

Der Hexenkessel: Ein intermediales Hybridinstrument

Jacob T. Sello

ZM4 - Zentrum für Mikrotonalität & Multimedia: UMIS-Projekt, HfMT Hamburg

Zusammenfassung

In diesem Text wird der *Hexenkessel* vorgestellt, ein innovatives Hybridinstrument für multimediale Bühnenkunst. Bei diesem Instrument handelt es sich um eine klassische Orchesterpauke, deren Fell durch ein in den Kessel eingebautes Projektions- und Tracking-System zum interaktiven Touchscreen erweitert wird. Damit wird der Hexenkessel zum universellen Controller für den Einsatz im weiten Feld der multimedialen Künste.

1 Einleitung

Anders als mit akustischen Musikinstrumenten, bei denen Konstruktionsprinzipien die Klangerzeugung bedingen und dabei eine spezifische Handhabung erfordern, lässt sich elektronische Musik auf ganz unterschiedliche Weise steuern. Sie bietet dem Komponisten die Wahl seine elektronischen Klänge vom Tonband oder vollautomatisiert vom Sequenzer zu Gehör zu bringen, oder bestimmte Eingabewerkzeuge, wie Klaviaturen, Dreh- und Schieberegler oder andersartige Sensoren zu nutzen, um die Musik „live“ aufzuführen. Eine wichtige Rolle für die Umsetzung der musikalischen Intention spielt der verwendete Controller. Denn erst dieser ermöglicht die intuitive und gestisch-expressive Interpretation von elektronischer Musik, wie sie in instrumentaler Musik ganz alltäglich ist.

Im Grenzbereich zwischen Live-Elektronik und interaktiver Computermusik werden häufig traditionelle Musikinstrumente mit Sensoren versehen. So kann der Instrumentalist während seines Spiels Einfluss auf die Parameter des ihm zur Seite gestellten elektronischen Setups nehmen. Ein derart modifiziertes Instrument wird als *augmented musical instrument* oder als Hybridinstrument bezeichnet. Entscheidend dabei ist, dass ein Instrument durch den Einsatz von Technologie in seinem Funktionsumfang erweitert wird. Der im Folgenden vorgestellte *Hexenkessel* ist ein solches Hybridinstrument.

1.2 Der Prototyp

Der Prototyp des *Hexenkessels* wurde in einer 21“-Pedalpauke der Manufaktur Fiedler aus den 1960er Jahren realisiert. Nach langwierigen Experimenten mit unterschiedlichen Projektions- und Tracking-Systemen gelang es, ein Bühnentaugliches Setup zu konstruieren, sodass das Instrument im Jahr 2010 mit der Komposition *Licht & Hiebe* erstmals im öffentlichen Konzert mit dem Schlagzeuger Stefan Weinzierl seine Premiere hatte.¹



Abbildung 1: Hexenkessel Prototyp (2010)

1.3 Entwicklung

Im Jahr 2005 stellte die Music Technology Group der Universität Pompeu Fabra in Barcelona ihren *Reactable* vor², der nicht zuletzt durch den Einsatz auf der Welttournee der

¹ Ein Demonstrationsvideo findet sich unter: <http://vimeo.com/jacobsello/hexenkessel>

² Jorda (2005)

isländischen Sängerin Björk im Jahr 2007 für erhebliches Aufsehen sorgte. Verschiedene ähnliche sog. *Tangible User Interfaces* entstanden etwa zeitgleich und wurden wie der *Reactable* zumeist als Open-Source-Projekte im Internet detailliert dokumentiert.³ Bei diesen Multitouch-Interfaces handelt es sich zumeist um tischartige Konstruktionen mit einer Plexiglasoberfläche, auf welche rückseitig Steuerelemente projiziert werden, die durch Kamera basierte Finger- und Objekt-Tracking-Algorithmen Interaktionen ermöglichen. Anders als beim herkömmlichen Touchscreen können hier mehrere Finger gleichzeitig erfasst werden, sodass auch die Erkennung komplexer Gesten möglich wird. Während bei diesen Multitouch-Tischen die Projektions- und Tracking-Technologien in ein lediglich die Technik umhüllendes, ansonsten weitgehend funktionsfreies Gehäuse installiert werden, fügt sich die Technik des *Hexenkessels* nahtlos in ein etabliertes Orchesterinstrument ein und erweitert damit dessen künstlerisches Potential, ohne dabei kritische Klangeinbußen hervorzurufen.

