

# Contrabass Clarinet Unlimited

## Eine sensorisch-dynamische Kontrabassklarinette

Ernesto Molinari, Jochen Seggelke, Daniel Debrunner, Daniel Heiniger, Simon Schnider



*Die Erneuerung und Entwicklung tiefer Blasinstrumente liegen im Trend, und in verschiedenen Bläserfamilien sind in jüngster Zeit neue Instrumente wie Lupophon, Kontraforte oder Tubax entstanden. Auch die Kontrabassklarinette wurde immer wieder verbessert. Nun hat ein Forschungsteam der Berner Fachhochschule ein Funktionsmuster einer grundlegend neuen Kontrabassklarinette entwickelt, die in einem von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) unterstützten Folgeprojekt zum serienreifen Prototypen entwickelt werden soll. Im folgenden stellt das Forschungsteam dieses Funktionsmuster vor und erklärt die Gründe, die zu dieser Neukonstruktion führten.*

### ARCHAİK BEGEGNET HIGHTECH

*Ernesto Molinari, Klarinetist und Projektleitung, Hochschule der Künste Bern*

Die Kontrabassklarinette wurde im 19. Jahrhundert entwickelt und erscheint in wichtigen Orchesterwerken des frühen 20. Jahrhunderts, z. B. in der Originalfassung der Fünf Orchesterstücke op. 16 (1909) von Arnold Schönberg oder *Arcana* (1925–27) von Edgar Varèse. Die Länge der Kontrabassklarinette ermöglicht einen grossen Tonumfang von heute fünfeinhalb Oktaven mit zahlreichen Überblastönen. Das führte nach 1960 zu einem vielseitigen Repertoire für dieses Instrument.

Wegen der komplexen mechanischen Klappensteuerung müssen aber bis heute gravierende Kompromisse eingegangen werden: Der Klang ist unausgeglichen und die Intonation ungenügend. Zwar haben sich in den vergangenen Jahrzehnten Viele um Verbesserungen des Instrumentes bemüht, was auch zu neuen Werken führte. So komponierte Hans Ulrich Lehmann 1993 für Elmar Schmid, der entsprechende Umbauten am Instrument vornahm, das Solostück *el mar*. Mehrere Instrumentenbauer haben an der Kontrabassklarinette gearbeitet. Nicht zuletzt waren es aber Interpreten, die mit ihrem Spiel und der

immer virtuoserer Beherrschung des Instrumentes die Kontrabassklarinette weiter entwickelten. Verfügte das Instrument lange Zeit nur über dreieinhalb Oktaven Umfang, wurde dieser in den letzten Jahren enorm vergrössert, so dass die kanadische Komponistin Annesley Black in *tender pink descender* (2009) für einen Umfang von fast fünfeinhalb Oktaven (Subkontra B bis cis<sup>3</sup>) schreiben konnte. Einen noch grösseren Umfang verlangt Rolf Riehm in seinem 2008 komponierten Solostück *Ton für Ton* (Subkontra B bis f<sup>3</sup>).

Trotzdem bleiben diese vielversprechenden Entwicklungen letztlich immer «bestmögliche Kompromisse». Deshalb stellte man sich in der Forschungsabteilung der Hochschule der Künste Bern (HKB) die Frage, ob es nicht möglich sein könnte, eine grundlegend neue Kontrabassklarinette zu konzipieren und zu bauen. In dem interdisziplinären Vorbereitungsprojekt *Contrabass Clarinet Unlimited* der Berner Fachhochschule wurde 2013–14 diese Neukonstruktion versucht.

Sie liegt nun in Form eines Funktionsmusters vor. Die Grundidee: Erste Priorität hat das akustisch möglichst ideal geformte Instrument, das unabhängig von der mechanischen Erreichbarkeit der Klappen konzipiert und gebaut wird. Das Klappensystem wird über eine mechatronische

Steuerung bei den akustisch ideal gesetzten Bohrlöchern angebracht.

Schon ganz zu Beginn wurden verschiedene Anforderungsparameter (Klangästhetik, Spielmöglichkeiten, Schnittstellen etc.) definiert, denen das Instrument genügen sollte.

