

3D-gedruckte Musikinstrumente

Spitzentechnologie für Forschung in der Alten und Neuen Musik

von Ricardo Simian

3D-Druck in Kürze

„3D-Druck“ (engl. *3D printing*) ist momentan in aller Munde. Jeder spricht darüber, aber nur wenige wissen genau, was diese Technologie wirklich ist.

Unter dem Begriff 3D-Druck gibt es mehrere sehr unterschiedliche Methoden, die es ermöglichen, am Computer erstellte 3D-Modelle in reale Objekte umzuwandeln. Diese Methoden kann man prinzipiell in zwei Gruppen einteilen: subtraktive und additive.

Der subtraktive 3D-Druck beginnt mit einem soliden Block, zum Beispiel einem Stück Holz. Durch computergesteuerte Fräsmaschinen wird Material abgetragen, bis das Objekt fertig ist. Fast alle Möbelbau-Werkstätten benutzen diese Technologie seit Jahren für ihre erste Produktionsphase. Gleichzeitig ist diese Methode sehr begrenzt. Wie könnte man damit beispielsweise Objekte mit komplexen Hohlräumen in einem Stück herstellen?

Der additive 3D-Druck hingegen „baut“ die Objekte (normalerweise in einzelnen Schichten) und eröffnet, je nach 3D-Druckmaschine, fast unbegrenzte Möglichkeiten. Die günstigen Desktop-3D-Drucker benutzen einen geschmolzenen Kunststoffdraht, um Objekte zu bauen. Professionelle und industrielle Maschinen hingegen benutzen Pulver oder Gel und verfestigen diese Materialien mit Hilfe von Lasern oder UV-Strahlen bei einer Auflösung von 1/20 Millimeter oder noch feiner.

Auch wenn die grosse Mehrheit der 3D-Drucker mit Kunststoff arbeitet, gibt es auch 3D-Drucker für Metall, Ton, Glas und Sandstein. Andere Materialien für additive Verfahren, inklusive organische Stoffe wie Leder, Holz und sogar lebende Zellen, sind noch nicht kommerziell verfügbar, viele Forschende arbeiten jedoch daran. Wir werden in diesem Bereich in den nächs-

ten Jahren eine sehr schnelle Entwicklungen sehen, höchstwahrscheinlich mit Fortschritten nach dem Mooreschen Gesetz.¹

3D-Druck und Alte Musik

Die Alte Musik-Forschung erfordert selbstverständlich das Analysieren, Testen, Messen, Spielen und Nachbauen von erhaltenen Musikinstrumenten. Die ersten Musikwissenschaftler und Spieler, die diese Forschung wissenschaftlich angeführt haben, hatten ganz oft direkten Zugang zu Instrumenten in Sammlungen und Museen. Heute werden aufgrund einer höheren Sensibilisierung bei der Konservierung alte Instrumente ganz selten gespielt. Die neuen Generationen von Forschenden dürfen, wenn überhaupt, nur non-invasive Untersuchungsmethoden einsetzen.

