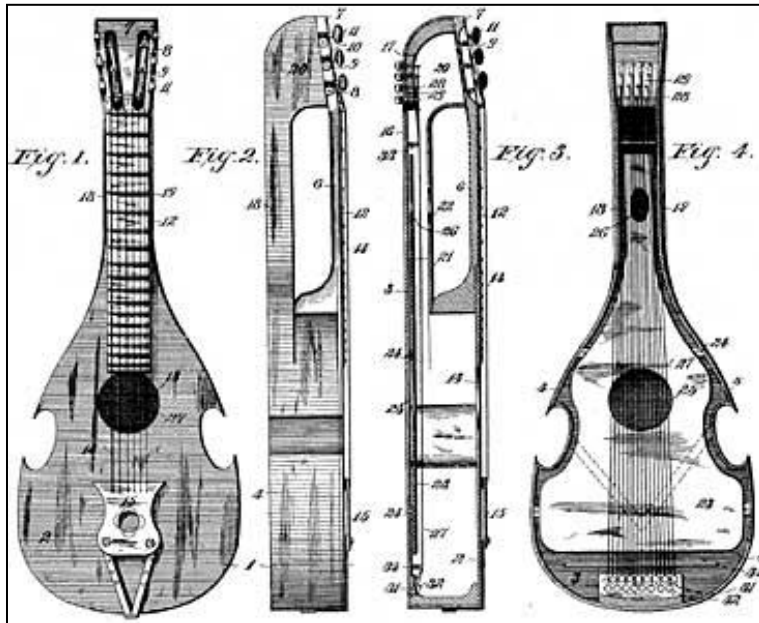


Abbildung 22 Aus einer Patentschrift von 1897: Gitarre von John Frederick Hartman

José Ramirez

Auch José Ramirez baute Mitte der 1960er Jahre eine Gitarre mit Resonanzsaiten im Korpusinneren. Die Saiten wurden durch Korpus und Hals zum Kopf gespannt, wo ein zweiter ebenfalls mit Mechaniken versehener Kopf unter den ersten angebracht war. Ramirez kam nach seinen Vorstellungen aber zu keinem zufriedenstellenden Ergebnis, verwarf diese Idee und widmete sich der Entwicklung einer zehnsaitigen Gitarre.

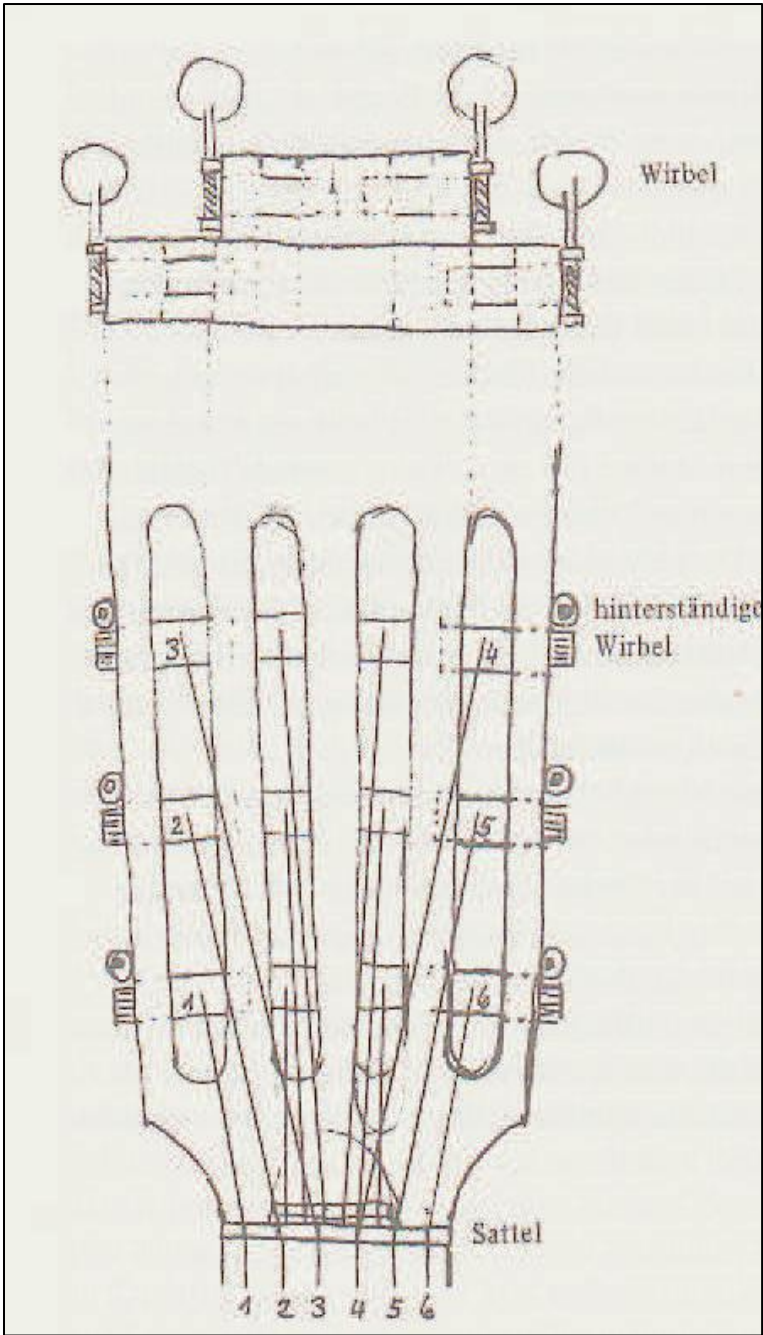


Abbildung 23 Kopf der Ramirez-Gitarre

3.2.2 Fred Carlson: *Sympitar* und *The New Dream*



Abbildung 24 Fred Carlson

Fred Carlson gilt für einige Gitarrenbauer, die mit dem Extravaganten experimentieren, als Meister und Inspirationsquelle. Sicher ist er ein Pionier, wenn es darum geht, Gitarren in ihrem Saitenumfang zu erweitern.

Sein erstes Instrument, ein Dulcimer, baute er 1972 im Alter von 16 Jahren. 1975 ging er an eine Gitarrenbauschule und verinnerlichte das Handwerk bei seinem Lehrer, dem Gitarrenbauer Charles Fox. Ab 1980 teilte er sich mit der Geigenbauerin Suzy Norris eine Werkstatt, die ihn mit einer experimentellen *Five string violin/viola* mit fünf Resonanzsaiten zum Bau seiner ersten *Sympitar* animierte. In Zusammenarbeit mit verschiedenen Musikern, unter anderem Alex de Grassi, entwickelt er seine Instrumente bis heute als individuelle Kunstwerke. Fred Carlson lebt heute in Coastal Hills, außerhalb von Santa Cruz, Californien.

Sympitar



Abbildung 25 Sympitar von Fred Carlson



Abbildung 26 Die Resonanzsaiten werden via Karbonkanäle durch den Hals geführt



Abbildung 27 Die Deckenbeleistung einer *Sympitar*



Abbildung 28 Dämpfungsmechanismus für Resonanzsaiten

The New Dream



Abbildung 29 39-saitige Harp-Sympitar: The New Dream



Abbildung 30 Die Resonanzsaiten werden durch den Steg geführt



Abbildung 31 Gitarren- und Banjo-Mechaniken am Kopf von *The New Dream*



Abbildung 32 Die Basssaiten lassen sich durch Mini-Kapodaster auf dem Griffbrett schnell und individuell umstimmen



Abbildung 33 Violinen-Feinstimmer für das Feintuning der zusätzlichen Diskantsaiten (Harfensaiten / Resonanzsaiten)



Abbildung 34 Banjo-Mechaniken zum groben Vorstimmen, Harfen-Mechaniken zum schnellen Umstimmen.

3.2.3 Linda Manzer: *Pikasso-, Harpsitar- und Medusa-Gitarre*



Abbildung 35 Linda Manzer

Linda Jane Manzer aus Toronto, Kanada erlernte den Gitarrenbau zwischen 1974 und 1978 bei Jean Larrivéé und später bei Jimmy D'Aquisto. Als renommierte Gitarrenbauerin ist sie besonders durch die Zusammenarbeit mit dem Jazz-Gitarristen Pat Metheny bekannt. Auf dessen Wunsch nach einer Gitarre mit „so vielen Saiten wie möglich“ entwarf und baute sie die mit drei Hälsen und 42 Saiten ausgestattete *Pikasso-Gitarre*.



Abbildung 36 *Pikasso-Gitarre*

Weitere Instrumente Manzers sind die *Harpsitar-Gitarre* mit Jawari-Brücke für die Spielsaiten und die *Medusa-Gitarre*.



Abbildung 37 Harpsitar-Gitarre



Abbildung 38 Medusa-Gitarre

3.2.4 Vishwa Mohan Bhatt / Concord: *Mohan-Vina*

„Die Korpusform der Mohan-Vina erinnert an eine traditionelle Gibson-Jazz-Gitarre. Boden, Zargen und Hals sind aus Mahagoni, die Decke (mit F-Löchern statt rundem Schalloch) aus Fichte und das bundlose Griffbrett aus Rosenholz. Die Korpusränder sind mit typisch indischen gravierten Celluloid-Verzierungen versehen. Seitlich ans Griffbrett montiert sind die Mechaniken für zwölf Resonanzsaiten, die unter den Spielsaiten über eine kleine flache Hornbrücke laufen, wie sie auch bei Sitaris verwendet wird. Für das Melodiespiel stehen drei Saiten zur Verfügung (2 x Stahl, 1 x Bronze) und für die rhythmische Begleitung fünf Bordunsaiten, die etwas tiefer gelegt sind als die Melodiesaiten“.
(www.india-instruments.de)



Abbildung 39 *Mohan-Vina*



Abbildung 40 Anders als bei den traditionellen indischen Instrumenten werden die Resonanzsaiten hier nicht in den Hals gezogen.



Abbildung 41 Die Spielsaiten sind nicht auf einer Jawari-Brücke gelagert.

3.2.5 Philipp Neumann: *Lotus-Gitarre*

Bei der zweihälsigen *Lotus-Gitarre* von Philipp Neumann sind die Resonanzsaiten auf einer Jawari-Brücke gelagert.



Abbildung 42 Die 23-saitige *Lotus-Gitarre* von Philipp Neumann



Abbildung 43 Die Resonanzsaiten werden durch die Decke in das Korpusinnere gezogen



Abbildung 44 Dämpfungsmechanismus für Resonanzsaiten

3.2.6 Jim Worland

Als Inspiration für seine einzige Gitarre mit Resonanzsaiten nennt Jim Worland die Arbeiten von Fred Carlson und William Eaton. Die hier gezeigte Harfen-Gitarre im Dyer/Knutsen-Stil entstand 2007 (s. Abbildung 45).