1. Es werden weder grössere Lautstärke noch grössere Schnelligkeit im Vergleich zu den bisherigen Modellen der Kontrabassklarinette angestrebt.
2. Der archaische, «erdige» Klang des langen Rohrs der Kontrabassklarinette muss beibehalten und nach Möglichkeit verstärkt werden.
3. Zentral ist eine möglichst perfekte Intonation, die kein Nachkorrigieren des Spielers verlangt.
4. Das klangliche Spektrum muss erweitert und der Klang tragfähiger und farbenreicher werden.
5. Das Spiel in der höchsten Lage sollte einfacher werden, damit diese nicht nur von wenigen Spezialisten gespielt werden kann.
6. Der Umfang des Instrumentes sollte auf sechs Oktaven erweitert werden.
7. Die bisherigen Spielweisen und Griffe, z.B. auch nach französischem oder deutschem System, müssen beibehalten werden, so dass die Interpreten nicht umlernen müssen.
8. Das elektronische Erfassen der Tastenpositionen sollte es möglich machen, über den «Spieltisch» auch andere Schnittstellen vom Instrument aus zu bespielen, was neue live-elektronische Möglichkeiten schafft.

Das vorliegende Funktionsmuster des Instrumentes erfüllt schon einige dieser Anforderungen. Noch nicht erfüllt gegenüber den heutigen Kontrabassklarinetten auf dem Markt sind folgende Punkte: die je nach Wunschvorstellung genügend grosse Lautstärke; das klangliche Spektrum, das heutigen Kontrabassklarinetten entspricht, sie aber nicht übertrifft; das vereinfachte Spiel in der höchsten Lage und der Umfang von sechs Oktaven, der mit dem Funktionsmuster noch nicht möglich ist. Das Bespielen externer Peripheriegeräte über die elektromagnetische Steuerung der Tasten wurde noch nicht getestet.

Auch wenn einiges schon erreicht ist, zeigt sich allerdings schon jetzt, dass auch neue Probleme entstehen. Da das Instrument über offene Klappen und gleich gross gebohrte Löcher verfügt, müssen alle Gabel- sowie mikrotonalen Griffe, Mehrklänge usw. neu programmiert und das Instrument gleichsam neu entdeckt und erforscht werden. Und paradoxerweise entstehen gewisse Probleme gerade deshalb, weil das Instrument weniger Mängel aufweist. Denn mit diesen Mängeln, z.B. mit dem Geklapper der mechanischen Übertragungssysteme, aber auch mit speziellen Mehrklängen, die durch die ungünstige Platzierung der Bohrlöcher überhaupt erst möglich waren, haben sich bisher Komponisten in ihren Werken kreativ auseinander gesetzt. Es wird eine spannende Frage sein, wie und wie weit man diese Mängel der «historischen» Kontrabassklarinette beim neuen Instrument reproduzierbar machen soll. Das Klappensystem des neuen Instrumentes soll zum Beispiel geräuschlos funktionieren. Für gewisse Werke, bei denen das Klappengeräusch kompositorisch konstitutiv ist, wird man diesen Effekt als spezielles «Register» programmieren müssen.

Ganz generell wird das neue Instrument einer Komponistengeneration, welche sich darauf konzentriert, «historischen» Instrumenten andere faszinierende Klänge als jene zu entlocken, für die sie ursprünglich gebaut wurden, durchaus neue Herausforderungen stellen.

Wenn das hochgesteckte Ziel erreicht wird, den Umfang der heutigen Kontrabassklarinette auf sechs Oktaven zu erweitern, wäre sie an Umfang und Registerreichtum mit dem Kontrabass vergleichbar, und ihr Ruf als «tiefer Brummer» würde endgültig verschwinden. Ihre Funktion in Orchester-, Kammermusik- und Solo-Literatur dürfte sich grundsätzlich ändern. Auch in Jazz und Blasmusik könnte diese Kontrabassklarinette eine neue Rolle übernehmen.

Beim vorliegenden Laborfunktionsmuster dieser neuen Kontrabassklarinette lässt sich schon vieles vom neuen Instrument erahnen. Ein «Spieltisch» in Form einer normalen Sopran-Klarinetten-Tastatur erlaubt es, das Instrument auch mit kleinen Händen und kurzen Fingern zu spielen.

Das Zentrale aber, die Archaik des Blasinstrumentes, bleibt erhalten: Luftführung, Artikulation, Stütze, Klangvorstellung bleiben gleich, bzw. sie können sich wegen des ideal gebauten und geführten Rohres sogar in bisher unbekannter Weise entfalten.

