

# Die Reise durch den Windkanal

## 3D-CT-Aufnahmen als Entscheidungshilfe für die Spielbarkeit von Holzblasinstrumenten

Klaus Martius und Markus Raquet

Die 3D-Computertomographie ermöglicht ein berührungsfreies und genaues Vermessen von Holzblasinstrumenten. Darüber hinaus lassen sich mit diesem Verfahren aber auch materialimmanente Schäden und deren Ursachen zeigen. Dies gibt dem Nutzer objektive Kriterien für die Beurteilung der Anspielbarkeit von Holzblasinstrumenten. Am Beispiel einer Blockflöte von Jacob Denner (vor 1720) wird gezeigt, dass ein von außen unsichtbarer Riss im Windkanal der musikalischen Nutzung im Wege steht.

*The Journey through the Windchannel. 3D-Computertomography as an Aid in Making Decisions on the Playability of Woodwind Instruments*  
3D-computertomography has shown to be a valuable tool in measuring historical woodwind instruments without physical contact with them. The method is useful to investigate hidden damage as well as their cause. Thus the user is enabled to develop objective criteria for the decision whether an instrument may be played or not. In the case of an 18<sup>th</sup> century recorder by Denner, a fracture in the wind channel invisible from the outside, precludes the musical use of that instrument.

### Einleitung

Seit vielen Jahrzehnten gehört zu den ureigensten Aufgaben der großen öffentlichen Musikinstrumentensammlungen neben einer konservatorischen Betreuung und Bewahrung auch eine möglichst umfangreiche technische Dokumentation der Instrumente. Außer der herkömmlichen und verfeinerten Messmethoden bieten bildgebende, meist aus der Medizin übertragene Verfahren, wertvolle Hilfsmittel für die Offenlegung von Konstruktionsmerkmalen.

Gemäß der Zielsetzung „die Zeugnisse der Geschichte und Kultur, Kunst und Literatur aus dem deutschen Sprachraum wissenschaftlich zu erforschen, zu sammeln, zu bewahren und der Öffentlichkeit zu erschließen“<sup>1</sup>, ist die Forschungsarbeit an den Beständen des Museums auch eine der satzungsgemäß zentralen Aufgaben des Germanischen Nationalmuseums. Die Sammlung der Musikinstrumente versucht dieser Forderung seit Jahrzehnten u.a. dadurch nachzukommen, dass sie Fachleuten und Interessierten Informationen in Form von Katalogen sowie einer Fülle von technischen Zeichnungen und Röntgenaufnahmen zur Verfügung stellt.

Leider stehen sich die Forderung nach unversehrter Bewahrung und der möglichst umfassenden Erschließung oft gegenseitig im Wege, vor allem dann, wenn es um die Erfassung der klanglichen Eigenschaften und der sie bedingenden Parameter geht. Besonders drastisch zeigt sich dieser Interessenkonflikt bei den Holzblasinstrumenten, und die Möglichkeiten damit umzugehen sind vielfältig: Während es etwa in Quedlinburg möglich war, den berühmten Blockflötensatz aus den Museumsbeständen abends mit nach Hause in die privaten Gemächer zu nehmen und beim Spielen der Originale durch beliebte Solisten einen unvergleichlichen Abend zu erleben,<sup>2</sup> ist es in vielen Sammlungen inzwischen überhaupt nicht mehr möglich, Holzblasinstrumente anzuspielden, seit eine diesbezügliche Diplomarbeit<sup>3</sup> der FH Köln gezeigt hat, dass auch kurzfristiges Anspielen die Belastung durch Feuchtigkeit gegenüber längerem Spielen nicht merklich minimiert.

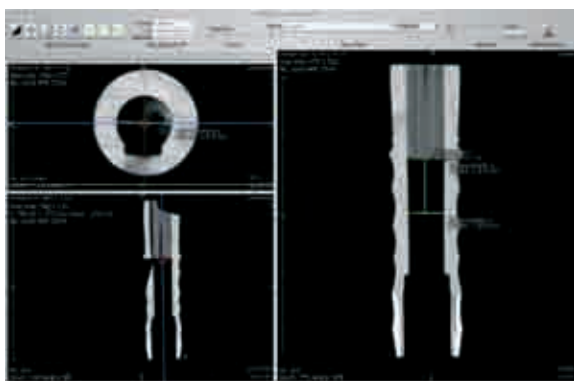
Trotz solchermaßen grundlegender Untersuchungsergebnisse verbleibt dennoch dem völligen Verdikt des Anspielens eine gewisse Willkürlichkeit. Insofern würde man gerne über den Zustand eines aktuell gefragten Holzblasinstruments fundierte Aussagen treffen können, die sich nicht nur auf die allgemeingültigen Zusammenhänge über das Material Holz und Feuchtigkeit, sondern auf konkrete Beobachtungen und Untersuchungsergebnisse an dem spezifischen Instrument stützen.