Im Jahr 2011 wurde das Instrument in die USA transportiert, um dort an der renommierten „Margaret Guthman New Instruments Competition“ in Atlanta teilzunehmen. Bei diesem internationalen Wettbewerb für neuartige Musikinstrumente wurde der *Hexenkessel* von der Jury, u. a. Sergi Jorda (*Reactable*) und John Chowning (*FM-Synthese*), mit einem Sonderpreis („Algorithm Award“) gewürdigt. Diverse Konzerte folgten: NIME 2011 (Oslo), ZKM (Karlsruhe), Greatest Hits Festival (Hamburg), u.a.

2 Technologie

Diverse unter dem Akronym des DIY (Do It Yourself) hervorgebrachte Ideen konnten für dieses Projekt aufgegriffen und zweckdienlich modifiziert werden. So ist etwa die Konstruktion des Tracking-Systems an bewährte Verfahren aus dem Umfeld der NUI Group⁴ angelehnt, die ursprünglich für die Multitouch-Tische entwickelt wurden. Das Steuerinterface wurde hingegen vollständig selbst entwickelt. Denn dieses gibt die Möglichkeiten des Instruments vor und sollte damit als Bestandteil der jeweiligen Komposition angesehen werden. Neben der Konzeption und Umsetzung dieses graphischen Interfaces lag die besondere Herausforderung in der Realisation eines dem *Reactable* ähnlichen Konzeptes innerhalb der räumlichen Grenzen des Paukenkessels unter Einsatz minimaler finanzieller Ressourcen. So wurde der ursprüngliche Prototyp mit insgesamt rund 500 Euro realisiert.

³ Auch kommerzielle Hersteller engagieren sich in diesem Forschungsfeld. So hat etwa Microsoft in Kooperation mit dem koreanischen Samsung-Konzern mit dem SUR40 (2012) ein marktreifes Produkt vorgestellt, das ähnlich den genannten interaktiven Tischen Finger- bzw. Gestentracking mit einem 40“-LCD-Display vereint.

⁴ Die *Natural User Interface Group* (NUI Group) mit ihren über 5000 Mitgliedern stellt auf Ihren Webseiten diverse Multitouch-Techniken vor und bietet ein lebendiges Forum zum Ideen- und Erfahrungsaustausch: <http://nuigroup.com>

2.1 Projektion

Als Projektor innerhalb des Paukenkessels kommt ein LED-Projektor (Optoma ML-750) zum Einsatz, der einerseits kompakte Maße aufweist und zudem wenig Hitze entwickelt, was in Anbetracht der mangelhaften Luftzirkulation innerhalb des engen Paukenkessels unabdingbar ist. Zugunsten dieser Eigenschaften müssen Abstriche in Bezug auf Lichtleistung (700 ANSI-Lumen) und Auflösung (1280 x 800 Pixel) hingenommen werden. Um trotz einer extrem kurzen Projektionsdistanz (< 40cm) eine dem Fell entsprechende Bildgröße zu erhalten, wurde für den Prototyp ein eigenes Objektiv entwickelt. Zudem wurde das Bild über zwei Spiegel umgelenkt. Das führte jedoch zu deutlichem Lichtverlust und zu Problemen mit der Fokussierung. Deshalb wird in dem aktuellen Setup mit der Standardlinse des Projektors gearbeitet, wobei das Bild über einen konkaven Spiegel auf das Fell umgelenkt wird, um so die gewünschte Bilddiagonale zu erhalten. Die dabei entstehenden Bildverzerrungen werden durch digitale Vorverarbeitung weitgehend eliminiert. Während mit dem ursprünglichen Projektionsverfahren die gewünschte Bildgröße des 21“-Kessels ($\varnothing \sim 53\text{cm}$) nur knapp erzeugt werden konnte, ist es nun problemlos möglich, auch Pauken mit einem Felldurchmesser von 26 Zoll ($\varnothing \sim 66\text{cm}$) zu bespielen.

