

Eine kleine Verbesserung der Oboe im großen Kontext: Die Geschichte des des c'' und eine mögliche Fortsetzung

Ernst Reißner

23. April 2016

Inhaltsverzeichnis

I	Allgemeines, Vergangenheit und Gegenwart	3
1	Komposition und Instrumentenbau	3
2	Erweiterung und Homogenisierung des Tonraumes von Orchesterinstrumenten	4
2.1	Die Streichinstrumente	5
2.2	Allgemeines zu den Blasinstrumenten	6
2.3	Die Blechblasinstrumente	8
2.4	Die Holzblasinstrumente	11
2.4.1	Barocke Holzblasinstrumente	12
2.4.2	Vorboten der Mechanisierung	14
2.4.3	Die Querflöte System Böhm	16
2.4.4	Das Böhm-System auf Klarinette, Saxofon und Oboe .	17
2.4.5	Heutige Bauformen der Oboe	19
2.4.6	Die Entwicklung zur heutigen Französischen Oboe . .	21
2.4.7	Kritik an der modernen Französischen Oboe	28
II	Eine mögliche Zukunft	29

3	Eine Verbesserung des c'' auf der Französischen Oboe: Von der Idee zum Produkt	29
3.1	Ein alternativer Griff für c'' und b' auf der Französischen Oboe	30
3.2	Messtechnische Bewertung der Griffe für c''	30
3.3	Versuch einer Erklärung der Wirkung des alternativen Griffs für c''	41
3.4	Eine Idee zur Verbesserung von c'' und b' auf der Französischen Oboe	42
3.5	Nachtrag	45
3.6	Prototypische Umsetzung der Idee	45
3.7	Ausblick	46
4	Danksagung	47

Teil I

Allgemeines, Vergangenheit und Gegenwart

1 Komposition und Instrumentenbau

Die europäische Musikgeschichte kennt das Nebeneinander gegensätzlicher Stilformen, das Hin und Her der Mode, aber gleichzeitig auch langfristige, unumkehrbare Entwicklungen, wie die Erweiterung des Tonraumes. Beginnt man die Betrachtung in der Frühzeit unserer Kultur, so ist unsere Musik anfänglich pentatonisch und entwickelt sich über die diatonische Heptatonik hin zu einem System aus zwölf Halbtonschritten pro Oktave und mittlerweile auch darüber hinaus.

Neben der reinen Erweiterung des Tonraumes ist auch eine Homogenisierung zu beobachten: Die *Pythagoreische Stimmung* des Mittelalters wurde für mehrstimmige Musik des 15. Jahrhunderts durch die *reine Stimmung* ersetzt, um Schwebungen zu vermeiden, das aber nur in der gewählten Grundtonart. Die *mitteltönigen Stimmungen* verwirklichen die reine Stimmung rund um die Grundtonart fast vollkommen, allerdings stark zulasten entfernterer Tonarten. Die *wohltemperierten Stimmungen*, erlauben dann erst das Spiel in allen Tonarten, belassen diesen aber einen gewissen Eigencharakter, der erst mit der *gleichschwebenden Stimmung* vollständig verschwindet.

Parallel dazu entwickelte sich die Komposition von einer auf ein tonales Zentrum bezogenen, dieses Zentrum aber in immer weiteren Kreisen umspielenden Tonalität, hin zur Auflösung dieses Bezuges und zur Gleichbehandlung jedes Tones der Skala in der Zwölftontechnik.

Mit der Vereinheitlichung der Halbtonintervalle und dem Charakter der Tonarten geht auch die Vereinheitlichung des Klanges einher. Auch das Ideal der Sanglichkeit, sogar in vorzeichenbehafteten Tonarten verlangt einen homogenen Klang.

Komposition und Instrumentenbau beeinflussen und bedingen sich gegenseitig: Der Komponist kann sich nur innerhalb der Grenzen dessen bewegen, was das Instrument erlaubt. Das bedeutet zum einen, dass das Instrument die Grenzen des Aufführbaren bestimmt, aber auch die Grenzen dessen, was der Komponist sich zu denken vermag, sieht man von einzelnen genialen

Tonschöpfen einmal ab.

Umgekehrt wird der Komponist die Grenzen der spielerischen Möglichkeiten und damit die Grenzen des Instrumentes ausloten, während der Instrumentenbauer die Spielbarkeit verbessern will und somit diese Grenzen immer weiter hinausschiebt. Die Möglichkeiten eines Instrumentes entstehen, im wahrsten Sinne, erst aus dem Zusammenspiel von Bauweise und Spieltechnik, also von Instrumentenbauer und ausführendem Künstler.

2 Erweiterung und Homogenisierung des Tonraumes von Orchesterinstrumenten

Diese allgemeinen und zugegebenermaßen etwas abstrakten Gedanken lassen sich am konkreten Beispiel der Chromatisierung und Homogenisierung des Tonraumes mit Leben füllen.