Die zwölf Resonanzsaiten werden durch den Hals geführt und sind auf einer Jawari-Brücke gelagert.

Auf seiner Internetseite www.worlandguitars.com zeigt Worland den detaillierten Arbeitsablauf der Herstellung des Instruments.



Abbildung 45 *Harp-Gitarre* mit Resonanzsaiten im Korpusinneren von Jim Worland

3.2.7 Weitere Instrumente

John Heussenstamm: Umbau einer Yamaha-Stahlsaitengitarre

An eine handelsübliche zwölfsaitige Stahlsaitengitarre wurden Resonanzsaiten angebracht.

„John [Heussenstamm] discusses and plays a prototype 9 string acoustic guitar that he made from a 12 string Yamaha FG-230 acoustic guitar. It was designed for Raga Alap type music“.

(<http://www.youtube.com/watch?feature=endscreen&NR=1&v=A03m79M2CmI>)



Abbildung 46 Yamaha-Stahlsaitengitarre mit zwölf diagonal angeordneten Saiten

Neol Booth: *Sympathetic Banjo*

Neol Booth baute ein Banjo mit 7 Resonanzsaiten. Diese sind auf einer Jawari-Brücke gelagert und verlaufen durch den Hals zum Kopf. Nach Angaben des Herstellers begrenzt das obere Ende der Mensur ein separater Sattel am Kopf. Demzufolge ist anzunehmen, dass sie in ihrer kompletten Länge schwingen und nicht – wie etwa bei den Instrumenten Fred Carlsons – vor dem Hals auf einem Sattel gelagert werden.



Abbildung 47 *Sympathetic Banjo* von Neol Booth

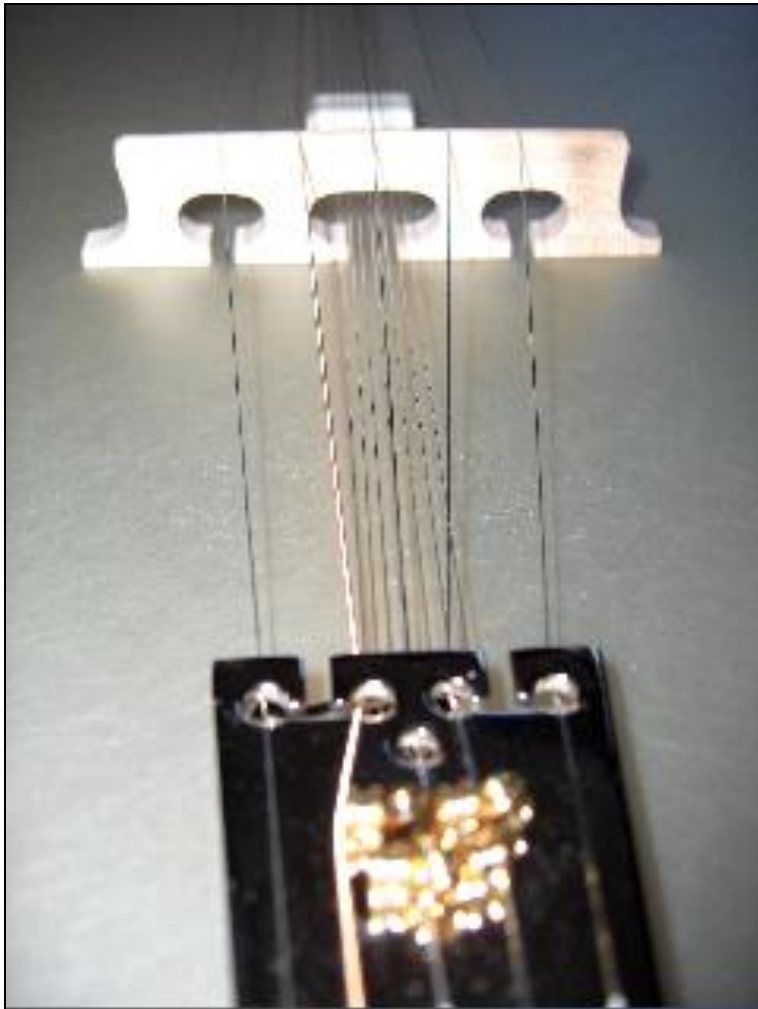


Abbildung 48 Saitenhalter und Steg des Banjo von Neol Booth. Über dem Steg ist die Jawari-Brücke zu sehen.

Dubriulle

Zur dem abgebildeten Instrument standen dem Verfasser keinerlei Informationen zur Verfügung. Sowohl Spiel- und Bordun- als auch Resonanzsaiten scheinen dem Foto nach auf einer Jawari-Brücke gelagert zu sein. Anscheinend handelt es sich hier um eine Zusammenfügung von Gitarrenbestandteilen unterschiedlicher Instrumente.



Abbildung 49 *Dubriulle*; unbekannter Hersteller

4. Die Weiterentwicklung der *Aliquotgitarre*

Eine Gitarre mit zusätzlichen Saiten zu versehen erfordert einige Überlegungen zu Statik, Design, Saitenbefestigung, -lagerung und -anordnung – insbesondere, wenn diese diagonal übereinander verlaufen sollen. Mit den Erfahrungen aus dem ersten Instrument, das als Experiment gedacht war, wurden nun Überlegungen zu einer Weiterentwicklung angestellt.

4.1 Probleme einer früheren *Aliquotgitarre*

Schwächen der ersten *Aliquotgitarre* sind vor allem die unter dem Saitenzug stark eingefallene Decke und die zu große Reibung an den Knochensätteln der Resonanzsaiten. Dadurch, dass diese Saiten im nahezu rechten Winkel über die Korpuskanten gezogen werden, resultiert ein hoher Druck und somit eine große Reibung in den Sattelkerben. Als Folge klemmen die Resonanzsaiten in den Kerben und lassen sich nur ruckartig über die Violinen-Feinstimmer stimmen, was diese so gut wie überflüssig macht.



Abbildung 50 Saitenverlauf über den unteren Resonanzsaiten-Sattel

Ein weiterer Nachteil beim Stimmen der Resonanzsaiten ist, dass die Feinstimmer diskantseitig am Unterbug angebracht und so in Spielhaltung nicht zu sehen sind (s. Abbildung 51).



Abbildung 51 Die Feinstimmer am Unterbug

Durch die Anordnung der Resonanzsaiten am Instrument liegen diese in dem Bereich, in dem man sie anspielen würde, so nah beieinander, dass es einige Mühe macht, sie einzeln zu zupfen.



Abbildung 52 Unregelmäßige und enge Abstände im unteren Bereich der Resonanzsaiten

Die Decke der ersten *Aliquotgitarre* ist besonders vor dem Resonanzsaitensteg stark, aber auch vor dem Hauptsteg leicht eingefallen. Durch diese Deformation ist zu befürchten, dass bei Schlägen auf die Decke Leisten abplatzen oder einreißen könnten. Außerdem ist anzunehmen, dass eine stark eingefallene Decke die Stimmstabilität beeinträchtigt.



Abbildung 53 Deckenbeleistung der ersten *Aliquot-Gitarre*

Neben den funktionellen und statischen Problemen ist auch das Design der ersten *Aliquotgitarre* nicht mehr zufriedenstellend. Weder die Größe des Schalllochs noch die Konturen von Schallloch und Stegen harmonisieren genügend mit dem Instrument.

Unbefriedigend ist auch die Funktionsweise der Gitarren- und Bassmechaniken der Firma Schaller. Sie entspricht mittelmäßigen Industriegitarren, nicht aber hochwertigen und hochpreisigen Einzelanfertigungen aus Meisterhand.

4.2 Überlegungen zum Gitarrenbau

Das zweite Instrument sollte in seinem grundsätzlichen Aufbau weitestgehend mit dem ersten identisch sein. Lediglich Schallloch und Stege sollten in ihrer

Gestaltung überarbeitet und die angesprochenen Probleme des Prototyps konstruktiv behoben werden. Außerdem wurden zur Umsetzung teilweise andere Materialien verwendet.

4.2.1 Decke

Wie schon Antonio de Torres erkannte, ist die Qualität einer Instrumentendecke eine entscheidende Basis für ein gutes Instrument. Um die Decke der *Aliquotgitarre* gemäß einem Saitenzug von knapp 180 Kilopont nicht zu dick zu gestalten und damit ihre Resonanzfähigkeit zu hemmen, wurde hier das beste Deckenmaterial gewählt, das erhältlich war. Die Decke sollte nicht stärker werden als die einer herkömmlichen Industriegitarre und doch dem erhöhten Saitenzug standhalten.

Bezüglich der Beleistung wurde überlegt, alternative Materialien als Holz einzusetzen, um Gewicht zu sparen und eine höhere Steifigkeit zu erzielen. Da der Autor aber zu Beginn des Baus noch keine Erfahrungen mit alternativen Materialien gesammelt hatte, sollte die Verwendung des traditionellen Werkstoffs beibehalten werden.

Es galt nun, die Decke so steif wie nötig zu gestalten, dass sie dem hohen Druck der Saiten auf die beiden Stege standhält. Gleichzeitig sollte sie noch in der Lage sein, dem Tonumfang der *Aliquotgitarre* gerecht zu werden und diese in sämtlichen Registern voluminös und durchsetzungsfähig erklingen zu lassen.

4.2.2 Lagerung der Resonanzsaiten auf den Sätteln

Bereits bei der ersten *Aliquotgitarre* wurde überlegt, die Resonanzsaiten an den Korpuskanten auf Rollen zu lagern. Industriell gefertigte Rollensättel, beispielsweise für E-Gitarren, sind auf einer Geraden nebeneinander angeordnet und konnten wegen der Korpusradien nicht verwendet werden. Dadurch, dass die Saiten nicht nur nach unten, sondern zumeist auch zur Saite umgelenkt werden sollten, war es auch nicht zufriedenstellend, einzelne Rollen entlang des Korpusumrisses anzubringen.

Deshalb sollte ein Rollensattel ersonnen werden, der den Korpusradien angepasst ist und bei dem die Achsen der einzelnen Rollen sich der Länge nach um 180° drehen lassen. So sollte die Möglichkeit bestehen, die Rollen entsprechend dem Saitenverlauf zu drehen und die Reibung an den Kanten der Rollen zu vermindern oder gar zu vermeiden.