Am 19. Oktober 2013 wurde das Laborfunktionsmuster an der Hochschule der Künste Bern vorgestellt. Verschiedene anwesende Klarinetten- und Instrumentenbauer wurden um ein Feedback gebeten. Diese Feedbacks waren weitgehend positiv, was sicher auch auf ein kollegiales Wohlwollen zurückzuführen und entsprechend zu relativieren ist. Deshalb sind vor allem die berechtigten kritischen Anmerkungen hervorzuheben. Diese lassen sich in drei Punkten zusammenfassen:

1. Die neue Kontrabassklarinette muss in punkto Klang und Spielbarkeit die heutigen Instrumente klar übertreffen. Der Klang bedarf noch einer deutlichen Verbesserung.
2. Das Laborfunktionsmuster wirkt noch zu sehr wie ein Apparat. Nur wenn dieser technische Aspekt in Bauweise und Design überwunden werden kann, kann das Instrument von Musikern akzeptiert werden.
3. Es muss die anspruchsvolle Aufgabe sein, einerseits möglichst alle bisherigen Anforderungen an die Kontrabassklarinette verbessert zu erfüllen und andererseits möglichst viele neue Möglichkeiten (z.B. Schnittstellen zu midi-gesteuerten Peripheriegeräten etc.) zu schaffen.

Durch die Bewilligung eines zweiten Forschungsprojektes unter dem Titel *Contrabass Clarinet Extended*, das die bisherigen Projektpartner mit einem erweiterten Team zusammen mit der Firma Seggelke+Partner Clarinet Solutions GmbH als Praxispartner realisieren werden, soll unter Einbezug oben erwähnter kritischer Punkte diese Entwicklungsarbeit nun geleistet werden. Wenn diese erfolgreich ist, könnte die einfache Idee, die mechanischen Übertragungssysteme mit einer mechatronischen Steuerung zu ersetzen, auf andere tiefe Blasinstrumente übertragen und die starken Erneuerungstendenzen im Bereich des Baus tiefer Instrumente mit einem neuen Ansatz belebt werden.

## KONZEPT UND REALISIERUNG

Jochen Seggelke, Blasinstrumentenbauer

Einer der grundlegenden Nachteile der bisher gebauten Kontrabassklarinetten liegt darin, dass etliche Tonlöcher idealerweise woanders liegen müssten. Und erste Überlegungen, eine optimale Platzierung der Tonlöcher mit der Weiterentwicklung der traditionellen Mechanik zu ermöglichen, stellten sich als so schwierig heraus, dass daran weder finanziell noch personell zu denken war. Nicht ohne Grund haben auch Grossbetriebe für Klarinettenbau sich um diese Weiterentwicklung bisher gedrückt.

Aus dieser Not heraus wurde die Idee für die neue Kontrabassklarinette geboren: Was wäre nämlich, wenn auf einem Holzrohr von der geforderten Gesamtlänge von 270 cm eine Tonlochreihe möglichst optimal platziert wird und die mechanische Seite mittels «Elektrizität» gelöst würde? Die Signalübertragung vom Finger zum Tonloch würde mittels Elektrizität erfolgen, und auf die traditionelle Mechanik zur Übertragung könnte ganz verzichtet werden. Daniel Debrunner, Professor am Departement Technik und Informatik der Berner Fachhochschule, liess sich für dieses Experiment begeistern und erkannte Möglichkeiten, einen Wissenstransfer aus seinen diversen Erfindungen bei experimentellen Orgeln auf das Projekt mit der Kontrabassklarinette zu vollziehen.

Bei einem Brainstorming, welches schliesslich zum vorliegenden Forschungsprojekt führte, konnten wir durch einen einfachen Versuch mit einer Schnur, welche die Länge der Kontrabassklarinette und einige wichtige Tonlochpositionen anzeigte, empirisch ermitteln, welche äussere Form für das neue Instrument sinnvoll sein könnte. Vorgabe von instrumentenbauerischer Seite war es, keine 180 Grad gewinkelten Teile zu verwenden, d.h. auf parallel verlaufende Röhren zu verzichten; die Musiker umgekehrt verlangen nach einem Instrument, das im Sitzen und Stehen gleichermaßen gut erreichbar und spielbar ist.