Instrumente mit für jeden Ton gesonderter Klangerzeugung, wie Orgel, Panflöte, Klavier oder Harfe erlauben eine Erweiterung des Tonraumes einfach durch Hinzufügen von Klangerzeugern. Die Unabhängigkeit der Klangerzeugung für jede Tonhöhe, gibt genug Freiheitsgrade, um einen homogenen Klang erreichen, zumindest wenn man benachbarte Töne betrachtet. Die Klangfarbe ändert sich also nicht sprunghaft, sondern in kleinen Schritten mit der Tonhöhe. Bemerkenswert ist, dass das sowohl für Aerophone (Luftklinger), wie auch für Chordaphone (Saitenklinger) gilt.

Wie in Abschnitt 2.1 dargestellt, waren auch die klassischen Streichinstrumente schon von Haus aus voll chromatisiert und verfügten über einen sehr homogenen Klang. Dennoch ist es sinnvoll, die Streichinstrumente mit in die Betrachtung einzubeziehen, zum einen, weil grundlegende Konzepte die auch für Blasinstrumente gelten für Streichinstrumente einfacher vorstellbar sind, zum Anderen, um den Gegensatz zu den Blasinstrumenten zu zeigen.

Im Gegensatz zu den Streichinstrumenten, war die Erweiterung und Homogenisierung des Tonraumes für die Blasinstrumente des Orchesters mit tiefgreifenden Veränderungen verbunden. Um zu illustrieren wie grundlegend diese Änderungen waren, sei erst ein Blick auf die Blechblasinstrumente erlaubt, bevor wir uns allgemein den Holzblasinstrumenten und schließlich konkret der Oboe zuwenden.

2.1 Die Streichinstrumente

Wie der Name schon sagt, wird die Schwingung beim Streichinstrument durch Streichen einer Saite erzeugt, selten auch durch Zupfen. Das Schwingen der Saite wird über den Resonanzkörper auf die Luft übertragen.

Die Streichinstrumente des klassischen Orchesters haben nicht für jeden Ton eine gesonderte Saite, durch das Fehlen von Bündeln kann aber jede Saite durch entsprechendes Greifen beliebig akustisch verkürzt werden und damit ein Kontinuum von Tonhöhen hervorbringen.

Wie im oberen Teil von Abbildung 1 illustriert, bilden der Steg und ein fest gegriffener Finger Schwingungsknoten, so dass sich dazwischen auf der Saite eine *halbe* stehende Welle ausbildet, die dem Grundton entspricht. Daneben entstehen noch Wellen deren Länge ganzzahlige Bruchteile der Wellenlänge des Grundtones sind und die den Obertönen entsprechen. Grundton und Obertöne heißen *Teiltöne* und sind einander auf der Saite überlagert.

Die Lautstärke eines Teiltones hängt von der Amplitude, sozusagen der Höhe der stehenden Welle auf der Saite ab. Die Tonhöhe hängt von der Länge dieser der stehenden Wellen ab, aber auch von der Beschaffenheit und Spannung der Saite. Halbierung der Länge einer Saite führt dabei zur Erhöhung des Tones um eine Oktave und auch andere Teilverhältnisse der Saite haben Entsprechungen in den reinen Intervallen. Die Klangfarbe bestimmt sich aus der Zusammensetzung der Lautstärken der Obertöne. Als Tonhöhe des Gesamtklanges wird im Wesentlichen die des Grundtones wahrgenommen.

Damit ist nicht nur die chromatische Skala spielbar, sondern im Glissando sogar ein Kontinuum von Tonhöhen. Auch die Klangfarbe bildet ein Kontinuum ohne Sprungstellen, solange man nicht die Saite wechselt oder ins Flageolett übergeht. Zwei Töne sehr unterschiedlicher Höhe auf einer Saite gespielt, klingen aber doch sehr unterschiedlich, da für den hohen Ton die Saite zwar verkürzt, nicht aber entsprechend dünner gemacht wird; das wird aber nicht als störend empfunden.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Streichinstrumente des klassischen Orchesters von Anfang an voll chromatisiert waren und dass auch der Klang so homogen war, dass in dieser Hinsicht keine Verbesserungen für nötig befunden wurden.

Durch gezieltes loses Aufsetzen eines weiteren Fingers auf einen Schwingungsknoten eines Obertones, wird dieser Schwingungsknoten erzwungen. Dadurch werden alle Obertöne, die diesen Knoten nicht haben samt Grundton unterbunden und ein *Flageolettton* entsteht. Die Klangfarbe der Flageo-

lettöne unterscheidet sich stark von der der fest gegriffenen Töne und wird gezielt als Ausdrucksmittel eingesetzt. Der Grundton und die Flageoletttöne bilden die *Flageolettonreihe*.