Abbildung 54 Die Prototypen der neu entwickelten Rollensättel

Im Idealfall wären Distanzstücke (z.B. kleine Kugeln), die auf derselben Achse beidseitig der Rollen lagern, einzubauen, um die Rollen im Lager zu zentrieren. Dies war allerdings nicht umzusetzen, da solch kleine Bauteile nicht erhältlich waren.

4.2.3 Lage der Resonanzsaiten

Der Winkel, in dem die Resonanzsaiten zueinander verlaufen, und der Abstand zwischen ihnen sollten – anders als beim ersten Instrument – nicht nach optischen Kriterien, sondern nach konstruktionstechnischen Möglichkeiten und einer optimierten Spielbarkeit gestaltet werden. Am linken Oberbug sollten die Saiten so dicht wie möglich nebeneinander positioniert werden. Die Abstände der Saiten untereinander sind an dieser Stelle abhängig von der kleinstmöglichen Ausführung des Rollensattels. Über der Decke sollten die Saiten in dem Bereich, in dem man sie anspielen würde, gleichmäßige Abstände aufweisen, die in ihrer Größe denen der Spielsaiten ähnlich sind: 11 mm bei den Spielsaiten und 10 mm bei den Resonanzsaiten (s. Abbildung 55).

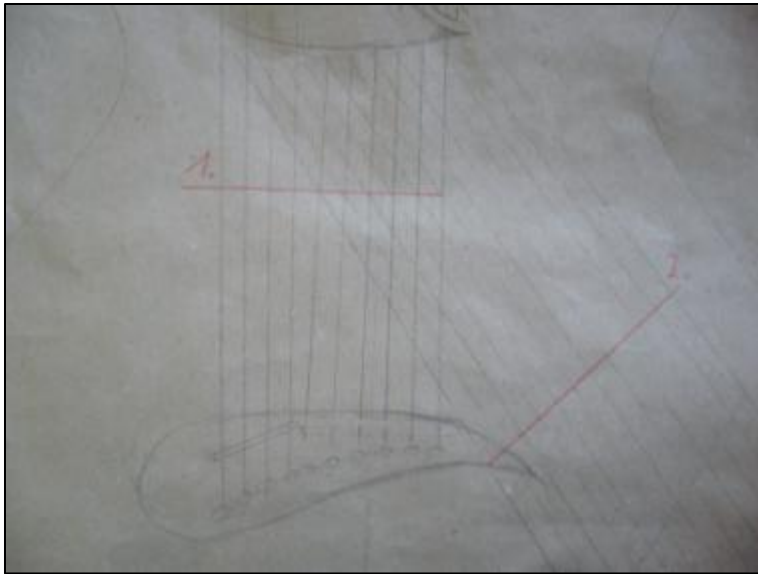


Abbildung 55 Saitenabstände im spielrelevanten Bereich

4.2.4 Besaitung und Stimmung

Die Saiten für die *Aliquotgitarre* sollten von der Firma Lenzner in Erlbach hergestellt werden. Für die Griffbrettsaiten sollte bei der Erstbesaitung ein Satz ‚Fisoma 80/20 Bronze‘ der Stärke L (.011 auf .047) verwendet werden, der einen Saitenzug von ca. zehn Kilopont pro Saite aufweist. Die Basssaiten haben einen Saitenzug von elf Kilopont und die Resonanzsaiten von sechs Kilopont pro Saite.

Den angegebenen Saitenspannungen liegt folgende Stimmung zugrunde:

Basssaiten

A,
H,
C
D

Griffbrettsaiten

E
A
d
g
h
e'

Resonanzsaiten

a
a
h
c'
c'
d'
e'
e'
f'
g'
a'
a'

Der Übersichtlichkeit halber wurde für die Bass D-Saite und die Resonanz e'-Saiten rot gefärbter Umspinnendraht verwendet.

5. Realisierung einer Gitarre mit Resonanzsaiten (*Aliquotgitarre*)

Nach den angeführten Überlegungen sollte nun unter Berücksichtigung der gewonnenen Erkenntnisse ein verbessertes Instrument entstehen.

5.1. Dokumentation

Alle Maße werden im Folgenden in Millimeter angegeben. Querschnitte in Klammern (z.B.: Höhe, max. - min. / Breite, max. - min.).

5.1.1 Decke

Als Material wurde eine Fichtendecke aus den Beständen von Karl Sandvoss gewählt. Die Decke zeichnet sich durch eine sehr hohe Quersteifigkeit und deutliche Markstrahlen aus, die auf eine Lage zur natürlichen Spaltrichtung des Holzes hinweisen. Des Weiteren ist die Decke als Mondholz zertifiziert, was allerdings kein entscheidendes Merkmal bei der Materialauswahl war.



Abbildung 56 Siegel des Institute of Stringed Instruments, Guitars and Lutes

Die Decke wurde nach der stark asymmetrischen Belastung durch die Saitenzugkräfte ausgearbeitet. Nach Fertigstellung der Gitarre betrug die Stärke 2,3 mm im Bass und 2,7 mm im Diskant (s. Abbildung 57).

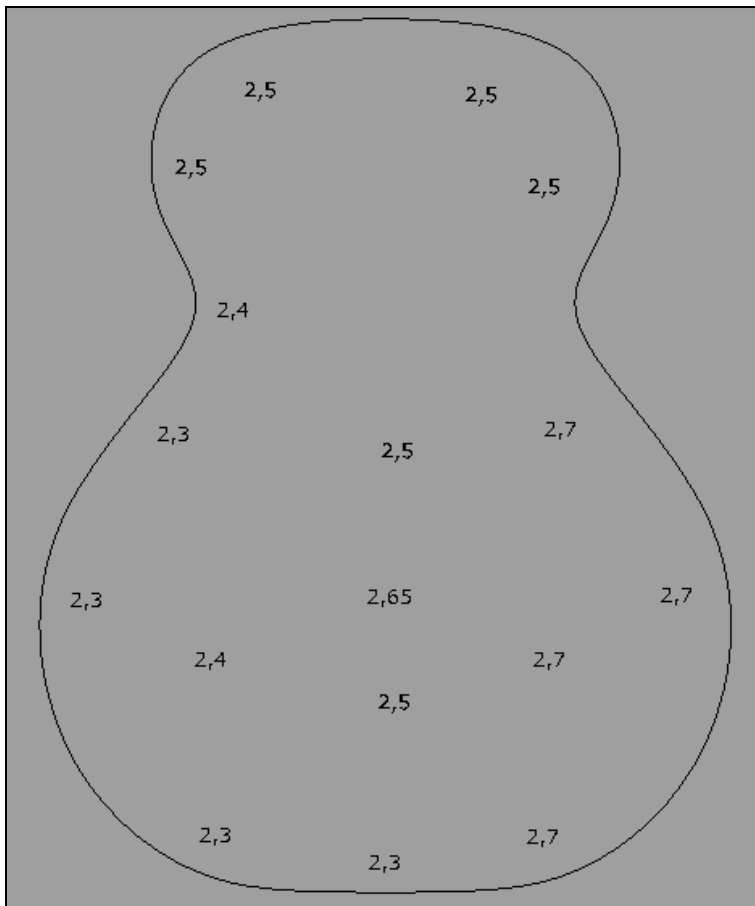


Abbildung 57 Deckenstärken betrachtet von der Außenseite

Als Basis für die Deckenbeleistung dient das bewährte X-Bracing. Die von innen betrachtete linke X-Leiste (16-3 x 10-7) verläuft exakt unter der tiefsten Resonanzsaite. Die nahezu parallel ausgerichtete durchgehende Leiste (14-3 x 7,5-6,6) auf der anderen Seite des Schallochs verläuft unter der höchsten Resonanzsaite. Diese beiden Leisten sollen sowohl dem Druck des Resonanzsaitenstegs entgegenwirken als auch den Saitenzugkräften der Resonanzsaiten, die an den Korpuskanten die Rollensättel mit dem Wirbelstock und dem Trägerklotz des Saitenhalters in den Korpus ziehen.



Abbildung 58 Fertig ausgearbeitete Deckenbeleistung

Bassseitig ist die Decke mit drei schmalen, leichten Leisten (11,5-0 x 6-4,5) nur gering versteift. Diese Leisten sind in die rechte X-Leiste eingeklinkt, um den Druck darauf in Richtung Korpusrand zu verteilen. Außerdem dienen sie der Vorbeugung von Rissen (Abbildung 59).

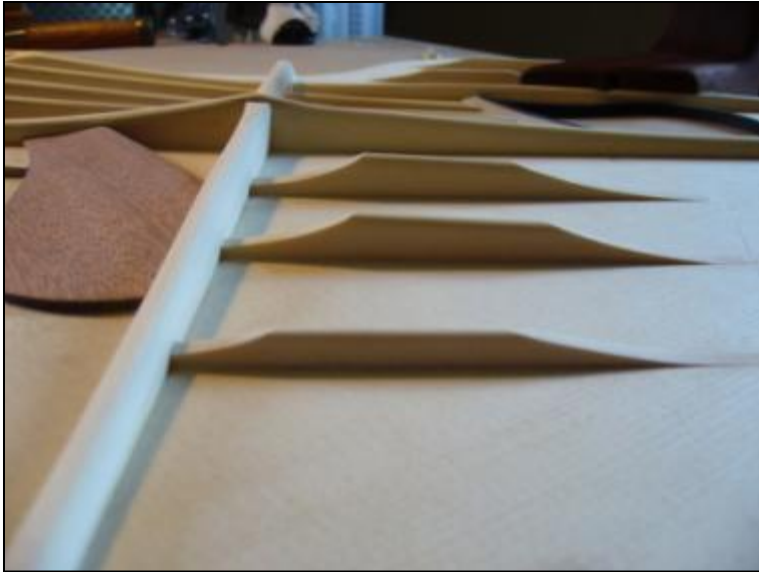


Abbildung 59 Leichte Beleistung auf Bassseite

Das Stegfutter aus Mahagoni dient der Querversteifung des Hauptstegs und dem Schutz der Decke vor Beschädigungen durch die Ballends der Saiten. Um den Steifigkeitseffekt an entscheidender Stelle zu erhöhen, ist das Futter im Bereich unter der Stegeinlage deutlich höher. Die zusätzliche Masse des Mahagonifutters soll sich auch positiv auf das Sustain der Spielsaiten auswirken (Abbildung 60).