Mit der seit wenigen Jahren auch im kunstwissenschaftlichen Bereich zur Verfügung stehenden Technik der 3D-Computertomographie (3D-CT)<sup>4</sup> scheint nun eine solche Methode gefunden zu sein. Untersuchungen an einer Blockflöte von Hieronimus Kinsecker haben gezeigt, dass diese Technik tatsächlich einen erfolgversprechenden Ansatz in der Dokumentation gerade von Holzblasinstrumenten und eine willkommene Ergänzung zu den bisher geübten Dokumentationsmethoden darstellt.<sup>5</sup>

Die 3D-CT bietet bei einem solchen Holzblasinstrument unter anderem die exakte Darstellung der Außenprofile, der Wandungsstärken, des Bohrungsverlaufs, der Grifflochunter-schneidungen, des Windkanals und des Labiumschnitts. In axialer Richtung zeigt sich zudem die Qualität der Passungen von Block und Ringen. Auch Schäden werden abgebildet und häufig sind zudem ihre Ursachen ablesbar. Neben großer Genauigkeit in der Darstellung – gegenüber der vergleichsweise zu ungenauen medizinischen CT<sup>6</sup> – liegt ein unschlagbarer Vorteil dieses bildgebenden Verfahrens darin, dass der Benutzer frei nach seinen Kenntnissen, Erfahrungen, individuellen Bedürfnissen und Fragestellungen die virtuellen Abbildungen benutzen, anordnen und vermaßen kann (Abb. 1). Der Anwender ist also nicht mehr auf vorgegebene Maße einer Zeichnung oder von Abbildungen Dritter angewiesen, sondern kann sich selbständig frei in dem erfassten Datensatz des Instruments bewegen (Abb. 2).



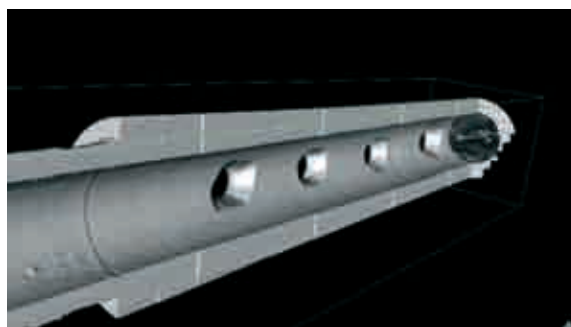
- 1 Vergleich von drei radiologischen Abbildungsqualitäten: analoger Röntgenfilm, medizinische ,3D-CT, technische 3D-CT
- 2 Arbeitsbildschirm mit Anordnung der 2D-Rekonstruktionen in allen drei Raumrichtungen
- 3 Diskantblockflöte von Hieronimus Kinsecker, Nürnberg um 1670 (Germanisches Nationalmuseum Nürnberg, Inv. Nr. MI 99)



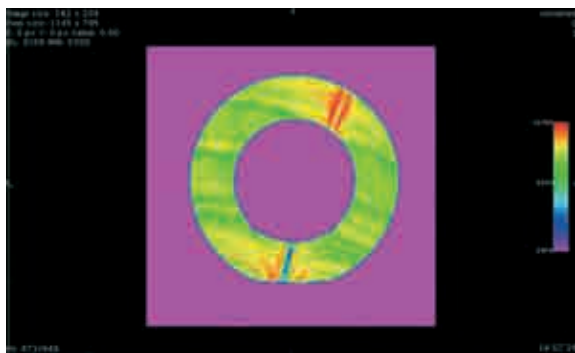
- 4 Detail eines kleinen Abschnittes der Kinseckerflöte in höherer Auflösung (23 µm) zur Sichtbarmachung einer Wandungspräparierung



- 5 Oberflächendarstellung der Innenbohrung der Blockflöte von Hieronimus Kinsecker



- 6 Riss im Labium der Blockflöte von Kinsecker



7  
Darstellung der Dichteverteilung  
an der Rissstelle in Fehlfarben

## Das Verfahren

Bei dem von uns konsultierten Kegelstrahl Röntgentomographiesystem RayScan 200 der Firma Wälischmiller<sup>7</sup> wird das zu untersuchende Objekt von einem Röntgenstrahl durchdrungen. Die durch die Absorptionseigenschaften des durchstrahlten Materials geschwächte Strahlung wird in einer einzigen Messung durch einen Flächendetektor in hoher Ortsauflösung und großer Empfindlichkeit für Dichteunterschiede aufgezeichnet. Um das Objekt von allen Seiten zu erfassen, wird es während der Bestrahlung einmal um seine eigene Achse gedreht. Aus einer Serie von mehreren hundert Winkelprojektionen wird anschließend die dreidimensionale Raumstruktur des Objektes visuell rekonstruiert.<sup>8</sup> Sowohl in der äußeren als auch in der inneren Struktur sind Größenmessungen in allen drei senkrecht zueinander stehenden Raumrichtungen möglich. Die Ortsauflösung der einzelnen Raumstruktureinheiten (Voxel) ist im Allgemeinen deutlich höher als bei der medizinischen Computertomographie, hängt aber letztlich auch von der Größe des aufgenommenen Objekts bzw. Objektausschnittes ab. Sie liegt in einem Bereich von 5–300  $\mu\text{m}$ . An dieser Stelle soll nicht näher auf die Technik der Computertomographie eingegangen werden, da sie in der einschlägigen Literatur ausführlich beschrieben ist. Insbesondere sei hier auf den Artikel von Britt Nowak-Böck et al. in den VDR-Beiträgen verwiesen.<sup>9</sup>