Als Lösung ergab sich sehr schnell eine Dreiecksform, die sich an Bassethörnern aus der Mozart-Zeit orientiert. Daraufhin suchten wir nach einer Aufteilung für die Rohre, die folgende Bedingungen erfüllen musste:

- leicht transportabel und demontierbar
- kein Teil länger als ca. 75 cm
- einfache Zapfenverbindungen
- unterhalb des Mundstückes ein leicht austauschbares Teil ähnlich der Birne an der Sopranklarinette
- der untere Knick sollte am Tonloch das gegriffene  $c/g^2$  ermöglichen, und dies mit so wenig Längenverlust wie möglich
- ein Schallbecher nach Art des von mir entwickelten Bassklarinettenmodells.

Im nächsten Entwicklungsschritt wurden Röhren mit einem Innendurchmesser von 25 mm und einer Wandung von etwa 8 mm angeordnet; diesen wurden, vorerst nur für die absteigende Röhre, Tonlöcher mit 24 mm Durchmesser zugeordnet; deren Positionen wurden durch Näherungsberechnung gesucht und eingebohrt, um in der Folge Verschiebungen vornehmen zu können. Diese Anordnung wurde im Forschungsteam vorgestellt, und die klanglichen Möglichkeiten dieses einfachen Demonstrationsmodells überzeugten.



Das erste Demonstrationsmodell wird von der Berner Forschungsgruppe getestet.

Foto: Donna Wagner Molinari

Die Demonstration machte zu einem frühen Zeitpunkt deutlich, dass mit dieser Bauweise eine bisher noch nicht bekannte klangliche Homogenität gefunden werden kann. Allerdings war auch klar, dass der «Schub» für längere Frequenzen mit einer 25 mm Bohrung nicht ausreichen würde; so kompakt der Klang einerseits erscheint, so sehr kreierte die enge Bohrung andererseits viel Widerstand.

Deshalb fiel in der Folge der Entscheid für eine Innenbohrung von 30 mm und nach weiteren Experimenten auch dafür, die Tonloch-Ränder nicht in den Korpus einzulassen, sondern als Kamine aufzusetzen. Das führte in der tiefsten Lage zur notwendigen Stabilität und zu einer besseren Grundtönigkeit der Klänge.

Parallel zur Fixierung der Tonlochpositionen und der Überblaslöcher wurde ein Funktionsmuster für die Motorisierung der Klappendeckel gebaut, die jeweils Sensor und Aktor zusammenführen. Die Tonlöcher wurden mit Klappendeckeln und der dafür nötigen Aufhängung versehen. Um möglichst jeden Motor einzeln montieren und mit exakt denselben Teilen arbeiten zu können, wurden die Tonlöcher in einer leichten Achsdrehung versetzt platziert. So ist keine Achslagerschraube länger als 7 cm, und es können einfach aufzubohrende Kugelpaare als Halterung verwendet werden.

Obwohl die Kontrabassklarinette gross ist, wurde der Platz im oberen Teil des Instrumentes, wo die Sensoren angebracht werden mussten, eng. Die bisherigen Erfahrungen allerdings haben gezeigt, wie wenig Platz für die Hallsensoren, die den Impuls der Spielfinger an die Elektronik und damit an den Klappenmotor weitergeben, wirklich benötigt wird.

Vieles bleibt noch zu tun. Neben verschiedenen klanglichen Verbesserungen betrifft dies folgende Punkte:

1. Die Ergonomie ist ein wichtiges Thema: Gerade für Spieler oder Spielerinnen mit kürzeren Armen liegt die rechte Hand nicht optimal. Das muss durch eine geringfügig andere Winkelberechnung im oberen Knickteil korrigiert werden.
2. Das Funktionsmuster wirkt momentan noch wie ein Experimentalinstrument. Zukünftig soll das Design des Instru-

- menten seiner spannungsvollen Aussage (eine Verbindung aus historischer Bassethorn-Form und High-Tech-Apparat) entsprechen und diese visuell überzeugend umsetzen.
3. Eine bessere Abdichtung der Korpussteile muss erreicht werden.
  4. Die Behandlung der Innenbohrung mit Schleifen und Versiegeln muss erforscht werden, denn diese scheint ein entscheidender Parameter für die Klangkraft tiefer Frequenzen zu sein.
  5. Überzeugende Steckverbindungen zwischen den einzelnen Korpussteilen müssen entwickelt werden; geplant ist, die Zapfen und Verschlüsse, die auch die elektrischen Anschlüsse integrieren, zu verkürzen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das vorliegende Laborfunktionsmuster ein grosses Potential aufweist. Vor allem überzeugt seine klangliche Homogenität, die auch in dynamischen Grenzbereichen konstant bleibt. Die bisherige Forschungsarbeit macht aber auch bewusst, dass ein perfektes, den heutigen und auch künftigen Anforderungen genügendes Instrument weiterhin intensive Investitionen erfordert.