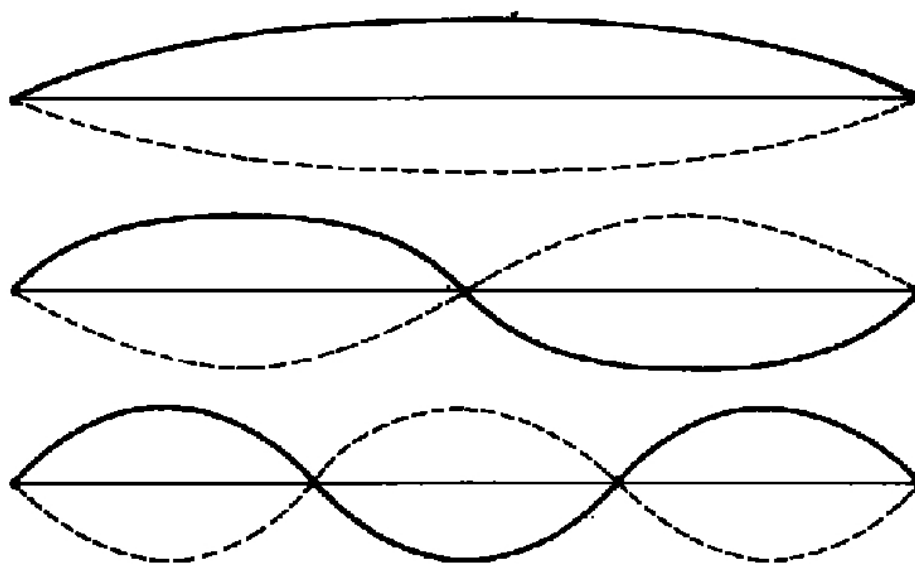


Abbildung 1: Stehende Wellen auf einer Saite: deren maximale Auslenkung bei Grundton und Obertönen

Obwohl es im vorliegenden Artikel um die Entwicklung von Musikinstrumenten geht, ist an dieser Stelle ein Vergleich zur menschlichen Stimme lehrreich: Die menschliche Stimme übertrifft die Saiteninstrumente insofern, als dass nicht nur die Tonhöhe, sondern, weitgehend unabhängig davon, auch die Klangfarbe kontinuierlich variabel ist. Man denke an die Übergänge der Vokale a-e-i-o-u. Dennoch kann man auch bei der Singstimme Klangfarbenregister unterscheiden, die aber bei einer klassisch ausgebildeten Stimme ohne merkbliche Brüche ineinander übergehen.

2.2 Allgemeines zu den Blasinstrumenten

Bevor wir die Blechblasinstrumenten und die Holzblasinstrumenten gesondert betrachten, seien einige Betrachtungen vorausgeschickt, die für alle Arten von Blasinstrumenten gelten. Das Material aus der die Instrumente sind,

spielt für diese Klassifizierung keine Rolle. Die Bezeichnungen sind historisch bedingt. Blasinstrumente unterscheiden sich in der Art der Schwingungserzeugung: Bei Blechblasinstrumenten sind es die Lippen des Bläfers, die die primäre Schwingung erzeugen, bei Holzblasinstrumenten ein Teil des Instrumentes, die Kante des Anblasloches bei der Querflöte, das Rohrblatt bei der Klarinette und das Rohr bei Oboe und Fagott.

Die Untergruppe der Rohrblattinstrumente nutzt dazu zwei gegeneinander schwingende Rohrblätter oder ein einzelnes Rohrblatt, die Untergruppe der Flöteninstrumente hingegen erzeugt die Schwingung durch einen Luftstrom, der auf eine Schneide trifft und periodisch mal auf eine Seite mal auf die andere pendelt.

An das Mundstück schließt sich in jedem Fall ein Schallrohr an, in dem die Schwingung aus dem Mundstück eine stehende Welle anregt. Die Zusammenhänge zwischen diesen Wellen und der Höhe, Lautstärke und Klangfarbe des entsprechenden Tones, sind wie bei den Streichinstrumenten beschrieben. Auffallendster Unterschied: Während beim Streichinstrument die Saite quer (transversal) zur ruhenden Saite schwingt, schwingen beim Blasinstrument die Luftteilchen längs (longitudinal) zur Achse des Schallrohrs.

Man unterscheidet im Wesentlichen drei Typen von Schallrohren:

Die Schallrohre von Flöten sind beidseitig offen, sowohl am Mundstück, wie am gegenüberliegenden Ende. Wie Abbildung 2 links illustriert, bilden die offenen Enden durch den Kontakt mit der Außenluft Druckknoten (keine Schwingungsknoten wie bei Streichinstrumenten, sondern im Gegenteil, Schwingungsbäuche), so dass sich im Schallrohr eine *halbe* stehende Welle ausbildet, die dem Grundton entspricht. Daneben entstehen noch Wellen deren Länge ganzzahlige Bruchteile der Wellenlänge des Grundtones sind und die den Obertönen entsprechen. In der Realität tritt eine Überlagerung aller dargestellter Wellen auf. Das gilt, egal ob das Schallrohr zylindrisch ist, wie bei der Böhm-Flöte oder umgekehrt konisch, wie bei der barocken Querflöte oder bei der Blockflöte.