## Kosten einer Untersuchung

Leider findet die theoretisch erzielbare, fantastisch hohe Auflösung in der Praxis nicht nur in der Größe des Objekts ihr Korrektiv, sondern auch (noch) durch die Kosten einer solchen Untersuchung. Mit einem Einsatz von circa 500,- €

pro Aufnahme erreicht die Segmentierung eines Instruments in viele kleine Ausschnittsmessungen rasch ihre finanzielle Grenze. So hatten wir uns seinerzeit entschieden, die Aufnahme der Kinseckerflöte in drei Sektionen zu unterteilen, was die Auflösung von 123  $\mu\text{m}$  ergab. Bei der hier zu besprechenden Altblockflöte wären bei gleicher Auflösung mindestens sechs Messabschnitte für die Erfassung der Gesamtlänge nötig. Dies war aus finanziellen Gründen nicht möglich. Um gleichwohl die Auflösung noch in einem vertretbaren Bereich zu halten, wurde bei dieser (ersten) Messung nur der klängsensible Bereich des Labiums erfasst.

Wohl gemerkt handelt es sich bei solchen Untersuchungen immer nur um eine aktuelle Momentaufnahme des Instruments. Mit dieser Methode wird der Ist- und nicht der Ursprungszustand dokumentiert. Hierbei sind Einflüsse wie Luftfeuchte, Alterung, Holzschwind etc. wesentliche Faktoren für die Beurteilung solcher Untersuchungsergebnisse. Deshalb ist auch die Forderung einiger Instrumentenmacher nach messtechnischer Auflösung von 10  $\mu\text{m}$  kritisch zu hinterfragen. Im Gegensatz zu Verformungen beispielsweise von Metallblasinstrumenten, bei denen man die ursprünglich angestrebte Mensur über Minima-Maxima-Berechnung des gemessenen Durchmessers erhält, muss bei Holzblasinstrumenten der Holzschwind rechnerisch berücksichtigt werden. Insofern stellen die mittels Computertomographie gewonnenen Werte, wenn auch hochauflösend, immer lediglich Näherungswerte dar.

## Erweiterung der Fragestellung

Obwohl bei der Untersuchung der Blockflöte von Hieronimus Kinsecker (MI 99) (Abb. 3) noch die Maßgenauigkeit der Untersuchungsmethode im Vordergrund stand, ließ die Auswertung der virtuellen Bilder bereits das weiterreichende Potential der 3D-CT erahnen: Durch die extrem hohe Auflösung ist es erstmals möglich quasi ins Innere eines Objektes zu schauen und zwar je nach Objekt und Auflösung bis in den zellularen Bereich.<sup>10</sup> Dies war auch der Grund, in einer Folgeuntersuchung desselben Instruments zu testen, inwieweit Imprägnierungen der Holzoberfläche sichtbar gemacht werden können. Die Idee, die dahinter steckte, war, dass es durch das Einbringen fremder Substanzen (Öle, Harze etc.) im Mikrobereich zu einem Dichteunterschied kommen sollte, der mit dieser Methode zu visualisieren ist. Wurde bei der ersten Untersuchung eine Auflösung von 123  $\mu\text{m}$  realisiert, konnte die Auflösung bei der zweiten Untersuchung auf 23  $\mu\text{m}$  gesteigert werden. Dies hatte allerdings zur Folge, dass nur ein relativ kleiner Bereich (ca. 8,5 mm) untersucht werden konnte.

Tatsächlich gewahrt man an den Grenzflächen der Wandung auch deutlich eine Verdichtung des Holzes, was auf eine Behandlung der Flächen schließen lässt. Über die Art oder Eindringtiefe einer Präparierung können allerdings keine weiteren Aussagen abgeleitet werden, da die virtuellen Bilder hierfür zu indifferent bleiben (Abb. 4).

Im vorliegenden Beitrag nun sollen weitere Ergebnisse aufgezeigt werden, die über die reine Möglichkeit des Messens in den virtuellen Bilder hinausgehen.

### 1) Oberflächendarstellung

Die vorhandenen Bearbeitungsspuren, wie die Drehspuren um das Griffloch III, treten durch eine speziell für die Oberflächenberechnung ausgelegte Darstellungsart noch deutlicher hervor (Abb. 5).<sup>11</sup>

### 2) Dichteverteilungen im Objekt

Durch die Software-Funktion Grauwerten definierte, für das menschliche Auge leichter zu differenzierende Farbwerte zuzuordnen, können Dichteunterschiede deutlicher hervorgehoben werden. Bei der Flöte von Kinsecker zeigte sich durch die Dichteverteilung so beispielsweise deutlich, dass der durch den Labienbereich verlaufende Riss (Abb. 6) auf der gegenüberliegenden Seite seine Entsprechung findet. Diese Beschädigung, so ist ferner zu erkennen, wurde durch eine Wachstumsstörung (Astbildung) hervorgerufen. Es ist deshalb davon auszugehen, dass an diesen Stellen das Holz ein anderes Quellverhalten aufweist. Ob und welchen Einfluss diese materialimmanenten Dichteunterschiede im Holz haben, gilt es zukünftig in Forschungsprojekten zu prüfen (Abb. 7).