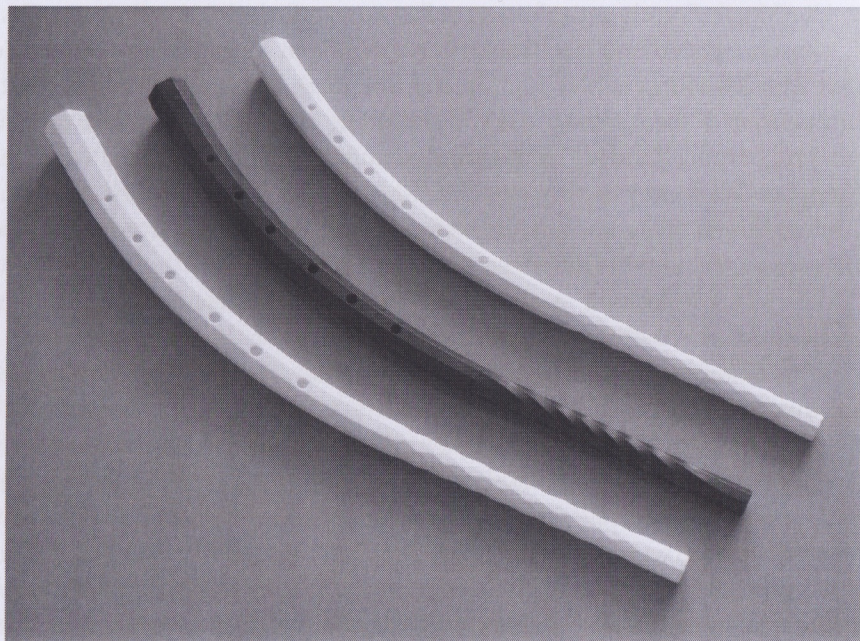
Doch wie können wir etwas von Musikinstrumenten lernen, die man mehrheitlich nicht mehr spielen darf?

Die traditionelle Antwort auf diese Frage sind die modernen Kopien der alten Instrumente. Die historisch informierte Instrumentenbautradition, die sich im 20. Jahrhundert entwickelt hat, hat diese Forschungslinie mit grossartigen Ergebnissen bereichert. Heute ist es problemlos möglich, ein historisches Cembalo zu bestellen, welches ohne Schrauben und ohne moderne Klebstoffe gebaut wurde. Die einzigen Probleme an diesen Wunder-Instrumenten sind die hohen Preise und die langen Lieferzeiten. Wie kann man eine Forschungsstudie durchführen, welche mehrere solcher Instrumente benötigt, wenn man ein begrenztes Budget und wenig Zeit hat? Wie können die jungen Generationen von Alte Musik-Studierenden Zugang zu solchen Instrumenten bekommen?

Die 3D-Druck-Technologie erlaubt eine andere Herangehensweise. Genaue Messungen von alten Musikinstrumenten können (im Vergleich zu den traditionellen Methoden) sehr schnell, sehr genau und sehr günstig in klingende Kopien umgewandelt werden. Diese Idee wird von Forschenden und Spielern aus der Alten Musik zunächst mit viel Skepsis aufgenommen. Alte Musik-Forschung ist per Definition das Gegenteil von etwas Technologi-

¹ Das „Mooresche Gesetz“ (von G. E. Moore) besagt, dass für eine sich entwickelnde Technologie sich die Qualität (Geschwindigkeit, Auflösung, Kraft etc.) alle 18 bis 24 Monate verdoppelt, während die Preise gleichbleiben oder sinken. Für computerintegrierte Prozessoren war genau dies der Fall in den letzten Jahrzehnten.

schem. Nichtsdestotrotz löst sich dieser Widerstand auf, wenn man konkrete Beispiele und Ergebnisse von gut gemachter Forschung mit diesen Methoden sieht, und besser versteht, welche Synergien zwischen moderner Technologie und traditioneller Forschung entstehen können.



3D-gedruckte Zinken

3D-gedruckte Zinken als Fallstudie

Die Verantwortlichen der Sammlung alter Musikinstrumente im Kunsthistorischen Museum Wien, welche viele Zinken in sehr gutem Zustand beherbergt, können aus konservatorischen Gründen niemandem gestatten, ihre Blasinstrumente zu spielen. Stattdessen werden die besten Technologien angewendet, um diese Instrumente zu vermessen und die derart gewonnenen Informationen zu publizieren. Im Fall der österreichischen Zinken reichen diese ausführlichen Messungen aus, um sehr gute Kopien besagter Instrumente bauen zu können. Ende 2013 habe ich ein kleines Forschungsprojekt begonnen, um 3D-gedruckte Kopien dieser Zinken zu erstellen. Für dieses

Projekt² habe ich als Material 3D-gedrucktes Nylon gewählt. Die daraus resultierenden und selbstverständlichen Fragen sind: Klingt dieses Material überhaupt und welche Ähnlichkeiten und Abweichungen gibt es zu den historischen Hölzern?