Abbildung 60 Stegfutter

Die fünf fächerförmig angeordneten Leisten inklusive der linken X-Leiste unter dem Resonanzsaitensteg sollen den Druck des Stegs auf eine möglichst große Fläche verteilen. Sie sind daher weit ausgefedert und nicht mit der rechten X-Leiste verklinkt. Eine Querleiste unter dem Steg erhöht die Quersteifigkeit und verteilt den Druck über die Enden des Stegs hinaus etwas weiter auf die Decke (Abbildung 61).

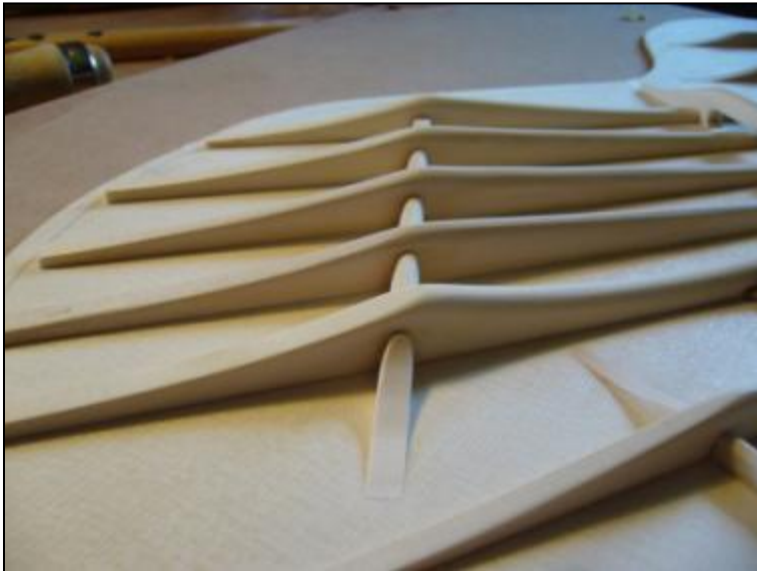


Abbildung 61 Die Querleiste markiert die Stegposition

Die rechte X-Leiste ist getunnelt. Ein Verklinken aller Leisten hätte an dieser Stelle eine deutlich höhere Deckensteifigkeit mit sich gebracht. Außerdem ergeben sich so Möglichkeiten für akustische und statische Experimente durch Kopplung der Leisten mittels Distanzstücke (z.B. Keile) (Abbildungen 62 und 63).

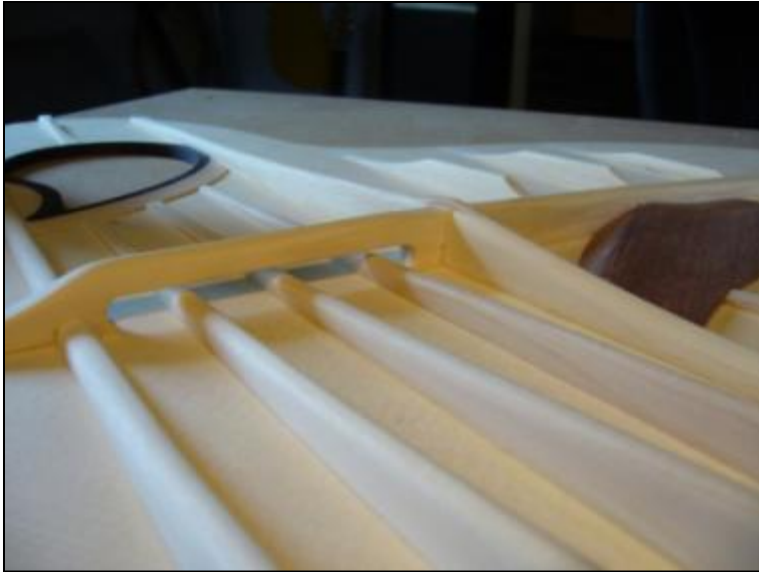


Abbildung 62 Getunnelte X-Leiste



Abbildung 63 Weit ausgefederte Leisten unter dem Resonanzsaitensteg

Die Stöcke an den Enden der Resonanzsaiten werden konstruktiv gegen den Saitenzug gestützt. Die Leimfugen zur Decke werden dadurch entlastet (Abbildung 64).



Abbildung 64 Leistenenden stützen Wirbelstock und Saitenhalter

Vor dem Ausschneiden des Schallochs wurde die Schnittkante auf der Innenseite der Decke mit einem Futter aus Fichte verstärkt. Nach Anleimen der Schallochränder wurden diese von innen durch Aufleimen eines Furniers nochmals gesichert (Abbildung 66).



Abbildung 65 Die beiden äußeren Schallochränder



Abbildung 66 Schallochfutter und innerer Schallochrand

5.1.2 Boden und Zargen

Der Boden und die Zargen bestehen bei diesem Instrument aus Vogelaugenahorn. Da das dekorative Phänomen der ‚Vogelaugen‘ nur im Tangentialschnitt aus dem Baumstamm gewonnen werden kann, weisen solche Holzstücke eine verhältnismäßig geringe Quersteifigkeit auf. Aus diesem Grund wurde der Boden mit vier kräftigen Querleisten und zwei zusätzlichen Längsleisten verstärkt (Abbildungen 67 und 68).

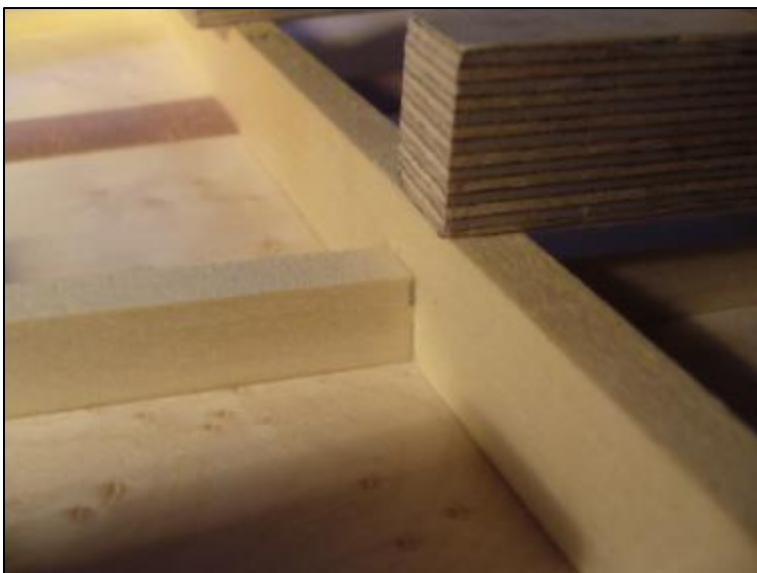


Abbildung 67 Verklüftung von Längs- und Querleiste am Boden

Von außen verdeckt eine keilförmige Mahagonieinlage mit Zierspänen die Leimfuge, von innen ist sie durch ein Mahagonifutter gesichert.



Abbildung 68 Bodenbeleistung

Die Zargen sind mit Mahagonikonsolen verstärkt. Gebogene und doppelt verleimte Reifchen aus Linde vergrößern die Leimfläche zu Boden und Decke (Abbildung 69).



Abbildung 69 Verstärkte Zargen

Der Zargenkranz wurde decken- und bodenseitig entsprechend der jeweiligen kugelförmigen Wölbungen abgerichtet.

5.1.2.1 Unterklotz

Der Unterklotz ist aus einem Stück Multiplex gefertigt. In ihn ist eine verschließbare Öffnung eingearbeitet, die ein nachträgliches Ausarbeiten der

Decken- und Bodenbeleistung, das Nachrüsten eines Tonabnehmersystems oder allgemeine Wartungsarbeiten erleichtern wird (Abbildung 70).

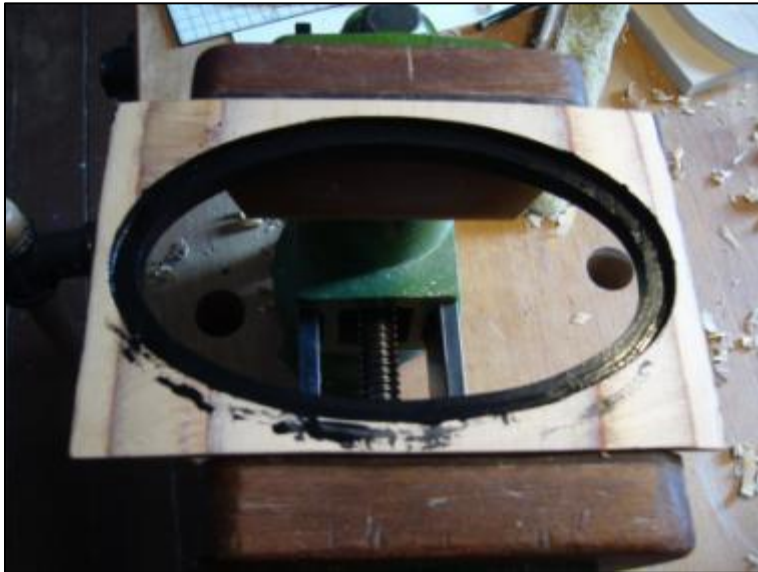


Abbildung 70 Unterklötz mit Eingriffsöffnung

5.1.2.2 Wirbelstock

Der Wirbelstock wurde aus einem massiven Stück Mahagoni gefertigt. Ein Arbeitsablaufplan, der zum Bau des Prototyps erstellt wurde, beschleunigte den Arbeitsprozess (Abbildungen 71 bis 74).