Somit wird gerade für die Restaurierung und Konservierung von Holzblasinstrumenten diese Untersuchungsmethode besonders interessant, erfährt doch auch die Diskussion um die Beurteilung der Spielbarkeit historischer Holzblasinstrumente hierdurch entscheidend neue Impulse: Materialimmanente Schädigungen der Objekte können so zukünftig sicherer erkannt werden.

## Untersuchung und Rekonstruktion einer Altblockflöte Jacob Denners mit 3D-CT

Untersucht wurde eine der beiden Altblockflöten von Jacob Denner des Germanischen Nationalmuseums (Inv.Nr. MI 139). Sie ist unter dem Labium, auf dem Mittelstück und am Fuß mit dem Brandstempel „I.DENNER“ im eingerollten Wimpelband und dem Bildzeichen des Tannenbaums zwischen den Lettern I und D dreifach signiert. Auf dem Fußstück findet sich zusätzlich in Tinte die Aufschrift: „I.A.K d. 23. Sept. Ao 1720“, was vermutlich auf den bislang unbekanntesten Besitzer hindeutet und gleichzeitig das Herstellungsdatum der Flöte nach oben begrenzt. Die Blockflöte ist aus Buchsbaum (*buxus sempervirens*) gearbeitet, besteht aus drei Teilen und besitzt eine Gesamtlänge von 496,5 mm (Abb. 8).<sup>12</sup>

Christian Friedrich Daniel Schubart (1739–1791) schreibt in seinen *Ideen zu einer Ästhetik der Tonkunst* über die Familie Denner unter dem Stichwort Querflöte:

„Zu Anfang dieses Jahrhunderts hat ein Meister in Nürnberg zuerst ein solches Instrument geliefert. Seine zwei Söhne, die helle musikalische Köpfe waren, legten sich darauf, reisten mit ganzen Kisten solcher Instrumente in Europa herum und brachten einen Gewinn von Tausenden zurück [...] Diese Gebrüder hießen Tenner, und ihre Flöten sind in aller Welt berühmt.“<sup>13</sup>

Schubarts Bemerkung lässt den Schluss zu, dass die Produktion von Holzblasinstrumenten der Familie Denner immens gewesen sein muss. Inwieweit die Familie Denner dabei nicht nur als Erzeuger, sondern auch als Verleger aufgetreten ist, bedarf noch der Klärung. Ob und wie die Qualität der Denner'schen Instrumente in Abhängigkeit des verwendeten Materials zu sehen ist, kann leider nicht beurteilt werden. Dass neben qualitativ hochwertigen ebenso geringwertigere Materialien eingesetzt wurden, kann an der Altblockflöte von Jacob Denner des Germanischen Nationalmuseums erkannt werden. Die unter modernen Instrumentenmachern verbreitete Forderung, möglichst astfreies Holz für den Kopfbereich zu verwenden, wurde von Denner offenbar nicht immer berücksichtigt. Dieser Umstand jedoch war einer der Gründe, den Kopf der Flöte genauer zu betrachten. Auch diese Untersuchung erfolgte an der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Aalen/Arge Metallguss durch Herrn Dr. King.

Vermessen konnten wir bislang leider nur das Kopfstück (Gesamtlänge 192,5 mm) und auch dies nur vom Schnabelanfang bis 106 mm nach unten. Der ganze Rezessbereich mit Wulst konnte demzufolge nicht mehr erfasst werden. Gleichwohl erscheinen die Ergebnisse mitteilenswert. Im Folgenden werden herausgelöste Einzelbilder der zweidimensionalen Rekonstruktionsfolge in axialer und sagittaler Richtung<sup>14</sup> gezeigt und kommentiert. Auf dem Bildschirm des Rechners kann die Bildfolge als bewegter Ablauf, sozusagen als Durchfahrt durch den Kopf dargestellt werden; die abgedruckte Wiedergabe dieser dynamischen Bildfolge muss sich hier auf eine Auswahl weniger Schnitte in axialer und sagittaler Richtung sowie einiger Bilder der 3D-Rekonstruktion beschränken.<sup>15</sup>

1) Besonders aufschlussreich für die Materialbeschaffenheit und Lage des Holzes im Baumquerschnitt sind zunächst die *axialen Querschnitte* (entlang der Bohrung), die hier gegen die Blasrichtung von unten nach oben angeordnet werden. In axialer Richtung zeigt sich zudem die Qualität der Passungen von Block und Ringen.