Viele Experimente zeigen, dass für den Klang der Blasinstrumente, insbesondere für den der Kesselmundstückinstrumente, die Formgenauigkeit viel wichtiger ist als das Konstruktionsmaterial.³ Dies war auch in meinem Zink-Experiment der Fall und überrascht nicht, denn das gewählte 3D-Nylon hat eine Dichte von $0,93 \text{ g/cm}^3$, was den $0,95 \text{ g/cm}^3$ von Buchsbaumholz sehr nahe kommt. Abgesehen davon sind beide Materialien in Faserschichten aufgebaut. Alle Tests (auch Blind-Hörtests) haben gezeigt, dass der Klang dieser 3D-gedruckten Zinken sehr ähnlich bis hin zu nicht unterscheidbar von traditionellen Holz-Zinken ist.

Dieses Experiment entwickelte sich spontan zu einer kleinen Firma (3D Music Instruments), die bis heute schon Hunderte von 3D-Instrumenten für Kunden aus der ganzen Welt gebaut hat.⁴

Aktuelle (momentane) Grenzen im 3D-Druck

Die 3D-gedruckten Zinken hatten viel Erfolg. Die erhältlichen 3D-Druckmaterialien sind geeignet für dieses spezifische Instrument und klingen sehr gut. Akustisch und strukturell ähnliche Instrumente wie Oboen, Klarinetten und Flöten dürften ebenfalls gute Kandidaten für solche Experimente darstellen. Dennoch werden andere Instrumentenfamilien, bei denen das Material eine wichtigere Rolle bei der Klangbildung spielt – wie laut mehreren Studien besonders bei Streichinstrumenten⁵ – nicht so gut vom 3D-Druck wiedergegeben werden können.

² vergl. hierzu: Jamie Savan and Ricardo Simian: „CAD Modelling and 3d Printing for Musical Instrument Research: the Renaissance Cornett As a Case Study.“ *Early Music* 42.4 (2014), S. 537-544.

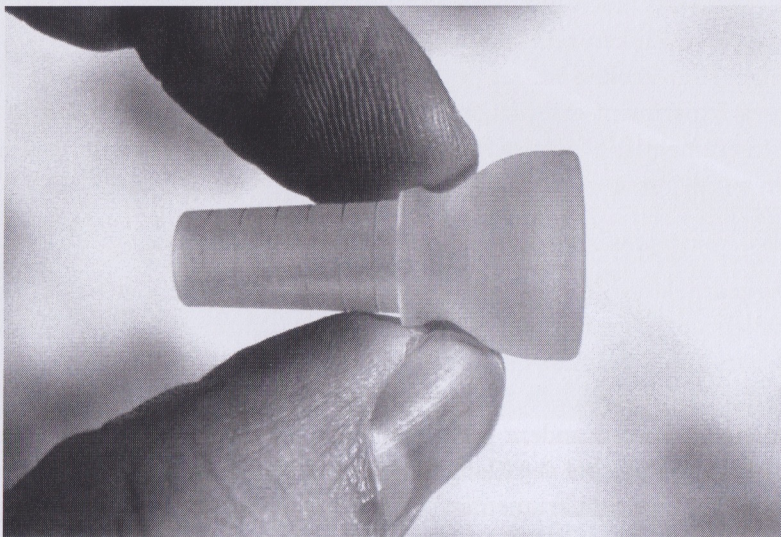
³ Smith, R.: „The effect of material in brass instruments: a review.“ *Proceedings of the Institute of Acoustics*, Vol. 8 Part 1 (1986).

⁴ Mehr Informationen über 3D Music Instruments unter www.3Dmusicinstruments.com.