Ist das Schallrohr aber zylindrisch und nur einseitig offen und wie Abbildung 2 rechts illustriert, so entsteht am geschlossenen Ende ein Druckbauch und es bildet sich im Schallrohr eine *viertel* stehende Welle aus, die dem Grundton entspricht. Da die volle Welle damit doppelt so lang ist, wie bei einem gleich langen beidseitig offenen Schallrohr, ist der Grundton eine Oktave tiefer. Daneben entstehen noch stehende Wellen deren Länge *ungerade* ganzzahlige Bruchteile der Wellenlänge des Grundtones sind und die den Obertönen entsprechen. Im Wesentlichen ist das die Situation bei der

Klarinette.

Konische Schallrohre mit geschlossenem spitzem Ende verhalten sich im Prinzip wie beidseitig offene Schallrohre, allerdings mit etwas asymmetrischen Teilwellen. Reale Blechblasinstrumente haben alle einseitig geschlossene Schallrohre mit konischen und zylindrischen Abschnitten und entsprechen weitgehend dem Modell konischer Schallrohre. Dabei haben Trompeten einschließlich Zugtrompete, d.h. Posaune lange zylindrische Abschnitte, während bei Hörnern die konischen Abschnitte überwiegen. Auch Saxofon, Oboe und Fagott haben im Wesentlichen einseitig geschlossene konische Schallrohre. Eine sehr fundierte Darstellung dieses nicht so einfach zu verstehenden, gleichwohl häufigen Falles findet sich in Ayers u. a. [1985].

Durch *Überblasen* wird ein Teilton des Grundtons selber zum Grundton gemacht und ein *Naturton* höherer Ordnung entsteht. Auch der Grundton ist ein Naturton und entsprechend ist die *Naturtonreihe* als Reihe der Naturtöne definiert. Die Naturtonreihe des Blasinstrumente entspricht der Flageoletttonreihe der Streichinstrumente.

Die konkrete Technik des Überblasens hängt vom betreffenden Blasinstrument ab. Die Klangfarbe der Naturtöne ist bei manchen Instrumenten sehr inhomogen und kann gezielt als Ausdrucksmittel eingesetzt werden.

2.3 Die Blechblasinstrumente

Zwar sind die Blechblasinstrumente des klassischen Orchesters alle aus Metall, das charakteristische Kennzeichen aller Blechblasinstrumente ist aber die Erzeugung der Primärschwingung durch die Lippen des Bläasers, die, über ein ein Kessel- oder Trichtermundstück Schwingungen im Schallrohr anregen. Die Bauweise der Blechblasinstrumente ermöglicht ein Überblasen nur mit dem Ansatz. Damit kann ein langer Abschnitt der Naturtonreihe realisiert werden.

Die Blechblasinstrumente der Barockzeit waren bis auf die Posaune ohne Mechanik und deshalb im Wesentlichen auf die Naturtonreihe beschränkt. Die Höhe jedes Naturtons lässt sich durch Veränderung des Ansatzes und des Blasdrucks, das sogenannte *Treiben* in begrenztem Umfang variieren. Treiben über ein längeres Intervall macht den Ton matter.

Die Naturtonreihe wird in höherer Lage immer dichter, enthält aber auch immer mehr tonleiterfremde Töne, die im Orchesterverbund nur durch Treiben nutzbar sind. Die Naturtonreihe wird erst in höherer Lage dicht

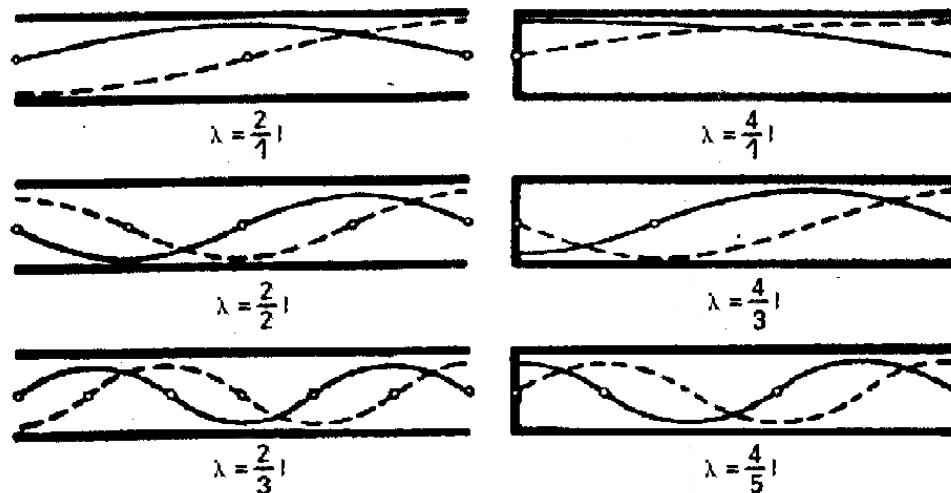


Abbildung 2: Stehende Wellen der Länge λ in offenen (links) bzw. halbseitig geschlossenen (rechts) Schallrohren der Länge ℓ : Druck (durchgezogen) und longitudinale Auslenkung der Luftmoleküle (gestrichelt) bei Grundton und Obertönen

genug, um eine mehr oder minder lückenlose diatonische oder gar chromatische Tonleiter hervorzubringen.