#### Abb. 9

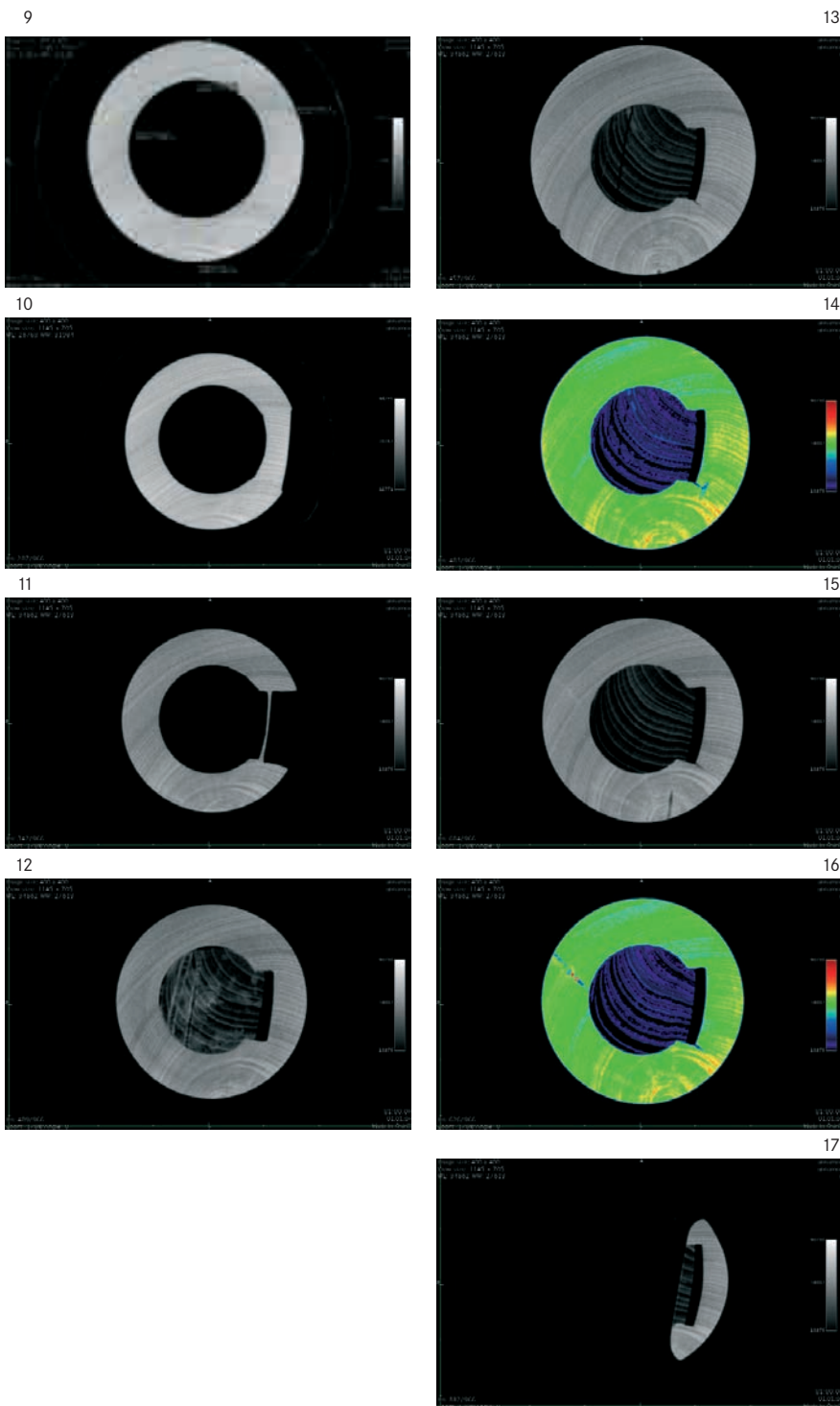
Die Aufnahme gibt den Abschnitt unterhalb des Labiums in einer Höhe von 157 mm zu erkennen. Deutlich zeigen sich verschiedene Wandungsstärken: Die Bohrung liegt, vermutlich bedingt durch das unterschiedliche Schwundverhalten des anisotropen Materials in tangentialer und radialer Richtung, nicht (mehr) zentrisch im Corpusquerschnitt. Vier Messungen verdeutlichen die unterschiedlichen Wandungsstärken zwischen 5,54 und 6,25 mm.

#### Abb. 10

Diese Aufnahme zeigt den Querschnitt des Kopfstücks in einem höheren Abschnitt (207 mm), in welchem der Beginn des Labiums zu erkennen ist. Die eben genannten Gründe bedingen auch eine unrunde Bohrung, so zeigt die Innenwandung mehrere flache Stellen (8 und 10 Uhr).



8  
Altblockflöte von Jacob Denner,  
Nürnberg vor 1720 (Germanisches  
Nationalmuseum Nürnberg,  
Inv. Nr. MI 139)



9-17  
2D-Rekonstruktionen  
in axialer Richtung

## Abb. 11

In einer Höhe von 342 mm lässt die Aufnahme die Labiumskante erkennen. Dieser dargestellte Querschnitt offenbart eine Beschädigung der Innenwandung (2 Uhr).