⁵ McIntyre, M. E. & Woodhouse, J.: „On measuring wood properties, part 1.“ *Catgut Acoust Soc* 1(42): 11-15 (1984).

Die 3D-Druck-Technologie entwickelt sich sehr schnell und die Palette an Materialien, die man 3D-drucken kann, wird jedes Jahr breiter. Dennoch ist es möglich, dass trotz aller technischen Fortschritte manche Instrumententypen ihre charakteristischen Eigenschaften nur bei einer traditionellen Bauweise zeigen können.

Trotzdem sollten wir vorurteilsfrei weiter experimentieren, auch wenn unsere Liebe zu den herkömmlichen Methoden uns sagt, dass die Magie eines schönen Klanges doch nur als Frucht von Handarbeit entstehen könne. Blindtests mit 3D-gedruckten Zinken haben aber gezeigt, dass unsere starken Vorurteile in dieser Hinsicht völlig unbegründet sind.⁶



3D-gedrucktes Zinkmundstück

3D-gedruckte Instrumente für Forschung und Pädagogik

Die erfolgreiche Fallstudie von 3D Music Instruments zeigt, dass die kommerziellen Nutzungsmöglichkeiten dieser Technologie umfassender sind als er-

⁶ Näheres zum Online-Blindtest unter www.3dmusicinstruments.com/general-infos/sound-of-3d-printed-instrum.html.

wartet. Niemand hätte im Jahr 2013 eine solche Nachfrage und einen derartigen monetären Erfolg für 3D-gedruckte Zinken vorhersehen können. Dennoch: Ist diese Technologie von Interesse für die Alte Musik-Welt, auch ausserhalb der kommerziellen Ebene?

Wenn wir diese Technologie nicht als Konkurrenz zu traditionellen Methoden, sondern als komplementär zu diesen ansehen, dann eröffnen sich viele neue und sehr interessante Möglichkeiten. Nehmen wir zum Beispiel nochmals die österreichische Zinkensammlung, die 19 sehr beachtliche Instrumente enthält. Wir wollen für eine Studie mehreren Spielern Kopien der drei besten Exemplare zum Testen geben. Die einzige traditionelle Möglichkeit dafür wäre, alle 19 Instrumente nachzubauen, um aus diesen die drei vermeintlich Besten auswählen zu können. Gute Zinkenbauer haben eine Warteliste von 6 bis 18 Monaten und verlangen 1.000 bis 2.000 Euro pro Instrument (noch mehr, wenn es wie in diesem Fall eine Sonderbestellung ist). Nur für diese erste Forschungsphase würden wir mehrere Jahre warten müssen und ein Budget von über 20.000 Euro benötigen. Meines Erachtens ist das der Grund, warum solche Studien nicht durchgeführt werden.

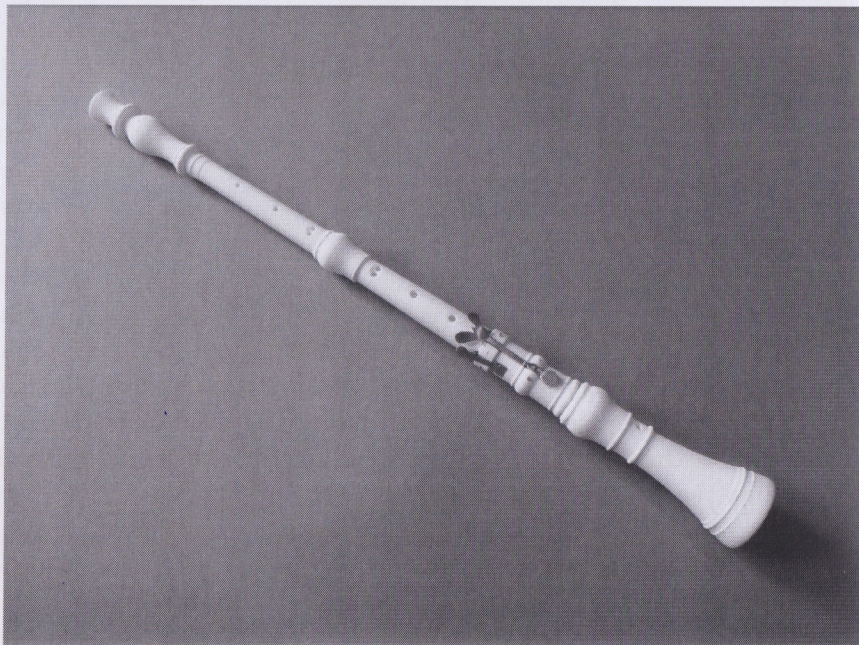
Wenn wir diese erste Phase stattdessen mit 3D-gedruckten Zinken durchführen, können wir spielbare Kopien von allen 19 Instrumenten in wenigen Wochen und für einen Bruchteil des oben genannten Budgets anschaffen. Aus diesen könnten wir dann die drei besten Instrumente aussuchen und diese Modelle mit der traditionellen oder der 3D-Druck-Methode für die nächsten Forschungsphasen nachbauen.