Noch im Brandenburgischen Konzert Nr. 1, BWV 1046 von J.S. Bach tragen daher die Hörner in den tieferen Lagen mehr zum Rhythmus, etwas höher gespielt durch fanfarenartige Dreiklangsbrechungen zur Harmonik als zur Melodik bei.

Zwar tritt im ersten Satz des zweiten Brandenburgischen Konzertes, BWV 1047 die Trompete „im Gespräch“ als eines von vier Hauptinstrumenten auf, da aber die Beschränkung auf Naturtöne nur eine Fanfarenmelodie erlaubt, kann Bach die Trompete nicht gleich wie die anderen Hauptinstrumente behandeln, nur gleichgewichtig.

Erst in höherer Lage in der die Naturtöne enger liegen, lässt sich die Trompetenstimme auch in eine Fuge integrieren und so macht Bach im dritten Satz aus der Beschränkung des Instrumentes eine Tugend, indem er die kühne Melodie zu besonderer Geltung bringt, indem er sie sehr hoch setzt.

Die Möglichkeiten des Instrumentes ergeben sich nicht allein durch die

baulichen Eigenschaften, sondern aus dem Zusammenspiel von Bauweise und der Spieltechnik. So haben die Hornisten ab etwa der Mitte des 18. Jahrhunderts neben der Variation des Ansatzes die Stopftechnik angewandt, um die Naturtonreihe mit Zwischentönen zu bereichern, wie die Hornschule Hampel und Punto [1986] des Hornisten an der Dresdner Hofkapelle, Anton J. Hampel, beweist. Dass diese Stopftöne gedämpft klingen, markiert sie als etwas Ungewöhnliches und hatte sicher affektiven Wert. Heute empfindet man das Klangbild des Naturhorns eher als unausgewogen oder farbig, denn man ist an Ventilhörner gewöhnt.

Umgekehrt ist aber die Erfindung der Ventile unabhängig voneinander 1813 durch F. Blümel und H. Stölzel, motiviert aus dem Bedürfnis nach einem homogenen Klang. So wie die gleichschwebende Stimmung die ursprünglichen Intervallunterschiede zwischen den Tonarten eliminiert, so soll auch der Klang nicht von der Tonart abhängen. Durch Drücken eines Ventils wird ein Abschnitt geeigneter Länge, der sogenannte Zug, zum Schallrohr hinzugefügt, somit das Schallrohr verlängert und der Ton erniedrigt. Üblicherweise ist das heutige Horn mit drei Ventilen versehen, mit denen man den Grundton um einen halben, einen und eineinhalb Ganztonstufen erniedrigen kann. Bei Hörnern führen Ventile zu einem homogenen Klang als die Stopftechnik, bei Trompeten werden viele Töne durch Ventile erst spielbar. Eine vollständige Homogenisierung des Klanges erreicht man nach heutigem Stand auch mit Ventilen nicht, weil das Ventil nicht nur die Länge des Schallrohrs verändert, sondern auch dessen Gestalt, aber die durch Ventile erreichte Homogenität wird allgemein als ausreichend empfunden.

Beim Horn wird das Stopfen bis heute gezielt als Ausdrucksmittel verwendet, und z.T. durch den Komponisten vorgeschrieben. Generell benutzt man das Ventil um den gewünschten Ton zu erreichen.

Die nachträgliche Mechanisierung der Blechblasinstrumente begann mit den Hörnern und erfasste nach und nach alle heute noch gespielten Blechblasinstrumente, am Rande auch die Posaunen, die, sieht man von dem Quartventil der Tenorposaunen und den Ventilposaunen ab, auch heute noch ohne Ventil auskommen.

Interpretiert man den Zug der Posaune als Mechanik, so entstand die Posaune durch Mechanisierung der Trompete. Jedenfalls ist es der Zug, der es erlaubt, die Länge des Schallrohrs gleitend zu variieren und so ein Kontinuum von Tonhöhen und insbesondere eine chromatische Tonleiter hervorzubringen. Im Glissando bildet auch die Klangfarbe ein Kontinuum ohne Sprungstellen, solange man es auf ein und denselben Naturton bläst. Zwei

Töne sehr unterschiedlicher Höhe auf dem gleichen Naturton gespielt, klingen aber doch sehr unterschiedlich, da für den hohen Ton das Schallrohr zwar kürzer, nicht aber entsprechend schmaler wird, also seine Mensur ändert; das wird aber nicht als störend empfunden.

Damit ist die Posaune das am frühesten, mit den einfachsten Mitteln und gleichzeitig das am weitesten über die Naturtonreihe hinausgehende Blechblasinstrument.