## Abb. 12

Der Blockbeginn zeigt sich im Querschnitt einer Höhe von 409 mm. Die Jahresringe des Nadelholzblocks laufen senkrecht auf das Fenster zu. Den, sich weiß abzeichnenden Punkt im Zentrum am unteren Ende des Blocks interpretieren wir als Abdruck der mitlaufenden Zentrierspitze der Drehbank. Die konzentrischen Kreise dürften vom Vorgang des Abstechens herrühren. Die beiden geraden Linien rühren von senkrecht in den Block geschlagenen kleinen Keilchen aus Nadelholz (vgl. unten Abb. 19), deren Hirnholz hier sichtbar ist. Die Keilchen dienen unseres Erachtens dem Zweck, den durch Schwund unpassend gewordenen Block wieder in die Bohrung zu spreizen.<sup>16</sup>

## Abb. 13

In der Aufnahme des Querschnitts in einer Höhe von 457 mm wird der Kern des Buchsbaumstückes, die Markröhre sichtbar (vgl. unten Abb. 20). In diesem Bereich ist auch am Original eine Verbräunung von außen zu erkennen. An der Oberkante im Windkanal (5 Uhr) zeigt sich in der CT-Darstellung ein Riss, dessen Ursache aus dem Jahrringverlauf nicht erklärbar ist. Der Windkanal ist, ganz anders als bei den Instrumenten Kinseckers, schwalbenschwanzförmig hinterschnitten.

## Abb. 14

Der Querschnitt in Höhe von 483 mm ist in dieser Aufnahme in Falschfarben dargestellt. Indem definierten Grauwerten spezifische Farben der gesamten Farbskala zugeordnet werden, stellen sich Dichteverteilungen für das menschliche Auge deutlicher dar. So zeigt sich hier am Ende des Risses im Windkanal (4–5 Uhr) eine Zone mit geringerer Dichte.

## Abb. 15

In diesem Abschnitt (Höhe: 604 mm) lässt sich ein von der Markröhre ausgehender, nach innen ziehender Riss erkennen (5–6 Uhr).

## Abb. 16

Der Querschnitt in Fehlfarben (Höhe: 626 mm): Ein doppelter, hier rot dargestellter Einschluss (höhere Dichte = Stein oder Metall?) verursachte einen zweiten Riss (10 Uhr), der über die gesamte Wandstärke verläuft. Da die Aufnahme einen gestörten Jahrringverlauf an dieser Stelle offenbart, ist zu vermuten, dass diese Einschlüsse schon während des Wachstums vorhanden waren (vgl. hierzu auch Abb. 21).

## Abb. 17

Die letzte Aufnahme des Querschnitts in einer Höhe von 892 mm zeigt deutlich: 7 mm vor dem Schnabelende endet der ca. 3,4 cm lange Riss im Windkanal, das heißt, von außen ist er überhaupt nicht zu sehen.

2) In sagittaler Richtung interessieren in der Regel vor allem die Aufnahmen, in welchen der Schnitt genau in der Mittelebene des Instrumentes liegt, denn nur in diesem Fall kön-

nen Wandungsmaße eindeutig bestimmt werden. Auch in sagittaler Richtung kann das Objekt virtuell durchfahren und gezielt die interessierenden Schichten angesteuert werden. Als Beispiele haben wir zwei *sagittale Schnitte* aus dem Datensatz ausgewählt; auf Vermaßung wurde allerdings verzichtet.

## Abb. 18

Der vorliegende Schnitt wurde genau in die Ebene des angesprochenen Risses gelegt (siehe blaue Linie im oben rechts dargestellten Querschnitt). Die beeindruckende Aufnahme macht den Riss in seiner vollen Länge sichtbar.

## Abb. 19

Ein vergrößertes Detail der Aufnahme des sagittalen Schnitts (Abb. 18) im Bereich des Blockbeginns zeigt die beiden von unten in den Block getriebenen Keilchen in deren Querschnitt (vgl. Abb. 12). Die Darstellung zeigt, wie der Block durch die Keile aufgetrieben wird.

3) Die *3D-Rekonstruktionen* erlauben das untersuchte Objekt in Gänze dreidimensional darzustellen, in jede beliebige Richtung zu drehen und darüber hinaus freie Schnittebenen zu legen. Im Gegensatz zu den axialen und sagittalen Schnitten kommen hier auch die hinter der Schnittebene liegenden Bereiche zur Darstellung. Über die Definition bestimmter Dichtebereiche („Volumenrendering“) ist es überdies möglich, gewünschte Bereiche auszublenden. Auch in dieser Darstellungsart sind Messungen in beliebiger Weise möglich.

## Abb. 20

Eine ungeschnittene 3D-Volumendatenberechnung erlaubt eine virtuelle, dreidimensionale Darstellung der Flöte im Bereich der 3D-CT-Vermessung und dies in jeder gewählten Lage.