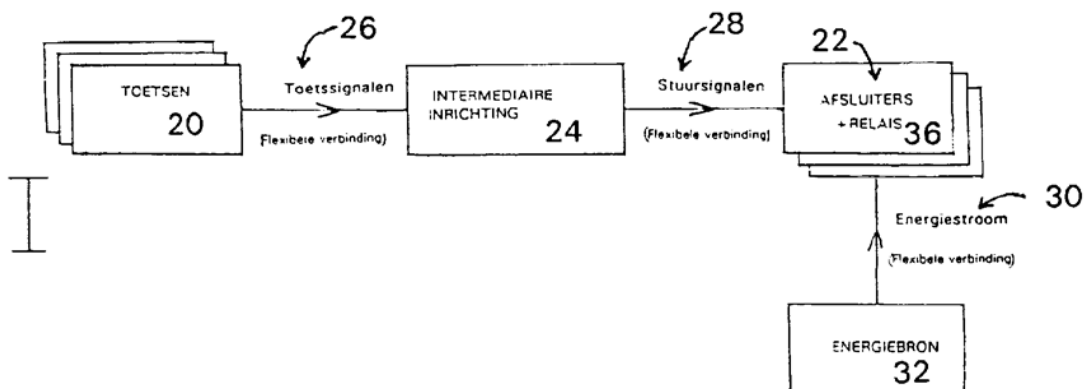
Das Projektteam präsentiert das Funktionsmuster, Hochschule der Künste Bern, 19. Oktober 2013. Von links nach rechts: Daniel Debrunner, Jochen Seggelke, Ernesto Molinari, Simon Schnider, Daniel Heiniger. Foto: Ruth Debrunner

## DIE ENTWICKLUNG EINES MECHATRONISCHEN BLASINSTRUMENTES

Daniel Debrunner, Daniel Heiniger, Simon Schnider  
(Ingenieure, BFH Departement Technik und Informatik)

Die Idee, ein Blasinstrument zu bauen, das auf die mechanische Übertragung zwischen der Spieltaste und den Klappen radikal verzichtet, eröffnet dem Instrumentenbauer ungeahnte Freiheiten. Das bedeutet aber auch Folgendes: Positionssensoren fragen die Fingerpositionen ab, und Klappenaktuatoren (Elektromagnete), die durch das Griffsystem angesteuert werden, schliessen und öffnen die Ton- und Überblaslöcher. Mit andern Worten: Es hat Strom im Blasinstrument! Kann das gutgehen?

Wie üblich bei neuen Ideen taucht zudem die Frage auf, ob es das denn nicht schon gibt. Tatsächlich förderte das Studium der Patentdatenbank eine holländische Patentanmeldung aus dem Jahre 2000 von Abraham van der Drift zutage, welche die Grundidee unseres Projektes festhält, nämlich die Klappensteuerung mittels einer elektromagnetischen Steuerung: Der Patentschutz für diese Patentanmeldung wurde von Abraham van der Drift nicht weiterverfolgt. Daher stellt sie, und auch weil weder in der publizierten Literatur weiterführende Versuche noch auf dem Markt entsprechend ausgerüstete Instrumente gefunden wurden, in Bezug auf die mechatronische Steuerung der Klappen von Blasinstrumenten den Stand der Forschung dar und kann von jedermann



Patent mit Nummer NL 1011954 C2, Titel: «Musical reed instrument, e.g. clarinet or saxophone, uses intermediate relays controlled by keys to operate valves simplifies fingering». Anmelder: Abraham van der Drift

frei realisiert werden. (In der Pfeifenorgelwelt erfolgte die erste Patentanmeldung für elektropneumatische Ventile am 13. Oktober 1928 durch die US-Firma W.H. Reisner Mfg Company. Das Patent wurde erteilt am 2. Mai 1933 unter der Nummer US1907176 A.)