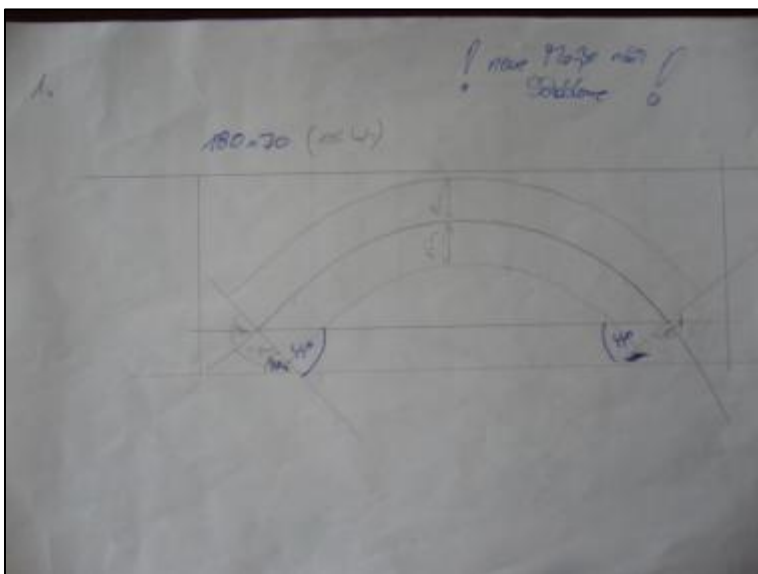


Abbildung 71 Arbeitsablauf Wirbelstock: Schritt 1

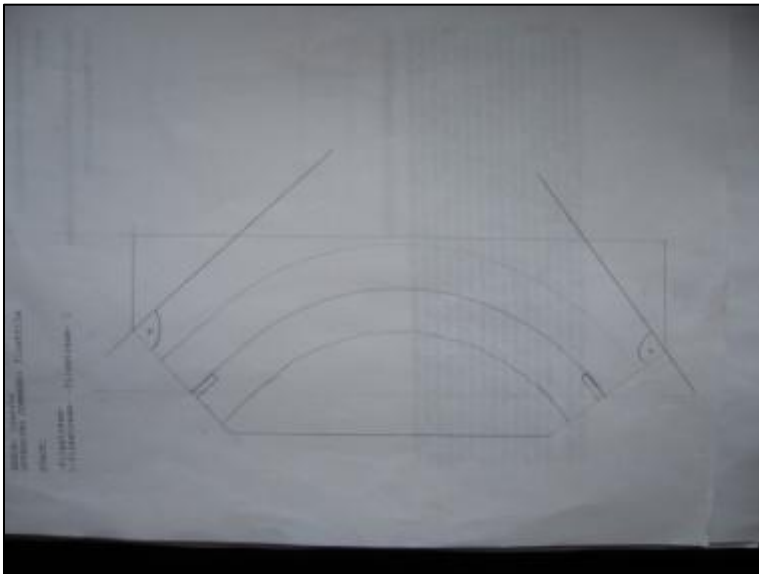


Abbildung 72 Arbeitsablauf Wirbelstock: Schritt 2

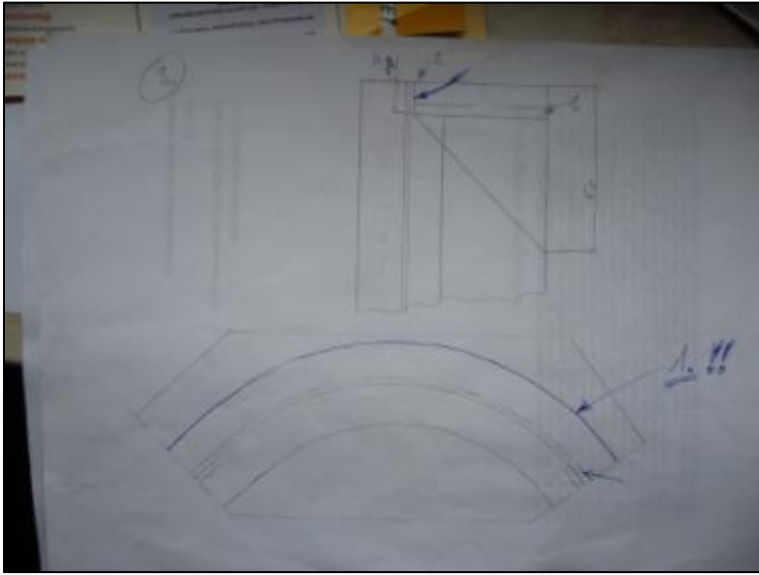


Abbildung 73 Arbeitsablauf Wirbelstock: Schritt 3

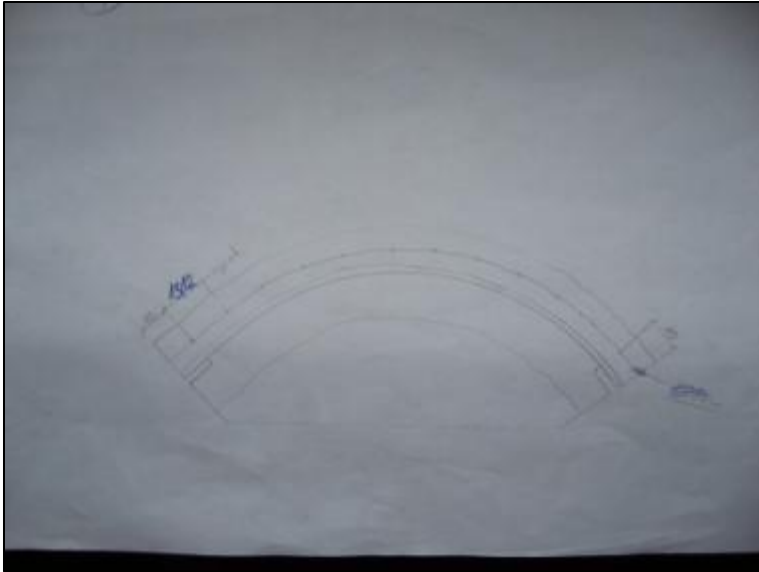


Abbildung 74 Arbeitsablauf Wirbelstock: Schritt 4

Die Zargenenden wurden in Nuten im Wirbelstock eingeleimt. Auch die Korpusränder verlaufen in Nuten im Stock. Zwölf Zitherwirbel dienen dem groben Vorstimmen der Resonanzsaiten.



Abbildung 75 Die Nuten dienen der Aufnahme der Zargenenden



Abbildung 76 Ein gegliederter Arbeitsablauf zur Herstellung des Wirbelstocks ermöglichte den Einsatz von Maschinen



Abbildung 77 Nuten an den Stirnenden nehmen die Korpusränder auf



Abbildung 78 Der fertig ausgearbeitete Wirbelstock

5.1.2.3 Trägerklotz für Saitenhalter

Der Klotz, an dem der Saitenhalter geschraubt wird, besteht aus einem massiven Stück Linde. In einer Aussparung an seiner Außenseite, die sich durch die Zarge fortsetzt, ist Platz für den unteren, am fertigen Instrument nicht sichtbaren Teil der Violinen-Feinstimmer. Der Trägerklotz wurde von innen flächig an die Zarge angepasst und geleimt.

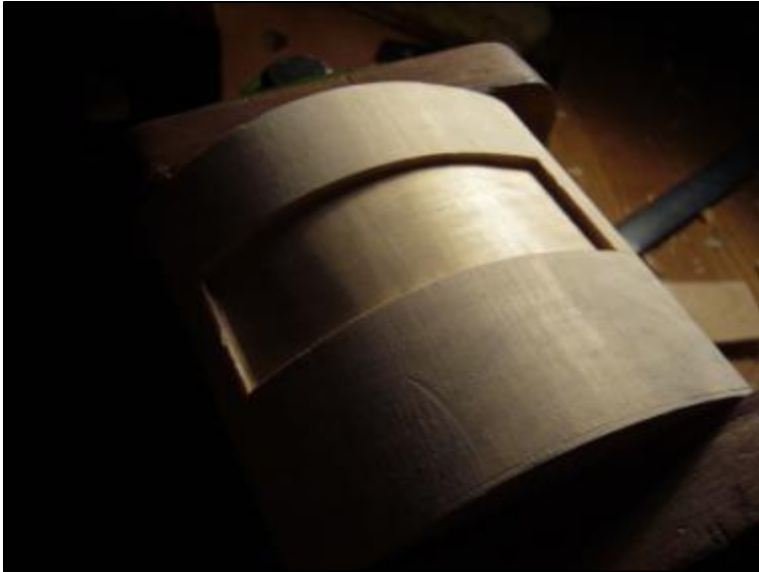


Abbildung 79 Aussparung für Violinen-Feinstimmer



Abbildung 80 Der Klotz wurde flächig an die Zarge geleimt

5.1.3 Hals

Der Hals wurde aus Mahagoni gefertigt und in spanischer Bauweise mit dem Korpus verbunden. Zwei Karbonstäbe (8 x 8) erhöhen die Biegesteifigkeit in Längsrichtung. Der Halsspannstab ist durch das Schallloch zu bedienen. Der linke, erweiterte Kopfteil wurde in drei Schichten konstruiert. Die unterste Schicht wurde durch zwei eingelassene, diagonal verlaufende Karbonstäbe stabilisiert und rückseitig mit einem Mahagoni- und vorderseitig mit einem schwarz gefärbten Pappelfurnier belegt. Die Kopfplatten bestehen – ebenso wie Boden und Zargen – aus Vogelaugenahorn.



Abbildung 81 Karbonstäbe zur Erhöhung der Längssteifigkeit

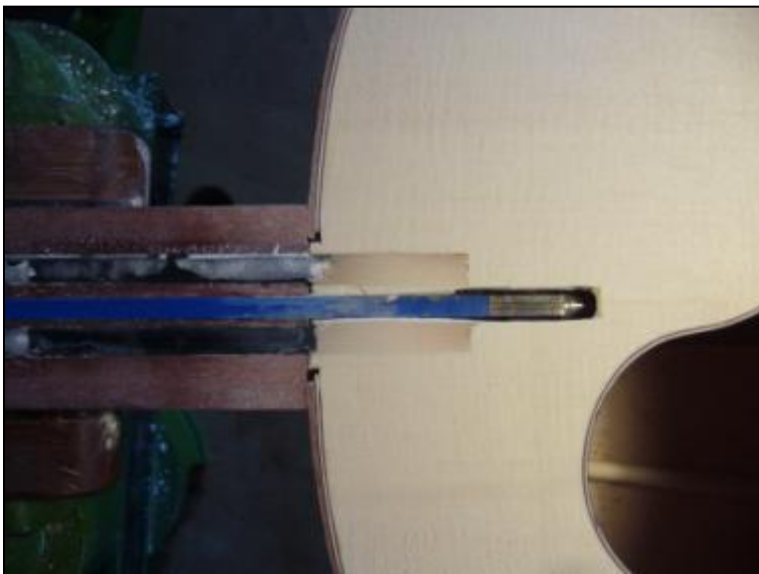


Abbildung 82 Der Halsspannstab ist durch das Schallloch zu bedienen



Abbildung 83 Furnierter unterer Kopf



Abbildung 84 Das Distanzstück zum oberen Kopf ist aufgeleimt



Abbildung 85 Die drei Schichten des Kopfes

Um eine hohe Saitenlage über der Decke zu erzielen und somit genügend Platz für die Resonanzsaiten zu schaffen, wurde der Hals um ca. $1,8^\circ$ in die Deckenebene gekippt und das Griffbrett mit einem Keil über der Decke erhöht. Der Keil ist am Halsansatz 9 mm hoch und verjüngt sich zum Sattel und Griffbrettende entsprechend der gewünschten Saitenlage und Steghöhe.