## Abb. 21

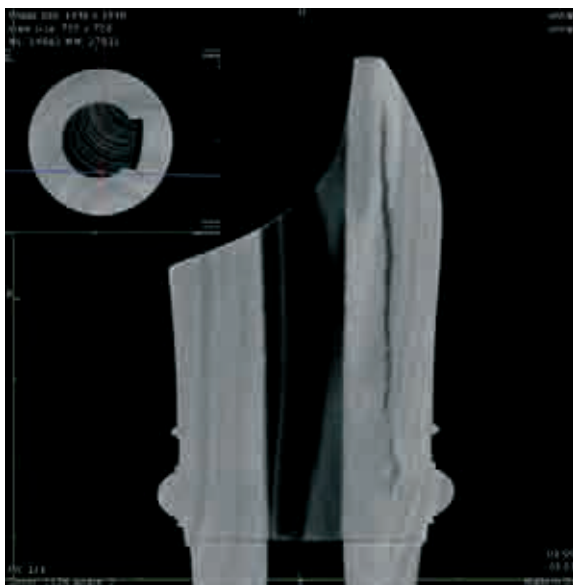
In dieser 3D-Rekonstruktion wurde die Schnittebene durch den in Abbildung 16 gezeigten Einschluss in Längsrichtung gezogen. Der 3D-Modus zeigt den Einschluss deutlich. Darüber hinaus kommt die Ausrichtung des Labiums auf den Windkanal klar zur Erscheinung. Der in Abbildung 16 sichtbare Riss, stellt sich im 3D-Modus nicht dar.

## Abb. 22

Das virtuelle Bild der 3D-Rekonstruktion erlaubt einen Blick von unten auf das Labium, die Labiumhinterschneidung und auf das Fenster, welcher mit anderen bildgebenden Methoden bislang nicht zu gewinnen ist.

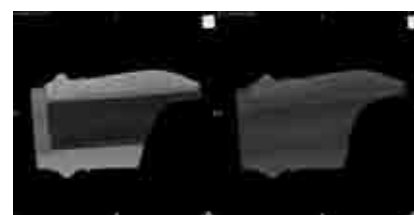
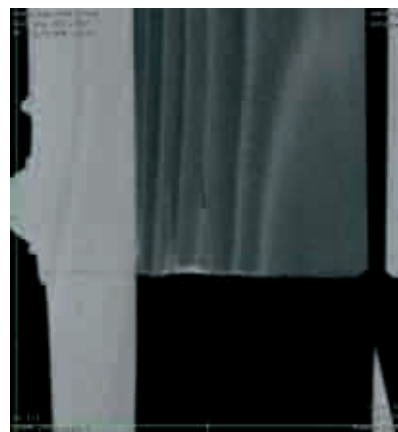
## Abb. 23

Diese Abbildungen zeigen einen virtuellen Schnitt durch die Mittelebene des Kopfstücks; links ist das Kopfstück inklusive des Blocks dargestellt, die rechte Abbildung zeigt das Kopfstück ohne Block, nach dem „Herausrechnen“ der Blockdaten. In dieser Schnittebene bilden sich Wandungsstärken und Außenprofile (Wülste, Ringe und Einkerbungen) wirklichkeitsgetreu ab und lassen sich im richtigen Maßstab reproduzieren.



18  
Darstellung des Risses  
im Windkanal

18-19  
2D-Rekonstruktionen  
in sagittaler Richtung



20-23  
3D-Rekonstruktionen

## Bewertung

Bei unseren ersten Messungen bestand die Zielsetzung vor allem darin, die Möglichkeiten des relativ jungen Verfahrens hinsichtlich der Untersuchung von Musikinstrumenten auszuloten und den Gewinn für die technologische Dokumentation zu evaluieren. Es konnte gezeigt werden, dass der Einsatz der 3D-Computertomographie nicht nur Lust auf eine neue technische Spielerei erzeugt, sondern tatsächlich brauchbare Ergebnisse erbringt, wie uns viele Flötenspezialisten bestätigen.

Bereits während der Untersuchung der Kinsecker-Blockflöte drängte sich ein zusätzliches Problemfeld in den Vordergrund: der konservatorische Aspekt. Dieser wurde bei der hier besprochenen CT-Vermessung zum Leitmotiv. Denn, kehren wir zu unserer Ausgangsüberlegung zurück, mittels der 3D-CT lässt sich die Frage des Anspielens nunmehr auf einer deutlich objektiveren Basis beantworten.

Allein aufgrund der CT-Aufnahmen wurde der markante Riss im Windkanalbereich erst erkennbar. Die Konsequenzen für den weiteren Umgang müssten selbst den glühendsten Verfechtern der musikalischen Nutzung des historisch überkommenen Instrumentariums einleuchten. Auch Gegner der ‚Endlagerung‘ hinter Vitrinenglas, die ihrer Meinung nach der Mentalität musealen Totengräbertums entspringt, werden die naturgegebenen Folgen des Anspielens anerkennen müssen: Blasfeuchte würde den direkt in den Windkanal mündenden Riss unweigerlich zum sofortigen Quellen bringen und die unmittelbare Gefahr des Weiterreißen in sich tragen. Fast noch gravierender ist eine Behandlung mit imprägnierenden Ölen zu bewerten, da trocknende und nichttrocknende Öle – irreversibel – in unauslotbare Tiefen und Hohlräume dringen würden. Die in diesem Fall akut nachweisbare Gefährdung ist, will man die musikalischen Dokumente der Vergangenheit auch zukünftigen Generationen übergeben, mit dem Lust- und Erkenntnisgewinn momentanen Anspielens nicht zu wägen!