Stellvertretend für die Blechblasinstrumente mit Grifflöchern wie sie für Holzblasinstrumente typisch sind, ist der Zink: Der Zink war ein echtes Blechblasinstrument, weil mit einem Kesselmundstück geblasen, obwohl typischerweise das Schallrohr aus Holz oder Elfenbein bestand und mit Grifflöchern versehen war. Sein Tonvorrat basiert auf der Naturtonreihe, ging aber von Anfang an über diese durch Anwendung von Griffen hinaus. Jeder Ton kann in seiner Höhe durch entsprechenden Ansatz kontinuierlich variiert werden. Der letztendlichen Chromatisierung und klanglichen Homogenisierung hat sich der Zink aber durch Aussterben entzogen. Heute erlebt er eine gewisse Renaissance im Zug der Pflege alter Musik.

2.4 Die Holzblasinstrumente

Ähnlich irreführend wie der Begriff des Blechblasinstruments, ist das des Holzblasinstrumentes. Sein Charakteristikum ist, dass die primäre Schwingung nicht wie beim Blechblasinstrument durch die Lippen des Bläasers erzeugt wird, sondern durch eine relativ starre Anblasvorrichtung im Instrumente, und schon deshalb nur wenige Töne der Naturtonreihe spielbar sind.

Stattdessen bringt man auf Holzblasinstrumenten Töne verschiedener Höhe im Wesentlichen dadurch hervor, dass man das Schallrohr akustisch verkürzt, indem man seitlich angebrachte Tonlöcher öffnet. Vereinfacht gesagt, reicht die stehende Welle im Schallrohr nur bis zum ersten offenen Tonloch, vorausgesetzt, das Tonloch ist groß genug. Je kürzer der Abstand zwischen Tonloch und Mundstück, desto höher der Ton.

Bei frühen Holzblasinstrumenten waren die Tonlöcher sehr klein, sicher auch um sie überhaupt mit den Fingerkuppen decken zu können. Dadurch reicht die stehende Welle im Schallrohr noch über das Tonloch hinaus. Wie weit, das hängt auch von der Länge der Welle ab, also von der Tonhöhe. Obertöne höherer Ordnung reichen weiter als der Grundton. Insofern haben also die Schallrohre früher Holzblasinstrumente akustisch ein „unscharfes Ende“. Bis auf die Böhm-Flöte hat sich dieses Charakteristikum bis heute bei al-

len Holzblasinstrumenten, insbesondere bei der Oboe erhalten, obwohl durch Verwendung von Deckeln auch größere Tonlöcher möglich wären.

2.4.1 Barocke Holzblasinstrumente

Auf barocken Holzblasinstrumenten war im Prinzip für jeden Ton der diatonischen Tonleiter ein Tonloch vorgesehen. Für eine Oktave macht das 7 Tonlöcher, die mit je einem Finger abgedeckt werden konnten, meist direkt mit der Fingerkuppe, selten vermittelt einer Klappe. Typischerweise wurde ein Ton der diatonischen Tonleiter mit einem *einfachen Griff* gespielt, bei dem alle Tonlöcher bis zu einem bestimmten geschlossen waren, ab diesem dann aber alle weiteren offen.

Töne außerhalb der diatonischen Tonleiter waren vorwiegend durch *Gabelgriffe* erreichbar, d.h. indem man Tonlöcher unterhalb des ersten offenen Tonloches verschloss und so den Ton etwas tiefer machte oder durch teilweises Verschließen von Tonlöchern. Manche Instrumente, wie die Barockoboe haben auch Doppellöcher, also zwei Löcher, die von ein und demselben Finger betätigt werden. So wird vermieden, ein Tonloch teilweise zu verschließen. Die zugehörigen Griffe seien als *Halblochgriffe* bezeichnet.

In beschränktem Maße konnte man Töne gezielt abdecken. Gedeckte Griffe entsprechen Gabelgriffen, nur dass sie nicht zum Erreichen einer bestimmten Tonhöhe eingesetzt werden, sondern um eine charakteristische Klangfarbe zu erzielen.

Da die Griffweisen der Barockinstrumente sind nicht so standardisiert sind, wie die moderner Instrumente, sind die Griff tabellen 1 und 2 einer Barockoboe wie der in Abbildung 3 gezeigten mehr als Anhaltspunkt zu sehen. Man beachte, dass für f' und c'' Gabelgriffe angegeben sind, für gis' ein Halblochgriff und dass cis'' als einfacher Griff gilt, weil, wie weiter unten erläutert, das Tonloch des linken Zeigefingers als Überblasloch verwendet wird. Es gibt keinen Griff für cis' .

Wie die heutigen Holzblasinstrumente, konnten auch schon deren barocke Vorfahren durch Überblasen zumindest den ersten Oberton des gegriffenen Grundtons erreichen. Die Klarinette spielt insofern eine Sonderrolle, als sie nicht in die Oktave, sondern in die Duodezime überbläst. Durch Überblasen konnte man, teilweise mit sehr ähnlichen Griffen, eine Duodezime/Oktave höher spielen und so den Tonumfang erweitern. Dabei sollte der höchste nicht überblasene Ton an den niedrigsten überblasenen direkt anschließen. Nur beim Überblasen in die Oktave genügen 7 Tonlöcher für die Realisierung ei-