Das Griffbrett ist aus Ebenholz gefertigt und mit Neusilberbünden versehen. Die Griffbrettmarkierungen am 3., 5., 7., 9., 12. und 15. Bund sind kreisrunde Perlmuttereinlagen; Durchmesser: 2 mm Griffbrettkante, 5 mm Griffbrett.

5.1.4 Rollensättel

Die im Folgenden beschriebenen Rollensättel erwiesen sich in der Praxis als nicht einsatzfähig. Nähere Erläuterungen finden sich am Ende dieses Kapitels. Der Aufbau und das Funktionsprinzip der Sättel sollen an dieser Stelle trotzdem dokumentiert werden, da sie Anlass zu weiteren Überlegungen geben.

Die Rollensättel wurden aus mehreren mit Epoxidharz verklebten Schichten Holz und Neusilber gefertigt.

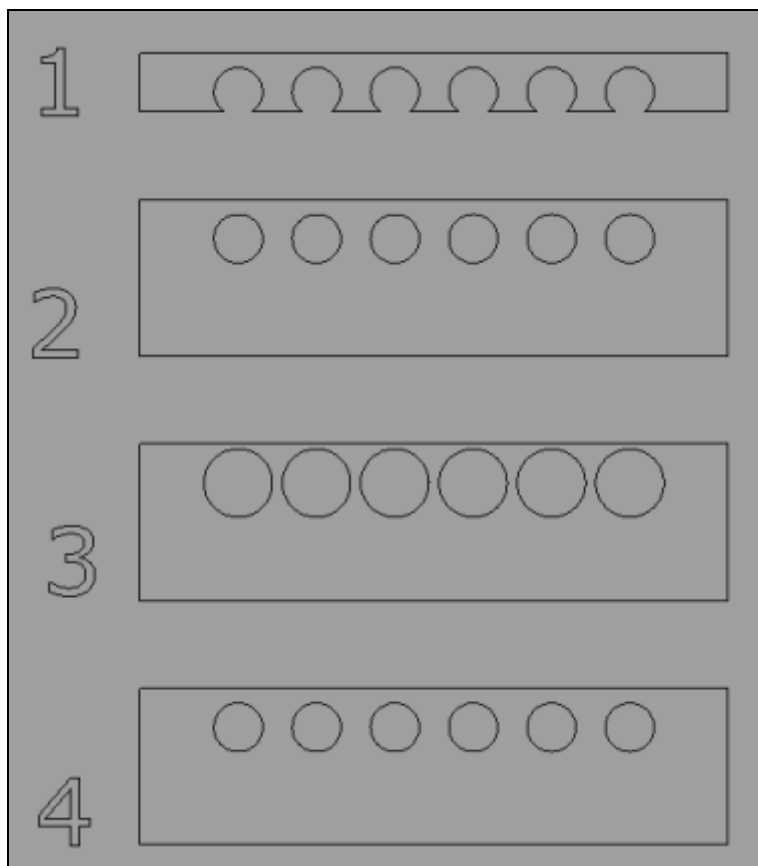


Abbildung 86 Schematische Darstellung des Aufbaus der Rollensättel

Auf der Schicht 2 lasten die Achsen der Rollen mit dem hauptsächlichlichen Saitenzug. Diese Schicht besteht aus Neusilber und ist 1 mm stark. Der Durchmesser der Bohrungen beträgt jeweils 5 mm.

Die Schicht 3 besteht aus zwei 0,8 mm starken Neusilberplatten, die zuerst gebogen und dann miteinander flächig verlötet wurden. In den 7 mm-Bohrungen lagern die Achsen der Rollen. Für die Achsen wurden 1,45 mm starke Stahlnägel verwendet, die auf ca. 6,8 bis 6,9 mm gekürzt und deren Enden verrundet wurden. Für die Rollen selbst wurden gewöhnliche Messing-Ballends verwendet, die von alten Stahlsaiten abgeschnitten wurden.

Die Deckschicht 4 ist eine 0,5 mm starke Neusilberplatte, die dazu dient, dass die Achsen mit den Rollen nicht aus dem Sattel fallen können.

Die Schicht 1 sorgt dafür, dass der Sattel deckenseitig auf der Korpuskante aufliegt und nicht Richtung Zarge wegrutscht. Diese Schicht besteht aus zwei 2 mm dicken Streifen Ahorn, die erst gebogen und dann flächig miteinander verleimt wurden. Die 5 mm großen Löcher in dieser Schicht wurden in dem Winkel gebohrt, in dem die Saiten jeweils auf den Sattel treffen.

Beide Sättel sind mit schwarzem Acryllack lackiert und auf den Flächen, die am Gitarrenkorpus anliegen, zur Dämpfung mit schwarzem Filz beklebt.

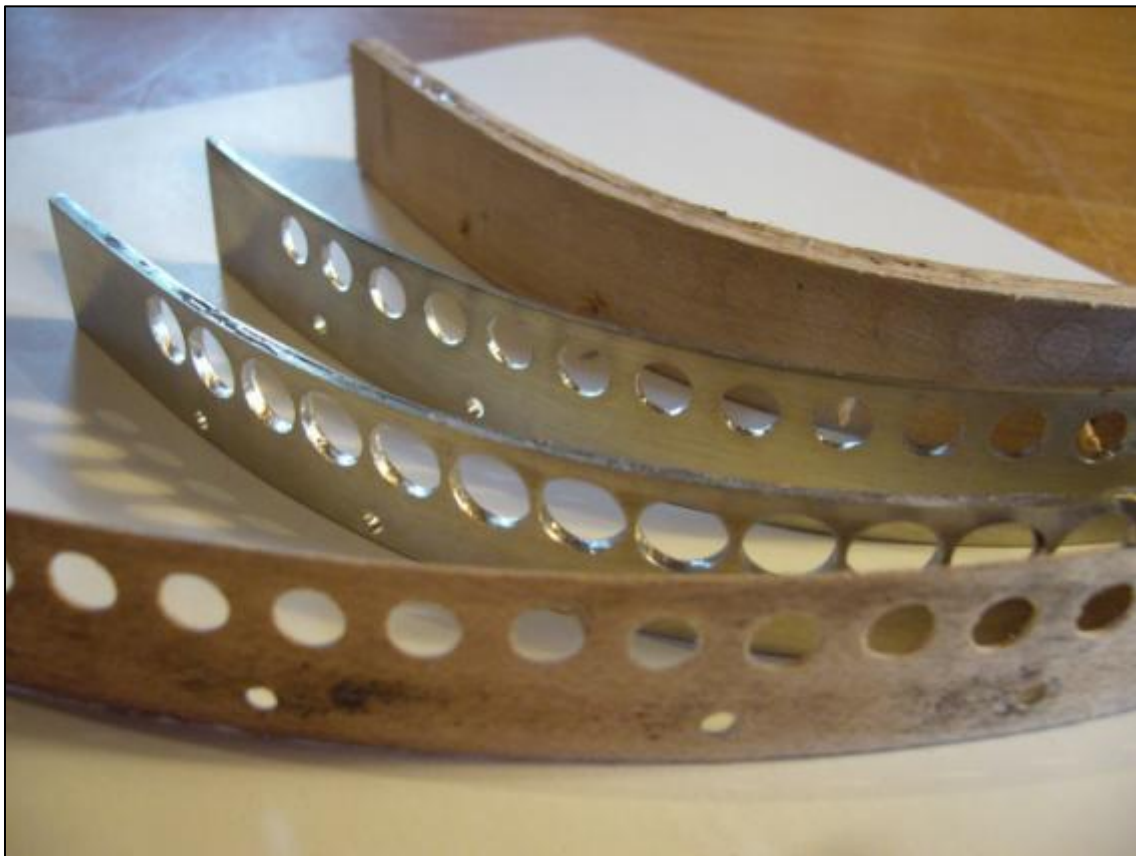


Abbildung 87 Die einzelnen Schichten des oberen Rollensattels

Abbildung 88 zeigt, wie die Messingrollen (Ballends) auf ihren Achsen im Sattel gelagert sind. Durch das Drehen der Achse um ihr longitudinales Zentrum kann die Rolle und somit die Saite auf der Zarge des Instruments in jede Richtung ausgelenkt werden.



Abbildung 88 Die Rollen lagern auf ihren Achsen in der dritten Schicht



Abbildung 89 Fertiger Rollensattel während des Lackierens

Das Lackieren der Sättel erwies sich als schwierig, und es wurde bei diesem Sattel-Prototypen noch kein zufriedenstellendes Ergebnis erzielt. Da der Lack

beim Spritzen in die Lager der Rollen gelaufen wäre, musste er mit einem Pinsel aufgetragen werden. Lackiert wurde mit Grundierung und Acryllack.

Die Sättel erwiesen sich als nicht ausgereift: Beim Aufspannen der Saiten verkeilten sich die Achsen der Rollen nicht wie erwartet in ihrem Lager, sondern drehten sich um ihr longitudinales Zentrum. Je größer die Auslenkung der Saite vom eigentlichen Saitenverlauf über die Decke, desto leichter (schlüpfriger) drehte sich die Achse im Lager, und die Saite sprang von der Rolle.

5.1.5 Knochensättel

Die Knochensättel wurden als Ersatz für die nicht brauchbaren Rollensättel spontan improvisiert. Sie bestehen jeweils aus einem furnierten Ahornstreifen und einer Knochenauflage (Sattel). Die Ahornstreifen wurden entsprechend der Außenkontur der Gitarre gebogen und dienen als Träger und Befestigung der Sättel am Korpus. Um die Reibung zu minimieren, wurden anstatt Kerben Nägel als Führung der Saiten verwendet.



Abbildung 90 Saitenverlauf und oberer Resonanzsaiten-Sattel



Abbildung 91 Zithermechaniken und unterer Resonanzsaiten-Sattel

5.1.6 Saitenhalter

Der Saitenhalter wurde aus einer 1 mm starken Neusilberplatte gefertigt. Nach dem Biegen der Platte und dem Einarbeiten der Aussparungen für die Violinen-Feinstimmer wurde ein 6 mm breiter und 2 mm starker Rahmen unter die Platte geklebt. Dies war nötig, um die Stärke des Rollensattels auszugleichen. Wäre die nur 1 mm starke Platte direkt auf den Zargen angebracht, säßen die Feinstimmer zu tief. Die Saiten würden an den Stellen, an denen sie aus dem Rollensattel Richtung Saitenhalter gezogen werden, am Sattel anliegen, und der Effekt der minimalen Reibung wäre nicht mehr gegeben.