Nach einigen Konzeptentwürfen, Vorversuchen und akribischer Detailarbeit wurde am 19. Oktober 2013 an der Hochschule der Künste in Bern das Laborfunktionsmuster als fertiges Instrument präsentiert. Im Folgenden wird das Laborfunktionsmodell im Sinne einer Offenlegung detailliert beschrieben.

Das Instrument besteht aus vier Segmenten (Rohren) und wird mit einem Standard-Mundstück der Kontrabassklarinette angeblasen. Die linke Hand greift auf dem flach abfallenden Segment, die rechte Hand am absteigenden Segment. Auf jedem Segment gibt es einen Microcontroller, der Tastenpositionen liest und Klappenmotoren ansteuert. Mit einem Echtzeit Feldbussystem (CAN) werden diese Segment-Controller mit einem Master-Controller vernetzt. Dieser realisiert die Griffsysteme und bietet Schnittstellen zu externen e-music-Geräten an.

Aufgrund der knappen zeitlichen und finanziellen Projektressourcen wurden in manchen Bereichen Abstriche in Kauf genommen. So beschränkt sich das Laborfunktionsmuster auf On/Off-Klappenantriebe: Die Klappe wird ohne Zwischenpositionen entweder geschlossen oder geöffnet angefahren. Ausserdem ist die eingebaute Hardware strikt auf das funktionale Minimum beschränkt. Dasselbe gilt für die Software. Zudem wurde auf einige Tasten verzichtet, was Reaktionen der Musiker provozierte, denen eingeübte Griffkombinationen plötzlich fehlten.

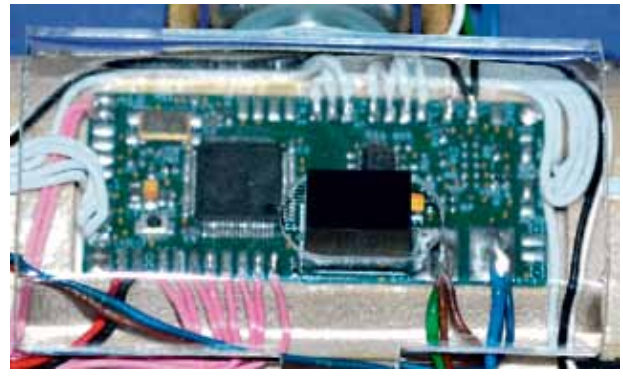
Tasten mit Positionssensoren auszurüsten ist nichts Ungewöhnliches und im Pfeifenorgelbau bei Instrumenten mit elektrischer Tontraktur üblich. Magnetische, optische oder induktive

Sensoren bieten sich an, um die Tastenposition mit 1% Auflösung bezogen auf den Gesamtweg zu erfassen.

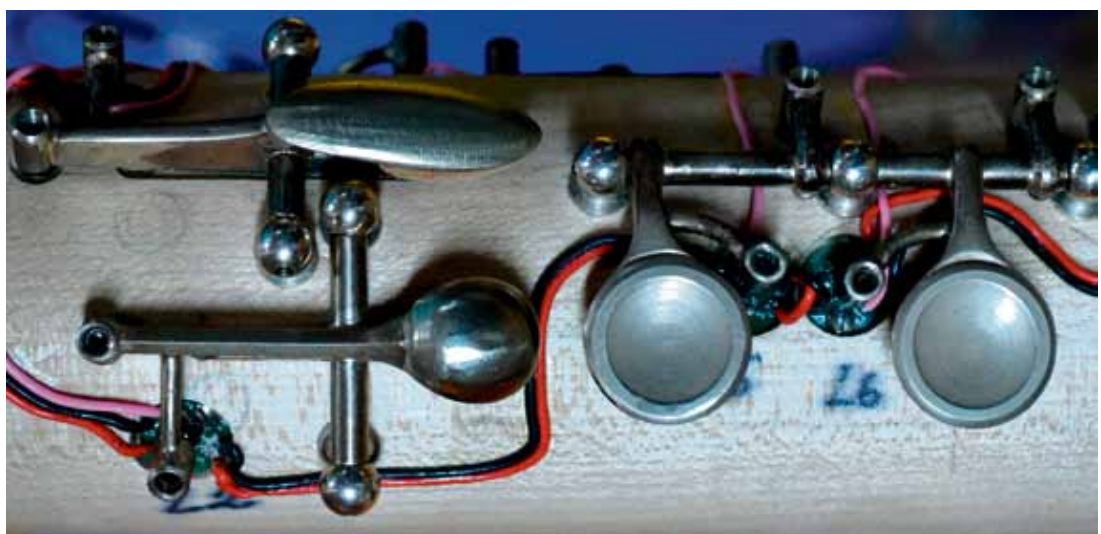
Justierbar sind der Tastengang, die Nullpunktstellung des Sensors und die Betätigungskraft der Tasten. Eine ähnliche Lösung wurde auch im SABRe-Projekt<sup>1</sup> umgesetzt. Die Bewegungsrichtung der Taste ist softwaregesteuert.