Denken wir jetzt an einen Barockoboe-Studenten. Er hat die Aufnahmeprüfung für ein Masterstudium bestanden und wird an der besten Hochschule für Alte Musik studieren dürfen. Um in vollem Umfang von diesem Studium zu profitieren, benötigt er viele Instrumente: 415hz und 440hz Barockoboe (noch besser unterschiedliche Modelle wie Stanesby und Denner), 430hz und 440hz klassische Oboe, Oboe da Caccia, Oboe d'Amore, Taille, Pommer, Schalmei usw. Leider besitzen Studenten meist nur ein paar wenige gebrauchte Instrumente. Dafür haben die besten Musikhochschulen Mietinstrumente für ihre Studierenden, aber diese werden immer veraltet sein, hohe Unterhaltskosten verursachen sowie Versicherungs- und andere Probleme nach sich ziehen.

Investieren Musikhochschulen und Studierende bei gleichem Budget in zahlreiche 3D-gedruckte Oboen statt einem einzelnen traditionellen Instrument, dann sieht die Situation ganz anders aus. Das bedeutet überhaupt nicht, keine Holzinstrumente mehr zu spielen! Im Gegenteil: Je mehr Instrumente ein Studierender ausprobiert hat, desto grösser ist die Wahrscheinlichkeit, dass er sich in der Folge für weitere Modelle interessiert.

Weitere Möglichkeiten

Die 3D-Druck-Technologien eröffnen weitere unerwartete Möglichkeiten. Um ein 3D-gedrucktes Objekt herstellen zu können, muss man zuerst ein Computer-3D-Modell erstellen. Zusammen mit entsprechender Software ermöglicht dies beispielsweise Computer-Analysen, etwa Wellen-Simulationen. Damit ist es möglich, mathematische Modelle und Theorien für diese Instrumente zu entwickeln. Nun sind zwar Wellen-/Klanganalysen nicht neu, aber der 3D-Druck von direkt spielbaren Kopien dieser virtuellen 3D-Modelle ermöglicht den Vergleich von mathematischen Modellen mit dem real vorhan-



3D-gedruckte Oboe nach Haka

denen Instrument. Bisher waren Computermodelle und physische Instrumente zwei getrennte Elemente; jetzt wird es möglich sein, beide zu verbinden und damit höhere Erkenntnisebenen in der Forschung zu erreichen.

Wie viel schneller und einfacher könnte sich ausserdem die Forschung weiterentwickeln, wenn wir anstatt physische Objekte per Post zu verschicken 3D-Modelle als E-Mail-Anhänge weltweit versenden könnten? Auch wenn dies nach Science-Fiction klingt: Das ist unsere Gegenwart, und diese neuen Möglichkeiten sind schon verfügbar.