Abbildung 3: Barockoboe, J. Denner, Nürnberg um 1725, C-Klappe und symmetrische Es-Klappen, Germanisches Nationalmuseum Nürnberg, Inventarnummer MIR370

Finger	c'	cis'	d'	dis'	e'	f'	fis'	g'	gis'	a'	b'	h'
	E	-	E	E	E	G	G,H	E	H	E	G	E
Zeig. li.	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Mitt. li.	•		•	•	•	•	•	•	•	•	○	○
Ring. li.	••		••	••	••	••	••	••	•○	○○	••	○○
Zeig. re.	••		••	••	••	••	•○	○○	○○	○○	○○	○○
Mitt. re.	•		•	•	•	○	○	○	○	○	○	○
Ring. re.	•		•	•	○	•	•	○	○	○	○	○
Klei. re.	C			Es			Es					

Tabelle 1: Griffe Barockoboe c'-h' mit einfachen Griffen (E), Halblochgriffen (H) und Gabelgriffen (G)

ner diatonischen Tonleiter ohne Gabelgriffe, die barocke Klarinette hingegen würde 12 brauchen und kommt mithilfe von Gabelgriffen mit 9 Tonlöchern aus. Auch scheint es sehr spät gelungen zu sein, die beiden Register der Klarinette klanglich und intonatorisch zu vereinigen.

Bei Holzblasinstrumenten besteht das Überblasen in einen Naturton, wie bei Blechblasinstrumenten auch, im Wesentlichen aus einer Modifikation des Ansatzes. In einigen Fällen ist das Instrument aber mit einem *Überblasloch* versehen, einem sehr kleinen Loch im Schallrohr nahe einem Druckknoten des betreffenden Naturtons. Durch Öffnen des Überblaslochs wird dieser Druckknoten erzwungen und so alle Obertöne, die diesen Knoten nicht haben samt Grundton unterbunden. Dadurch wird das Überblasen in den gewünschten Naturton unterstützt. Bei manchen Instrumenten, wie der Blockflöte und der Oboe wurde ein Tonloch als Überblasloch genutzt, indem es nur teilweise

Finger	c''	cis''	d''	dis''	e''	f''	fis''	g''	gis''	a''	b''	h''
	G	E	E	E	E	G	G,H	E	H	E	G	E
Zeig. li.	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Mitt. li.	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
Ring. li.	○○	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●○	○○	○○	●●
Zeig. re.	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●○	○○	○○	○○	●●	●●
Mitt. re.	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	●	●
Ring. re.	●	●	●	●	○	●	●	○	○	○	●	○
Klei. re.		C		Es							Es	

Tabelle 2: Griffe Barockoboe c''-h'' mit einfachen Griffen (E), Halblochgriffen (H) und Gabelgriffen (G)

geöffnet wurde.

Zusammenfassend kann man sagen, dass schon die barocken Holzblasinstrumente nicht auf die diatonische Tonleiter beschränkt waren, sondern eine im Wesentlichen lückenlose chromatische Skala über ca. zwei Oktaven oder Duodezimen hatten, dass aber bevorzugt die Töne außerhalb der diatonischen Skala mit Gabelgriffen und Halblochgriffen hervorgebracht wurden. Interessanterweise entsprechen die mit Gabelgriffen oder Halblochgriffen hervorgebrachten Klänge barocker Holzblasinstrumente den gestopften Tönen des Horns. Der gedämpfte Klang der Gabelgriffe gibt jeder Tonart ihren eigenen Charakter.

2.4.2 Vorboten der Mechanisierung

Die Entwicklung der Holzblasinstrumente verläuft im Hinblick auf Erweiterung und Homogenisierung der Tonarten parallel zu der der Blechblasinstrumente: Die chromatische Skala wurde komplettiert und der Klang der einzelnen Tonarten wurde homogenisiert. Eine erstaunliche Parallele zwischen Blech- und Holzblasinstrumenten ist, dass die Homogenisierung des Klanges durch Mechanisierung erreicht wurde. Während die Mechanik des Horns das Stopfen der Töne ersetzte, ersetzte die Mechanik der Holzblasinstrumente die Gabelgriffe.

Eine erste Vorform der Mechanik auf Holzblasinstrumenten, bildeten die Klappen. Klappen finden sich schon auf Renaissance-Instrumenten, dienen

bei diesen allerdings nur, gewissermaßen als Verlängerung der Finger, um den Abstand zwischen Fingerkuppe und Tonloch zu überbrücken. Zur Vermeidung von Gabelgriffen für chromatische Töne wurden ad hoc und schrittweise weitere Halbtonlöcher eingefügt, die sich über je eine eigene Klappe öffnen ließen. Im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts war die Menge an Klappen auf der Querflöte und der Oboe soweit angestiegen, dass man jeden einzelnen Ton der chromatischen Skala spielen konnte, ohne einen Gabelgriff oder einen Halblochgriff zu benutzen. Das hat sicher zur Homogenität des Klanges beigetragen.