Die Kabelzuführung (Strom, HDMI, USB) erfolgt durch das Luftausgleichloch im Kessel. Während diese Öffnung in der Fiedler-Pauke minimal erweitert werden musste, ist die Lochgröße in den meisten modernen Pauken ausreichend um die Stecker und Kabel hindurch zu führen und den Druckausgleich weiterhin zu gewährleisten.

2.2 Tracking-System

Zum Erkennen der Schlägel- bzw. Fingerposition kommt ein optisches Tracking-System zum Einsatz. Eine Infrarot-Kamera (modifizierte Sony PS3eye-Webcam) im Kessel erfasst die Finger- und Schlägelpositionen, die sich als helle Bereiche (*Blobs*) auf dem Fell darstellen. Für das optische Tracking ist es dabei notwendig, ein Verfahren der Infrarot-Ausleuchtung anzuwenden. Verschiedene umfänglich dokumentierte Methoden, mit jeweils ganz unterschiedlichen Eigenschaften kommen in Frage.

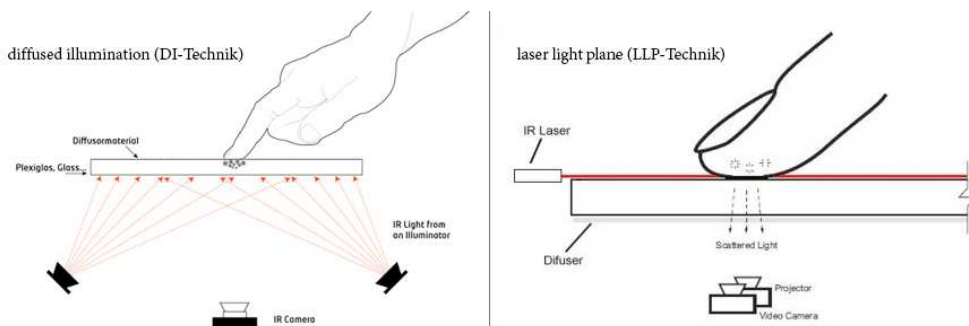


Abbildung 2: Ausleuchtungsverfahren für das optische Finger-Tracking. Bildquelle <http://wiki.nuigroup.com>

Für den Prototyp wurde das LLP-Verfahren (*laser-light-plane*) realisiert, bei dem Laser mit einer speziellen Linse (*line-generator*) eine dünne Lichtschicht im Infrarotspektrum (780nm) knapp oberhalb des Fells erzeugen. In aktuellen Versuchen wird mit dem DI-Verfahren (*diffused illumination*) experimentiert. Hier sind die IR-Lichtquellen innerhalb des Kessels montiert. Dadurch wird es möglich, nicht nur Umrisse sondern auch spezifische Markierungen auf der Unterseite von Objekten (*Fiducials*) zu unterscheiden, da die Objekte auf dem Fell nicht seitlich sondern von unten beleuchtet werden. So können, wie auch beim *Reactable*, bestimmte Objekte im Sichtfeld der Kamera vordefinierte Aktionen auslösen. Das DI-Verfahren bietet einen weiteren Vorteil im Vergleich zum LLP-Verfahren: Die Größe der entstehenden *Blobs* ist von dem Druck des auf das Fell einwirkenden Objekts abhängig. Somit lässt sich auf diese Weise auch die Intensität der Berührung erfassen, was bei dem LLP-Verfahren nicht möglich ist. Allerdings erscheinen die aufliegenden Finger und Objekte beim DI-Verfahren weniger kontrastreich, was zu Schwierigkeiten bei der Erkennung kleinerer Objekte führen kann.