Der Segment-Microcontroller hat mit allen Signalanschlüssen sehr viel zu tun: Die analogen Tastenpositionen wollen im Rhythmus von zwei Millisekunden gelesen und als digitale Botschaften an den Master gesandt werden, die vom Master empfangenen Klappendaten werden als energieoptimierte, pulsbreitenmodulierte (PWM) Signale an die Klappenantriebe verteilt. Je nach Rohrsegment werden bis zu 14 analoge Eingänge gelesen und 16 PWM Signale erzeugt. Die Baugröße dieses Controllers ist für das Laborfunktionsmuster so gewählt, dass manuelles Arbeiten möglich ist. Für ein Serienprodukt wird sie schrumpfen. Auf jedem Rohrsegment ist ein Segment-Microcontroller verbaut.

Die Erfahrung zeigt, dass solche Tasten je nach Einstellung



*Segment-Microcontroller.* Foto: Daniel Debrunner



*Tastensensoren.* Foto: Daniel Debrunner



## ZUSAMMENFASSENDE BEOBACHTUNGEN VON AUDIO-VERGLEICHEN

*Daniel Debrunner*

Im Sinne einer ersten Zwischenbilanz wurde das klangliche Verhalten des neu geschaffenen Funktionsmusters (Fumu1) zwei bekannten Vertretern der Kontrabassklarinette gegenübergestellt: Der Selmer Kontrabassklarinette und der Leblanc Paperclip Kontrabassklarinette.

Folgende Aufnahmen werden für jedes Instrument realisiert:

1. Chalumeauregister c0 - e1 (Fumu1: ohne cs0, ds0)

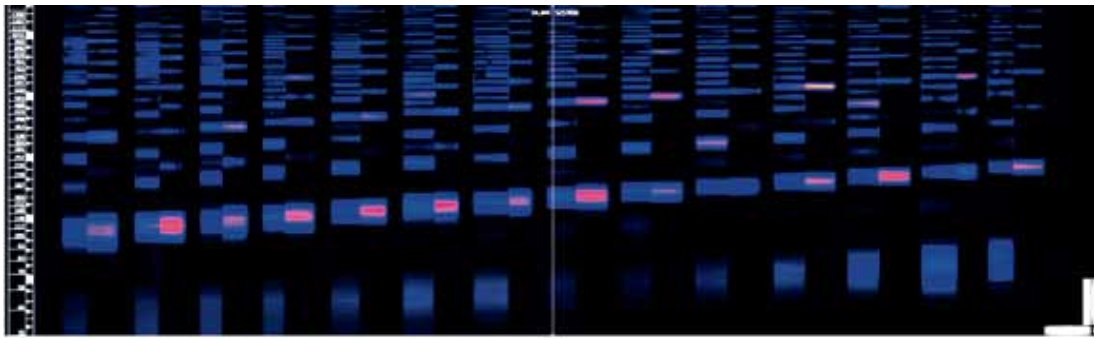
2. Duodezimen e0 - f1 (klingt 2 Oktaven + 1 Ton tiefer)
3. Kopfregeister e1 - b1 (nach unten erweitert bis e1)
4. Clarinregister h1 - c3
5. Suraigue
6. decrescendo-crescendo
7. Klappengeräusche
8. Slaps

Die Aufnahmen erfolgten in zwei verschiedenen Räumen:

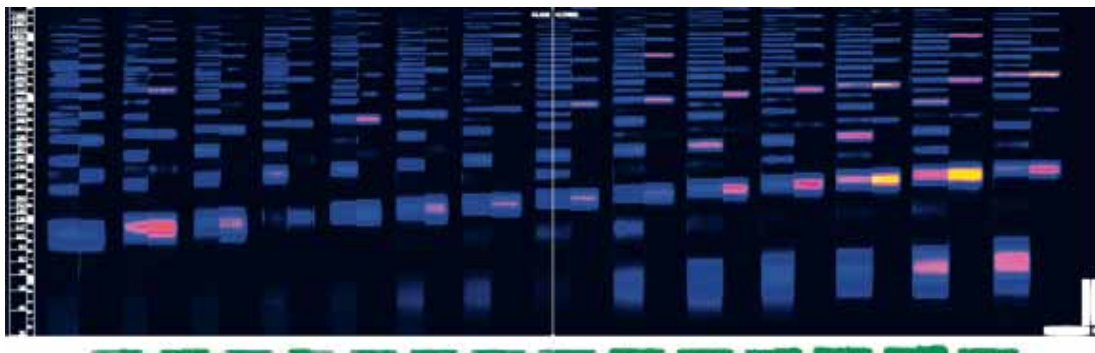
Ernesto Molinari an Selmer und Fumu1, Christoph Schnyder an Leblanc. Um ein Bild der Ergebnisse zu liefern, wird hier stellvertretend das Chalumeauregister mit Duodezime dargestellt:

14 Töne: c - d - e - fis - g - gis - a - b - h - c<sup>1</sup> - cis<sup>1</sup> - d<sup>1</sup> - dis<sup>1</sup> - e<sup>1</sup>

Selmer



Fumu1



Leblanc



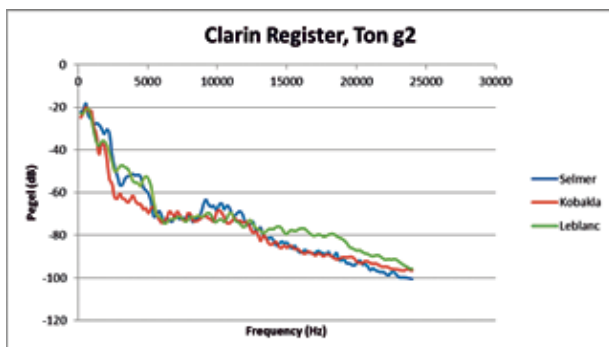
y-Achse : 35Hz - 1'200 Hz



Weltpremiere des Laborfunktionsmusters bei einem öffentlichen Konzert an der Hochschule der Künste Bern, 19. Oktober 2013.  
 Von links nach rechts: Jochen Seggelke, Donna Wagner Molinari, Ernesto Molinari. Foto: Daniel Debrunner

Folgendes ist festzustellen:

- Keines der drei Instrumente erzielt ein sauber ausgeglichenes Spektrum über alle Töne, weder für den Grundton, noch für die Duodezime und die folgenden Obertöne.
- Die Instrumente bringen in der ersten halben Oktave ab klingend Subkontra-B die Grundtöne nur sehr schwach zum Klingen (auf den Grafiken z. T. gar nicht sichtbar).
- Jedes dieser drei Instrumente hat seinen eigenen Charakter (siehe Grafik Clarin Register g2), seine eigenen mechanischen Komplikationen, und beim Parameter der Lautstärke liegt (der Reihe nach) Selmer vor Leblanc und Fumu1.



Zu ergänzen wären Tests zur Intonationsstabilität sowie eine exakte Vermessung der Obertonstimmung.

Bereits jetzt steht fest, dass mit Fumu1 eine solide Basis für ein vollwertiges Instrument gelegt ist: Die Leichtigkeit der Ansprache und der insgesamt reichhaltige Obertonbau sind positiv zu verzeichnen. Weiterführende Forschungen werden eine ausgeglichene Tonerzeugung und die geplante Erweiterung auf sechs Oktaven Tonumfang berücksichtigen. Aktuell können mit Fumu1 fünf Oktaven gespielt werden.

Bereits heute kann im Bezug auf die Weiterentwicklung der sensorisch-dynamischen Kontrabassklarinette eine positive Prognose gestellt werden: Einem Grossteil der Anforderungen der Musiker wird man wohl gerecht werden können.

Weitere Testergebnisse finden sich online auf:

[www.dissonance.ch](http://www.dissonance.ch)

1 DORE-Projekt 130396 (Sensors Augmented Bass Clarinet Research SABRe), Zürcher Hochschule der Künste.