Die nächsten Jahre dürften sehr spannend werden, denn diese Technologien ermöglichen so viel Neues: von unvorhergesehenen Forschungsmöglichkeiten bis hin zu innovativen Ausstellungsformaten in Museen.

Industrielle Revolution und die Angst vor dem 3D-Druck

Der 3D-Druck wurde schon als die „nächste industrielle Revolution“ bezeichnet. Wir werden in den nächsten Jahrzehnten sehen, ob diese Voraussage übertrieben ist oder nicht. Auf jeden Fall will niemand die negativen Auswirkungen einer industriellen Revolution in seinem eigenen Business erleben und die 3D-Druck-Technologien werden deswegen mit Vorsicht und Angst beobachtet.

Viele traditionelle Herstellungsmethoden von Objekten wie Metall- und Kunststoffguss werden die Konkurrenz der 3D-Druck-Produktion mit ihrer Geschwindigkeit und den tieferen Preisen nicht überleben. Grosse Firmen wie Ford haben dies schon akzeptiert und fördern jetzt die Entwicklung neuer 3D-Druck-Methoden mit Spenden in Millionenhöhe⁷ in der Hoffnung, so schnell wie möglich ihre traditionellen Produktionsmethoden durch die neuen Technologien ersetzen zu können. Das ist keine Überraschung, da Ford die erste Firma war, die Autos mit einer modernen Produktionslinie baute und an der Spitze bleiben will.

Welche Bereiche werden von dieser Revolution betroffen sein? Es ist schwierig, so etwas in dieser ersten Phase vorauszusagen, aber höchstwahrscheinlich wird demnächst für alle Fertigungsmethoden und Produkte, die

⁷ siehe hierzu „Ford Motor Company on the Road to 3D Manufacturing“, Customers stories, Carbon 3D, <http://carbon3d.com/customer-stories/ford/> (Stand: Februar 2016).

keinen Anspruch auf ‚Kunst‘ erheben, eine 3D-gedruckte Alternative entwickelt werden.

Objekte und Produktionsmethoden, die einen künstlerischen Anspruch haben, werden ihren Wert behalten, aber je besser und günstiger die Alternativen werden, desto mehr werden sich diese Bereiche in eine exklusive Nische entwickeln. Nehmen wir zum Beispiel die Uhrenindustrie. Vor der ersten industriellen Revolution wurden alle Uhren von Uhrmachern mit einem hohen Handarbeitsaufwand hergestellt. Mit den aktuellen Massenproduktionsmethoden können Uhren viel schneller und günstiger hergestellt werden; die handwerklichen Uhrmacher existieren zwar immer noch, produzieren heute aber in einer exklusiven Nische für luxuriöse und sehr teure ‚Kunst‘- Objekte. Einen ähnlichen Prozess werden wir in den nächsten Jahrzehnten in vielen Bereichen sehen.

Sicher wird das auch die Musikindustrie betreffen. Die grossen Firmen haben schon seit langem viele industrielle Entwicklungen integriert. Die grosse Mehrheit der heutzutage verkauften Musikinstrumente wurde mit Maschinen gebaut und die grossen Produzenten werden sicher die neuen 3D-Druck-Möglichkeiten integrieren, sobald diese günstiger werden.

Betrifft dies auch den Instrumentenbau im Bereich der Alten Musik? Diese ist ein Nischenmarkt und wird es höchstwahrscheinlich auch bleiben. Alte Musik-Instrumente werden in aller Regel in kleinen Stückzahlen und oft auch nach individuellen Kundenwünschen handwerklich gefertigt; entsprechend verstehen sich die Instrumentenbauer mit Recht eher als Kunst-Handwerker denn als ‚Produzenten‘. Trotzdem, und wie bereits zuvor beschrieben, erlauben die neuen 3D-Druck-Technologien neue Möglichkeiten, welche in Kollaboration mit den alten Methoden die Qualität unserer Forschung auf grossartige Weise verbessern könnten.