Zum Erfassen der Finger- bzw. Schlägelposition wird die quellcode-offene Tracking-Software *Community Core Vision* (CCV) verwendet. CCV liest das Bild der Infrarot-Kamera und unterzieht dieses einer Vorverarbeitung. So wird zunächst der statische Bildhintergrund eliminiert, das Farbbild wird in Graustufen konvertiert und anhand unterschiedlicher Algorithmen gefiltert, sodass schließlich markante Lichtpunkte als Berührung interpretiert werden können. Die erkannten Positionskoordinaten werden nun, kodiert im TUIO-Format⁵, via Netzwerk an eine weitere Software geschickt, wo die inhaltliche Auswertung der Daten stattfindet. Dabei ist es unerheblich, ob die Daten auf demselben Computer weiterverarbeitet oder durchs Netzwerk an einen zweiten Rechner gesendet werden.

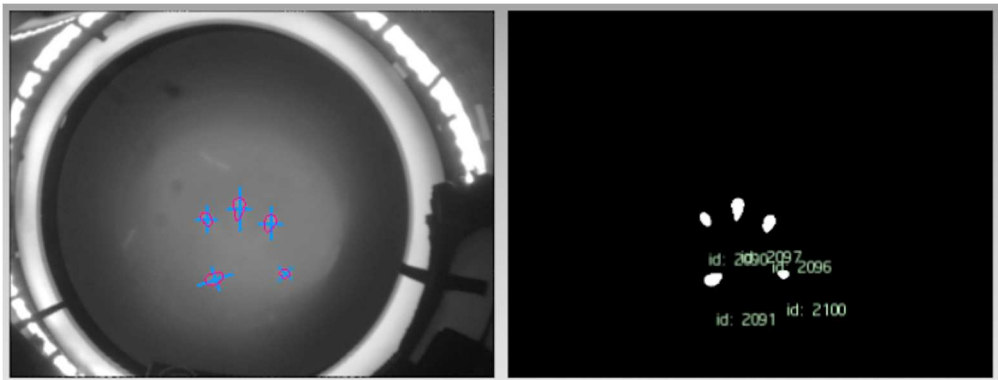


Abbildung 3: Tracking-Software CCV - Input (links) und Output (rechts)

⁵ Vgl.: <http://tuio.org/>

2.3 Interpretation der Tracking-Daten

Die in CCV generierten Tracking-Daten werden in der graphischen Programmiersprache *Max* empfangen, verarbeitet und interpretiert. Hier wird zudem die Bildverzerrung berechnet, die notwendig ist, um dem Einfluss der Spiegelwölbung entgegenzuwirken. Auch das Mapping der Tracking-Koordinaten auf die entsprechenden Bildpunkte (Kalibrierung) erfolgt in *Max*. Hinzu kommen drei weitere Module: die Videosynthese zum Erzeugen des graphischen Interfaces, die Interpretation der Tracking-Daten zur gestischen Interaktion mit dem Interface sowie die Audiosignalverarbeitung (Synthese und Live-Elektronik). Zudem können hier weitere Sensoren oder auch z. B. ein DMX-Interface zum Steuern von Bühnenlicht eingebunden werden. Dies geschah in der Komposition *Licht & Hiebe* (2010), der ersten Komposition für den *Hexenkessel*. Hier verschmilzt die technische mit der künstlerisch-kompositorischen Tätigkeit, eine klare Trennung erscheint kaum möglich. So sind etwa die in der Komposition *Licht & Hiebe* realisierten Interface-Elemente zur Steuerung von Live-Sampling, Time-Stretching, Klangsynthese, Spatialisation oder Licht nur werkspezifische Anwendungen. In einer anderen Komposition könnten völlig andere Verfahren und entsprechende Bedienelemente implementiert werden. Auf dem Fell könnten sogar Spielanweisungen im Sinne einer Partitur dargestellt werden. Die Möglichkeiten sind vielfältig und vom Komponisten frei zu gestalten.