Außerdem wurde mit Blech-Unterlegscheiben die Stärke der Bohrungen auf der Unterseite erhöht. Dies war nötig, da die Feinstimmer der Firma Hill eine Materialstärke von rund 4 mm erfordern. Bei einer geringeren Stärke des Saitenhalters würde sich der Funktionsweg der Feinstimmer verringern.



Abbildung 92 Unlackierter Saitenhalter mit Feinstimmern



Abbildung 93 Der Saitenhalter von innen

Zum Schutz der Saite wurden die Haken der Feinstimmer mit Schutzkappen der Firma Wittner versehen. Erfahrungsgemäß reißen die Schlaufen der Resonanzsaiten ohne diesen zusätzlichen Schutz.

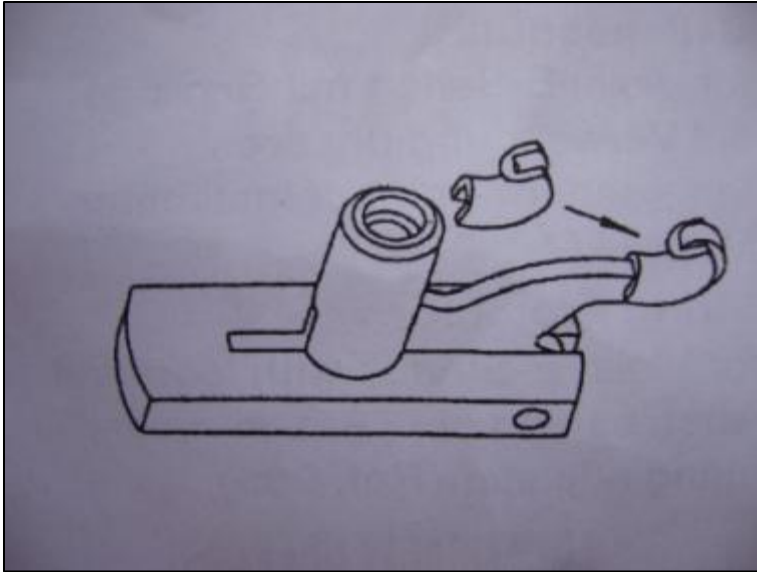


Abbildung 94 Schematische Darstellung der Firma Wittner: Violinen-Feinstimmer mit Schutzkappe



Abbildung 95 Feinstimmer mit Schutzkappe

5.1.7 Stege

Für den Hauptsteg wurde Ebenholz, für den Resonanzsaitensteg ein leichter Palisander verwendet. Der Hauptsteg sollte für ein kräftiges Sustain eine größere Masse besitzen, während ein leichter Resonanzsaitensteg über die Deckenschwingungen durch Resonanz mit den Spielsaiten leicht angeregt werden kann.

Haupt- und Resonanzsaitensteg sind der Länge nach leicht gewölbt, sodass sie jeweils in der Mitte am höchsten sind und zu den Saiten flacher werden. Beim

Hauptsteg erfordert das die Griffbrettquerwölbung. Vor allem soll dies aber der Spielbarkeit zugutekommen.

Sämtliche Stegnuten sind vorsorglich so tief gefräst, dass nachträglich problemlos Piezo-Tonabnehmer unter den Stegeinlagen positioniert werden können.

Die zehn Stegstecker sind ungeschlitzt und wurden aus Grenadill gedrechselt. Anstatt eines Schlitzes in den Steckern wurden Kerben in Steg, Decke und Futter gefeilt. Dadurch soll gewährleistet werden, dass die Ballends der Saiten am Stegfutter anliegen. Außerdem wird die Stabilität und Langlebigkeit der Stecker erhöht.

Beide Stege wurden auf ihrer Unterseite der Deckenwölbung exakt angepasst und mit Titebond aufgeleimt. Allgemein bietet es sich bei Steckerstegen an, das Verleimen durch die Stegbohrungen mittels Schrauben und einer Zulage im Korpusinneren zu unterstützen.



Abbildung 96 Aufleimen des Hauptstegs mittels zusätzlicher Druckwirkung durch Schrauben



Abbildung 97 Die Schlitz für den Saitenverlauf ins Korpusinnere sind im Steg, nicht in den Steckern



Abbildung 98 Resonanzsaitensteg mit Knochen-Stegeinlage

5.1.8 Mechaniken

Die Klemm-Mechaniken stammen von der Firma Sperzel in Ohio, USA. Da sie zum Teil aus Aluminium gefertigt sind, sind sie etwas leichter als andere gebräuchliche Mechaniken. Die Gitarrenmechanik hat ein Gewicht von 27,8 g, die Bassmechanik von 36,5 g. Es ergibt sich also ein Gesamtgewicht von 312,8 g. Im Vergleich zu den Mechaniken der Firma Schaller auf der ersten *Aliquotgitarre* ergibt sich eine Gewichtersparnis von 175,2 g.



Abbildung 99 Kopf der *Aliquotgitarre* mit Trim-Lock-Mechaniken der Firma Sperzel

Von den Mechaniken wurde eine höhere Qualität in ihrer Funktionsweise erwartet als von denen der Firma Schaller. Letztendlich wurde aber kein Qualitätsunterschied festgestellt.

5.2 Fotodokumentation des fertigen Instruments



Abbildung 100 Vorderansicht



Abbildung 101 Hinteransicht



Abbildung 102 Ansicht von rechts



Abbildung 103 Ansicht von links



Abbildung 104 Kopf, Vorderansicht



Abbildung 105 Kopf, Hinteransicht



Abbildung 106 Kopf von rechts



Abbildung 107 Kopf von links



Abbildung 108 Kopf



Abbildung 109 Korpus



Abbildung 110 Korpus mit Saitenhalter und oberem Resonanzsaitensattel



Abbildung 111 Saitenhalter



Abbildung 112 Wirbelstock

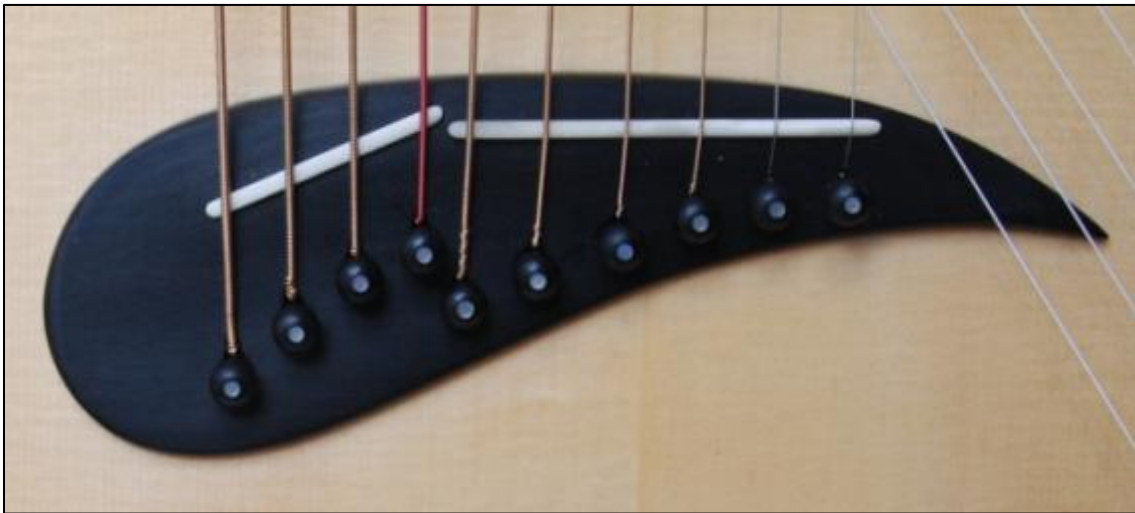


Abbildung 113 Hauptsteg



Abbildung 114 Resonanzsaitensteg und unterer Resonanzsaitensattel



Abbildung 115 Zugriffsöffnung im Unterklötz



Abbildung 116 Instrumentenzettel

5.3 FFT-Analyse

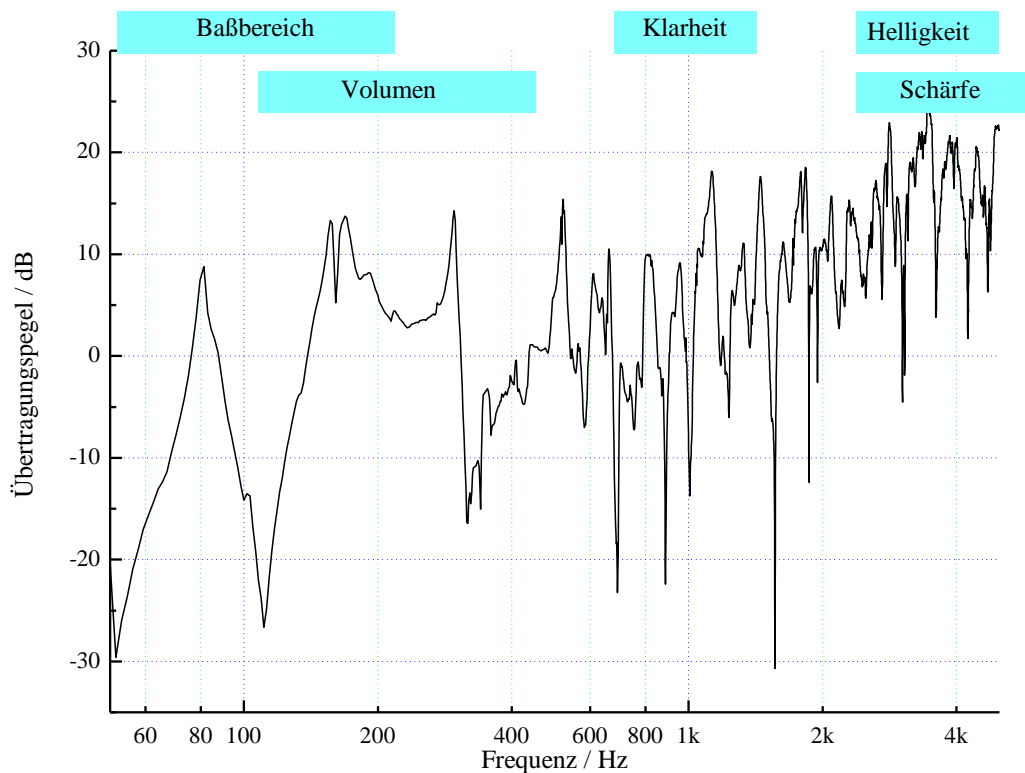


Abbildung 117 Diagramm der Übertragungsfunktion; FFT-Analyse

Es ist anzunehmen, dass der Peak bei 80 Herz die Hohlraumresonanz anzeigt. Zwar ist dieser Wert für eine Stahlsaitengitarre sehr gering, dennoch sprechen einige konstruktive Merkmale des Instruments dafür:

- durch Versetzen des Schallochs in den linken Oberbug ist die Deckenfläche bis zum Griffbrett vergrößert worden,
- das Schalloch der Gitarre ist im Vergleich zu herkömmlichen Stahlsaitengitarren eher klein,
- die Bass-Seite der Gitarre wurde besonders flexibel gestaltet,
- das tiefe E (rund 82 Herz) ist beim Anspiel besonders druckvoll
- durch den großen massereichen Kopf ist zu erwarten, dass die Halsresonanz noch deutlich tiefer liegt.