Historische Musikinstrumente und offene Fragen

Was ist ein historisches Instrument? Ist es möglich, eine Kopie eines historischen Instruments zu machen? Müssen die ursprünglichen Baumethoden imitiert werden, um eine gültige Kopie eines historischen Instruments zu erhalten, oder reicht es aus, wenn die gleichen Masse und/oder Materialien benutzt werden? Ist eine authentische Kopie das genaue Abbild eines bestimmten erhaltenen Originals, oder repräsentiert sie den ‚Durchschnitt‘ von meh-

rerer ähnlichen Instrumenten – oder eher jenen der Produktion eines bestimmten Instrumentenbauers? Müssen wir die Alterserscheinungen und Materialverluste kompensieren, wenn wir eine historische Kopie machen? Wer entscheidet, wie und welche Exemplare kopiert werden sollen, wenn wir eine grössere Zahl unterschiedlicher Originalinstrumente zur Auswahl haben?

Diese Fragen beschäftigen die Musikwissenschaft – besonders die Organologie – und die an Alter Musik interessierten Musiker. Selbstverständlich gibt es trotz aller Symposien und Artikel kein grundlegendes Einverständnis für diese offenen Diskussionspunkte.

Die 3D-Druck-Technologie wird gleichzeitig einige dieser Fragen noch weiter verkomplizieren – aber ebenso Hilfsmethoden anbieten, um andere besser beantworten zu können.

Wenn eine 3D-gedruckte Kopie eines historischen Instruments viel genauer als eine handgemachte Kopie ist, ist sie dann ‚historischer‘ als die traditionelle Version, trotz der „falschen“ Baumethode? Heute ist es schon möglich, mit günstigen Herstellungskosten 3D-gedruckte Objekte mit einer Auflösung von 1/20 mm zu produzieren. So eine Genauigkeit kann ganz selten, wenn überhaupt, von einem traditionellen Instrumentenbauer erreicht werden. Und die 3D-Druck-Technologien werden noch genauer und günstiger werden.

Selbstverständlich gelten diese Angaben zu Genauigkeit und Preisen von 3D-gedruckten Objekten im Moment nur für verschiedene künstliche Polymere. Auch wenn die Experten nachweislich Schwierigkeiten haben, den Klang von 3D-gedruckten Versionen von den traditionellen zu unterscheiden (wie schon blind-getestet mit den Zinken), würde die Mehrheit der Fachexperten wohl doch die traditionell gebaute Version als „historischer“ beurteilen. Wird das auch so bleiben, wenn sich die 3D-Druck-Technologien für organische Materialien weiterentwickeln? Viele Holzarten sind heute schwierig zu finden und viele traditionelle Lagerungsmethoden lassen sich praktisch und zeitlich nicht mehr nachahmen. Wie wird es sein, wenn die 3D-Druck-technologien in der Lage sein werden, spezifisch gelagerte Hölzer zu imitieren? Wenn nicht nur ein klanglicher Blindtest, sondern auch eine direkte Untersuchung mit allen Sinnen die beiden Versionen kaum mehr unterscheiden lässt? 3D-Druck von Leder ist bereits (allerdings teure) Realität, und andere 3D-Druck-Methoden für organische Materialien sind in der Entwicklungsphase.

Wenn die 3D-gedruckten Kopien von historischen Instrumenten es ermöglichen, dass viele Spieler in direkten Kontakt mit Originalinstrumenten kommen, wird die Frage, wer über die Qualität und Kopierwürdigkeit der Instrumente entscheidet, viel demokratischer werden. Wenn ein Student nicht mehr nur ein Instrument für sein Studium zur Verfügung hat, sondern mehrere Möglichkeiten ausprobieren kann, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass vergessene oder übersehene Modelle eine Chance erhalten, wieder zu erklingen. Die 3D-Druck-Technologie wird eine viel lebendigere, demokratischere und schnellere Forschung auch im Bereich der Alten Musik ermöglichen. Wir sollten dies als eine äusserst positive Entwicklung sehen.