2.4 Probleme des gegenwärtigen Setups

Die durch das Spiel entstehenden Vibrationen wirken sich im Allgemeinen nur minimal auf das technische System aus. Jedoch entsteht beim aktuell eingesetzten DI-Verfahren ein neues Problem: Denn während bei den klassischen, mit einer festen Plexglasoberfläche versehenen Multitouch-Tischen statische Lichtpunkte (etwa die Lichtquelle und ihre direkten Reflexionen) durch Subtraktion des Hintergrunds problemlos eliminiert werden können, verschieben sich diese Punkte im *Hexenkessel* mit den Schwingungen des Paukenfells. Daher muss im *Hexenkessel* mit indirekter Beleuchtung gearbeitet werden, was durch einen in den Kessel gelegten Holzring gewährleistet wird, der die hellen Direktreflexionen unterbindet. Dieses hat jedoch zur Folge, dass die Randbereiche weniger stark ausgeleuchtet sind, sodass hier das Tracking nicht immer optimal funktioniert. Obwohl größere Objekte wie Paukenschlägel weiterhin zuverlässig erkannt werden, bereitet das Erfassen der Finger in diesen Bereichen Probleme.

Die zeitliche Latenz des Systems liegt derzeit zwischen 50ms und 25ms. Diese Zahl ist von der Geschwindigkeit der verwendeten Kamera und den Kameratreibern abhängig. So liefert die Sony PS3eye Kamera unter Apple-Betriebssystemen eine Bildrate von lediglich 30 Bildern pro Sekunde (fps), während unter Windows bis zu 60 fps ausgegeben werden, was zu einer deutlich schnelleren Reaktion des gesamten Systems führt. Mit Hilfe einer Hochgeschwindigkeits-Industriekamera ließe sich die Verzögerung weiter reduzieren. Die Tracking-Geschwindigkeit des gegenwärtigen Setups bleibt für die wirklich zeitkritische Interaktion problematisch. So wurde etwa bei der Komposition *Licht & Hiebe*, wo heftige Schläge einen synchronisierten Lichtblitz auslösen, anstelle des optischen Trackings ein Mikrofon verwendet, um bei Überschreiten eines Schwellwerts das Stroboskop auszulösen.

3 Ausblick

Dank finanzieller Unterstützung durch die Hamburger Behörde für Wissenschaft und Forschung (BWF) gelang es im Jahr 2014 die Weiterentwicklung des *Hexenkessels* als Forschungsprojekt der Hamburger Musikhochschule (HfMT Hamburg) fortzuführen. So soll das Instrument innerhalb von drei Jahren im Rahmen des sog. UMIS-Projektes (UMIS = Unified Musical Instrument Surfaces) optimiert werden, um die Ergebnisse schließlich in Form von Konzerten mit studentischen Kompositionen zu präsentieren. Ob die Entwicklung des *Hexenkessels* je über den Status des kleinserienfähigen Prototyps hinausgehen wird, bleibt abzuwarten. Die Zielgruppe der experimentierfreudigen Paukenspieler erscheint zu klein, um hier in die Massenproduktion zu gehen. Doch möglicherweise ließe sich eine entsprechende Funktionalität auch in den Kesseln herkömmlicher Schlagzeuge realisieren. Dies könnte eine ganz neue Gruppe potentieller Nutzer ansprechen. Derweil ist der weitere Einsatz des *Hexenkessels* im Kontext der zeitgenössischen Musik und multimedialen Bühnenkunst geplant.

4 Schlussteil

Danksagung

Besonderer Dank gilt der NUI-Group für die engagierte Forschungstätigkeit und den freizügigen Wissenstransfer im Feld der *Natural User Interfaces*. Des Weiteren danken wir der BWF Hamburg für die finanzielle Förderung des laufenden UMIS-Projektes sowie der Firma *Adams Instruments*, die uns zu einer hochwertigen Pauke für die weitere Entwicklung verhalf.

Literaturverzeichnis

Jorda, S. (2005): *Digital Lutherie Crafting musical computers for new musics' performance and improvisation*. Barcelona: Universitat Pompeu Fabra

NUI Group Authors (2009): *Multitouch Technologies*. 1st Edition, online unter: <http://nuigroup.com>

Sello, J. T. (2014): *Die Klanginstallation. Ein interdisziplinäres Versuchslabor zwischen Kunst, Musik & Forschung*. Hamburg: Verlag Dr. Kovač

Miranda, E. R. & Wanderly, M. M (2006): *New Digital Musical Instruments: Control and Interaction Beyond the Keyboard*. Middleton: A-R Editions

Kontakt: Jacob.Sello@hfmt-hamburg.de