Die beiden Spitzen um 180 Herz kennzeichnen zwei nah aneinander liegende Frequenzen oder eine Aufspaltung einer einzigen (erste Deckenresonanz). Nach den Erfahrungen des Verfassers mit der Ausarbeitung von Decken an spielfertigen Instrumenten ist ein solches Phänomen nicht unbedingt von Nachteil. Bei einer subjektiv wahrgenommenen Verbesserung des Klangbildes der Instrumente konnten sich ursprünglich präzise Resonanzspitzen trotzdem in zwei Spitzen teilen.

5.4 Maße und Materialien

Decke	Fichte	Stärke: 2,3-2,7 Wölbung: ca. 3,6 auf 600
Boden	Vogelaugenahorn	Stärke: 2,7 Wölbung: 10 auf 600
Zargen	Vogelaugenahorn	Stärke: 2 Höhe Ober-/Unterklötz: 97,5/104,5
Hals	Mahagoni	Breite 1./12. Bund: 46/56 Stärke 1./10. Bund: 21,5/25
Korpus		Länge: 530 Breite OB/MB/UB: 280/230/420
Gesamtlänge		
Hauptsteg	Ebenholz	L/B/H (max.): 165/ca.65/10
Resonanzsaitensteg	Palisander	L/B/H (max.): 160/11/10

Maße in Millimeter

6 Quellen

6.1 Bibliografie

Brandl, R.: Der Bordun und seine Entwicklung in der Volksmusik des Dodekanes, Wien 1989

Jahnel, F.: Die Gitarre und ihr Bau, Frankfurt am Main 1996

Kästner, U.: Das Englisch Violet – Nachbau eines Instruments von Johann Paul Schorn, Westsächsische Hochschule Zwickau, Diplomarbeit, Markneukirchen 2000 [Ms.]

Klapproth, O.: Bau einer Stahlsaitengitarre mit zusätzlichen Bass- und Resonanzsaiten. Dokumentation der Projektarbeit im Wintersemester 2010/2011, Westsächsische Hochschule Zwickau, Studiengang Musikinstrumentenbau Markneukirchen, Markneukirchen 2011 [Ms.]

Küllmer, E.: Mitschwingende Saiten – Musikinstrumente mit Resonanzsaiten, Bonn 1986

Meinel, E.: Lehrbrief Musikalische Akustik Teil 1 – Grundlagen, Markneukirchen, Ausgabe August 2008 [Ms.]

Meinel, E.: Lehrbrief Musikalische Akustik Teil 2 – Akustik der Zupf- und Streichinstrumente, Markneukirchen, Ausgabe August 2008 [Ms.]

Meyer, J.: Physikalische Aspekte des Geigenspiels, Siegburg 1978

Museu de la Música: Museu de la Música: Catàleg d'instruments. Barcelona: Ajuntament de Barcelona, 1991

Ruf, W.: Lexikon Musikinstrumente, Mannheim 1991

Shaw, R.: Hand Made Hand Played – The Art & Craft of Contemporary Guitars, New York 2008

Thiel, E.: Sachwörterbuch der Musik, Stuttgart 1973

6.2 Internetquellen

Courtney, D.: Music of India – Making the Sitar. www.chandrakantha.com [10.06.2012]

Cutchey P.: Made in India – Buckingham Music. www.buckinghammusic.com [10.06.2012]

Dheli Musical Stores. www.indianmusicalinstruments.com [25.06.2012]

Eckert, Y. J. & Norbert Klippstein: India instruments. www.india-instruments.de

[18.06.2012]

Ford, F.: Frets.Com Museum. www.frets.com [19.06.2012]

Hofmann, K. & C. Rook: Fachwörterbuch online. www.geigenmacher.at
[03.06.2012]

Musik und Musikinstrumente; Aafghanische Musikinstrumente www.afghan-aid.de/Musik/musik1.htm [29.06.2012]

Sadozai, Daud Khan: Daud Khan Sadozai. www.daud-khan.de [10.06.2012]

Siebenkaes, M.-L.: Tarang – Indian Instruments. www.indische-instrumente.de
[10.06.2012]

Sitar. In: Wikipedia. <http://de.wikipedia.org> [18.06.2012]

6.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung	Quelle
1, 50-117	Verfasser
2	www.metmuseum.org [28.06.2012]
3	http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a9/Baryton_19_strings_%28Deutsches_Museum%29.jpg
4	http://i01.i.aliimg.com/photo/v0/11609473/Fully_Engraved_Sitar.jpg
5	www.buckinghammusic.com
6	www.chandrakantha.com
7, 14-19	www.indische-instrumente.de
8	www.realbollywood.com/up_images/sarod.jpg
9, 13, 39-41	www.india-instruments.de
10, 11	www.indianmusicalinstruments.com
12	www.cineplot.com [25.06.2012]
20, 21	Museu de la Musica: 1 / Cataleg d'instruments (Gregg Miner)
22, 49	www.harpguitars.net
23	Küllmer, E.: Mitschwingende Saiten – Musikinstrumente mit Resonanzsaiten, Bonn 1986

24	http://benoit-de-bretagne.com/phpBB2/viewtopic.php?t=21
25-34	www.beyondthetrees.com
35	http://irengputih.com/linda-manzer-desainer-gitar-unik-dari-kanada/2755/ [28.06.2012]
36	http://i660.photobucket.com/albums/uu325/pablinsodero/guitarra48cuerdas23ey.jpg
37	www.manzer.com
38	www.newportguitarfestival.com
42-44	www.neumann-gitarren.de
45	www.worlandguitars.com
46	Youtube-Video www.youtube.com/watch?feature=endscreen&NR=1&v=A03m79M2CmI [10.06.2012]
47, 48	www.oldfiddleroad.com

6.4 Kontakte Instrumentenbauer

Im Folgenden eine Auflistung von Instrumentenbauern, die sich mit experimentellen Zupfinstrumenten mit Resonanzsaiten (im Sinne der in dieser Arbeit angegebenen Eingrenzung, s. S. 9) befassen oder dies in der Vergangenheit getan haben.

Name	Anschrift	Website
Arul Guitars	63/1, 2nd Cross, Kammanahalli Main Road St. Thomas Town Post Office BANGLORE - 560084 INDIA	www.arulguitars.com
Lukas Brunner	Sur Prassuoir 87, 7543 Lavin, Switzerland	www.brunner-guitars.com
Fred Carlson	Beyond The Trees 2026 Back Ranch Road Santa Cruz, CA 95060	www.beyondthetrees.com
Davide Castellaro	Piazza Genova 4 15070 Lerma (AL) Lerma Alessandria 15070 Italia	www.utopiacustomshop.it

Mike Doolin		www.doolinguitars.com
William Eaton	Wisdom Tree Music P.O. Box 670 Tempe, Arizona 85280	www.william-eaton.com
James Hewett	23 Amherst Ct. Panorama Village, Texas 77304	www.hewettguitars.net
Yuri Landmann	Veenedaal, Niederlande	www.hypercustom.com
Marko Lipovsek		
Linda Manzer		www.manzer.com
Rich Mermer	MERMER GUITARS C/O RICHARD MERMER JR. 391 BAYFRONT TERRACE SEBASTIAN, FL 32958	mermerguitars.com
BMS Guitars	Ben's guitar repair Shop 61 Avenue de la Couronne 1050 Bruxelles	www.bmsguitars.com
Philip Neumann	Spinnereistr. 7 04179 Leipzig, Deutschland	www.neumann-gitarren.de
Milburne Guitars	Sweet Home, Oregon USA	www.milburnguitars.com
Alan Perlman		www.perlmanguitars.com
Stephen Sedgwick	The Office, The Grove, Three Gates Road, Fawkham, Longfield, Kent, DA3 8NZ, UK	www.btinternet.com
Seraph Harp Guitars, Tony Seeger		www.seraphharpguitars.com
Mitsuhiro UCHIDA	4947-27 Fujisawa, Takato-cho, Ina-shi, Nagano prefecture, JAPAN	www10.plala.or.jp/harp-g/UchidaGuitarEng.htm

Instrument Lamour Cédric Verglas	L'eau Vive, RD558 83680 LA GARDE FREINET France	www.instruments-lamour.com
Worland Guitars	Worland Guitars - 810 North First Street - Rockford, IL 61107 - 815.961.8854	www.worlandguitars.com
Henning Doderer	Camberger Str. 10, 65529 Waldems	www.doderer-gitarren.de

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich für die freundliche Unterstützung zu dieser Arbeit bei folgenden Personen bedanken:

Herrn Professor Andreas Michel für Betreuung und Ratschläge,

Herrn Renz von der Firma Lenzner Saitenmanufaktur für die Herstellung der Saiten für die *Aliquotgitarre*,

Thomas Fellow für die Zeit, die er sich mit der ersten *Aliquotgitarre* beschäftigt hat, und die konstruktive Kritik,

Gregg Miner für die Informationen,

Eleonóra Szemerey für das Korrekturlesen.

Selbständigkeitserklärung

Zur Thesis mit dem Thema:

Weiterentwicklung einer Stahlsaitengitarre mit zusätzlichen Bass- und Resonanzsaiten (*Aliquotgitarre*)

Ich, Oliver Klapproth erkläre gegenüber der Fakultät Angewandte Kunst Schneeberg (AKS/WHZ), dass ich die vorliegende Bachelorarbeit (Thesis) selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt habe.

Die vorliegende Arbeit ist frei von Plagiaten. Alle Ausführungen, die wörtlich oder inhaltlich (sinngemäß) aus anderen Quellen entnommen sind, habe ich als solche eindeutig kenntlich gemacht und nachgewiesen.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form weder von mir noch von jemand anderem als Prüfungsleistung (d.h. weder an der AKS/WHZ noch andernorts) eingereicht und ist auch nicht veröffentlicht worden.

Ort/Datum

Unterschrift