Wollte man in Zukunft dennoch nicht auf das Anblasen von Holzblasinstrumenten verzichten, gilt es neue Wege zu finden, die vielleicht doch ein gefahrloses Anspielen ermöglichen könnten. Denkbar wäre hier beispielsweise eine kurzfristige Imprägnierung mit flüchtigen, inerten Stoffen oder die Entwicklung einer Vorrichtung zum Ausfiltern der Blasfeuchtigkeit, so dass die Feuchte nicht in das Instrument dringt.

Klaus Martius und Markus Raquet  
Germanisches Nationalmuseum  
Kartäusergasse 1  
90402 Nürnberg

## Anmerkungen

- 1 Satzung des Germanischen Nationalmuseums 1986, §2
- 2 Rüdiger Herrmann, Renaissanceblockflöten im Schlossmuseum Quedlinburg. In: TIBIA 3, 2003, S. 503–506
- 3 Ilona Stein, Blasfeuchte in Holzblasinstrumenten. Vorgänge und Risiken für das Holz. In: Studien zur Erhaltung von Musikinstrumenten Teil 1: Holzblasinstrumente, Firnisse, hrsg. Friedemann Hellwig (= Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut, Band 16). München 2004, S. 9–121
- 4 Vgl. hierzu die zahlreichen Veröffentlichungen in Zusammenarbeit mit dem Württembergischen Landesmuseum; einen Querschnitt dieser Untersuchungen zeigt die CD-ROM der FH Aalen: Anwendung der 3D-Computertomographie in Archäologie, Restaurierung und Kunstgeschichte. Dezember 2004
- 5 Klaus Martius und Markus Raquet, 3D-Computertomographie in der Dokumentation von Holzblasinstrumenten. In: Windkanal 2005, 3, S. 6–12
- 6 Mit modernen Computertographen lassen sich Auflösungen bis zu 400 µm erzielen.
- 7 Hans Wälischmiller GmbH, Markdorf; siehe [www.hwm.com](http://www.hwm.com) [Zugang 7.12.2007]
- 8 Volume Graphics GmbH, Heidelberg; siehe [www.volumegraphics.com](http://www.volumegraphics.com) [Zugang 23.10.2008]
- 9 Britt Nowak-Böck, Christina Peek und Irmgard Pfeifer-Schäller, Zur Untersuchung archäologischer Textilien mittels 3D-Computertomographie. In: Beiträge zur Erhaltung von Kunst- und Kulturgut 1, 2005, S. 134–147
- 10 Michael Friedrich, Anwendung der 3D-Computertomografie zur dendrochronologischen Datierung von Holzobjekten am Beispiel der keltischen Holzfiguren von Fellbach-Schmiden, Vortrag gehalten auf der Tagung: Anwendung der 3D-Computertomographie in Archäologie, Restaurierung und Kunstgeschichte, 6. Dezember 2004, Fachhochschule Aalen
- 11 Zu Recht verweist Rainer Weber darauf, dass mittels Endoskopie oder Makrofotografie in geeigneter Beleuchtung (Streiflicht) Bearbeitungsspuren noch deutlicher sichtbar gemacht und interpretiert werden können; vgl. Rainer Weber, 3D-Computertomographie. Ergänzungen und Anmerkungen zum Artikel in Windkanal 2005-3. In: Windkanal 4, 2005, S. 12–13.
- 12 Vgl. Martin Kirnbauer, Verzeichnis der Europäischen Musikinstrumente im Germanischen Nationalmuseum Nürnberg; Band 2; Flöten- und Rohrblattinstrumente bis 1750. Wilhelmshaven 1994, S. 30–31
- 13 Christian Friedrich Daniel Schubart, Ideen zu einer Ästhetik der Tonkunst. Wien 1806, S. 245
- 14 ‚Axial‘ bedeutet in unserem Fall: Querschnitt des Instruments senkrecht zur Längsachse in Blasrichtung, ‚sagittal‘ bezeichnet einen Schnitt parallel zur Achse und senkrecht zur Frontalansicht.
- 15 Software für die Bearbeitung der Bilder: DICOM Viewer Osirix, Version 3.0.1, OsiriX Foundation, Genf
- 16 Dies bedeutet, nicht zum Anheben der Bahn wie Martin Kirnbauer vermutet; vgl. Kirnbauer 1994, wie Anm. 12, S. 30.
- 17 Die Zeitschrift TIBIA fand sich durch unsere ersten Aufnahmen angeregt, in der nächst folgenden Nummer einen Artikel zur Computertomographie unter Verwendung medizinischer CT-Aufnahmen zu bringen: Ronald Haase, Computertomographie – eine moderne Methode zur exakten Vermessung von Blockflöten. In: Tibia 4, 2005, S. 606–613

## Abbildungsnachweise

Alle Abbildungen: die Autoren