Am 28. April 2016 veranstaltet die Schola Cantorum Basiliensis ein Symposium über 3D-Druck und Alte Musik, um diese Fragen und Themen weiter zu analysieren und zu diskutieren.

*

Ricardo Simian: 2001 Bachelor in Musik und Ingenieur-Studium an der „Pontificia Universidad Católica“ in Chile. 2006 Diplom für Blockflöte und Alte Musik an der „Accademia Internazionale della Musica“ in Mailand. 2011 Master für Zink und Alte Musik an der „Schola Cantorum Basiliensis“ in Basel. 2013 Gründung von „3D Music Instruments“. Ab 2014 Master-Studium in Kulturmanagement an der Universität Basel.

Eine Viola da gamba von Ventura Linarol in Nizza?

von Thilo Hirsch und Martin Kirnbauer

Vor bald fünfzehn Jahren nahm Klaus Martius eine Viola da gamba von Ventura Linarol, Venedig 1604, aus dem Germanischen Nationalmuseum in Nürnberg (Inv.-Nr. MI 404) zum Anlass, der lange und heftig geführten Diskussion über die Authentizität von Streichinstrumenten anhand einer genauen Betrachtung hinsichtlich Werkzeugspuren und Konstruktionsdetails eine neue Richtung zu geben.¹ Ihm ging es dabei in erster Linie darum, an Streichinstrumenten zu beobachtende Veränderungen und Umbauten nicht nur unter dem Aspekt einer ‚Fälschung‘ zu betrachten, sondern sie womöglich als ‚Prozess‘ innerhalb der Geschichte eines Objekts zu beschreiben. Zugleich lieferte er mit seiner detaillierten Beschreibung einer Viola da gamba von Ventura Linarol die Grundlage, sie mit anderen Instrumenten dieses Herstellers in stilistischer Hinsicht zu vergleichen. In seinem Beitrag listet er bereits acht Instrumente (‚da gamba‘- wie ‚da braccio‘-Instrumente, darunter auch eine Lira da braccio) auf, die er nach dem 1979 publizierten Verzeichnis von Peter Tourin zusammenstellte. Diese Liste, die allerdings auch sehr zweifelhafte Instrumente enthält, kann inzwischen erweitert werden.

Im Folgenden soll es um eine Gambe gehen, die heute in Nizza in der Sammlung des Palais Lascaris liegt (Abb. 1).²

¹ Klaus Martius, „Der Gambenbau der Venezianischen Familie Linarol: Technologische Beobachtungen an einer Viola da gamba des Ventura Linarol von 1604 im Germanischen Nationalmuseum in Nürnberg“, in: Christian Ahrens & Gregor Klinke (Hgg.), *Viola da gamba und Viola da braccio. Symposium im Rahmen der 27. Tage Alter Musik in Herne 2002*, München & Salzburg: Katzbichler 2006, 83-100.

² Nizza, Musée du Palais Lascaris, Inv. C 38. Mit herzlichem Dank an Sylvie Lecat für die Erlaubnis zur Untersuchung des Instruments und an Dr. Robert Adelson, den Kurator der Sammlung, für den freundlichen Empfang und die Bereitstellung von Informationen. – Die Untersuchung durch die beiden Autoren im September 2015 erfolgte im Rahmen des SNF-Forschungsprojekts „Transformation instrumentaler Klanglichkeit: Die Entwicklung der Streichinstrumente im Übergang vom Spätmittelalter zur frühen Neuzeit am Beispiel der frühen Viola da gamba“ an der Schola Cantorum Basiliensis – Hochschule für Alte Musik (siehe auch: www.rimab.ch). Eine weitere bisher unbekannte Viola da gamba, die wahrscheinlich Ventura Linarol zugeschrieben werden kann, liegt im Museo nazionale degli strumenti musicali in Rom (mit herzlichem Dank