Andererseits aber musste nun ein Finger mehr als nur eine Klappe oder ein Tonloch bedienen, so dass ein gebundenes chromatisches Spiel nur mit Klappen nicht möglich war. Deshalb ist es wesentlich, dass die alten Griffweise gültig blieben und die Klappenmechanik quasi auf ein unverändertes Instrument aufgesetzt war. Auf diesen Instrumenten konnte man auch ohne Einsatz der Klappen spielen.

Ein Vergleich der Oboen aus Abbildung 4 und 5 illustriert die Entwicklung: Beide Instrumente sind mit Gis-Klappe versehen und gleichzeitig mit einem Gis-Doppelloch. Beide haben eine b'-Klappe, aber nur die spätere Oboe auch eine c''-Klappe.

Erst eine wirkliche Neugestaltung der Instrumente mit neuen Griffweisen und Einführung einer Mechanik, die zwischen Griffen und Klappen vermittelt, brachte eine weitere Homogenisierung bei befriedigender Spieltechnik. Ein wesentlicher Aspekt ist dabei, dass ein Tonloch wahlweise über mehr als einen Finger betätigt werden kann.



Abbildung 4: Klassische Oboe, J. F. Floth, Dresden um 1807, u.a. b'-Klappe, University of Edinburgh



Abbildung 5: Romantische Oboe, H. Brod, Paris um 1830, u.a. c''-Klappe und b'-Klappe, University of Edinburgh

2.4.3 Die Querflöte System Böhm

Unter den Holzblasinstrumenten war die Querflöte der Vorreiter der Mechanisierung. Nur ein einziger genialer Instrumentenbauer, Theobald Böhm, entwickelte im Wesentlichen in den Jahren 1832 bis 1847 die Flöte und die Griffweise, die, bis auf marginale Änderungen, auch heute noch verwendet wird.

Ausgangspunkt seiner Entwicklung bildete dabei die Querflöte klassischer Bauweise wie das in Abbildung 6 gezeigte Instrument mit 8 Klappen gebaut von Th. Böhm selbst.

Böhms Mechanik beruht auf der für seine Zeit kühnen Idee, dass die Anzahl, Position und Größe der Tonlöcher nur nach rein akustischen Gesichtspunkten gewählt werden dürfe, ohne Rücksicht auf die Finger. Die Mechanik übernimmt die Vermittlung zwischen den Möglichkeiten der Finger und den Ansprüchen der Akustik und realisiert eine Griffweise, die ergonomischer kaum sein könnte.

Aus den Erfordernissen der Akustik leitete Böhm drei Konstruktionsprinzipien ab:

- Für jeden chromatischen Ton der Oktave gibt es ein gesondertes Tonloch, dessen ungeachtet, dass der Spieler keine zwölf Finger hat. Greift man einen Ton, so sorgt die Mechanik dafür, dass alle Tonlöcher bis zu demjenigen, das dem Ton zugeordnet ist, geschlossen sind.
- Die Tonlöcher sind so groß, dass ein offenes Tonloch klanglich so wirkt, als würde das Schallrohr an dieser Stelle enden. Die nicht mehr benötigten Gabelgriffe sind damit auch wirkungslos. Ein Abdecken des Tones, wie bei der Oboe auch heute noch üblich, ist unmöglich. Solch

große Tonlöcher kann man nicht mit den Fingerkuppen abdecken, weshalb die Mechanik ursprünglich Ringklappen verwendet hat, heute auch z.T. Plateauklappen, sozusagen als Verbreiterung der Fingerkuppen. Böhm gibt an, dass die Tonlöcher mindestens $3/4$ des Durchmessers des Schallrohres haben müssen.

- Schließlich wird die Position jedes Tonlochs, ausgehend von physikalischen Gesetzen, rechnerisch so bestimmt, dass die Länge der schwingenden Luftsäule im Schallrohr dem gewünschten Ton entspricht. Der rechnerische Wert wird experimentell überprüft und gegebenenfalls modifiziert. Im Gegensatz zu diesem geradezu wissenschaftlichen Vorgehen, war es zu Böhms Zeit üblich, die Anordnung und Größe der Löcher rein empirisch, d.h. durch Probieren, zu bestimmen.

Abbildung 7 zeigt eine Querflöte System Böhm gebaut von Th. Böhm selbst. Der Vergleich mit Abbildung 6 illustriert die oben genannten Änderungen und zwei weitere Neuerungen, die noch nicht zur Sprache kamen: die im Kopf parabolische und ab dem Mittelstück zylindrische Innenbohrung, die die traditionelle im Kopf zylindrische und ab dem Mittelstück konische ersetzt, sowie die wohl erstmalige Verwendung von Metall beim Bau eines Holzblasinstrumentes. Beide Neuerungen waren das Ergebnis umfangreicher Untersuchungen, und sind ganz unabhängig von oben beschriebenen Ideen. Die Verwendung von Metall hat Böhms Experimente sicher erleichtert, da es beständiger als Holz ist. Beim Bau von Piccolo-Flöten ist auch heute noch eine konische Bohrung üblich und auch Holz kommt im Flötenbau immer wieder zum Einsatz.

Böhm selbst hat später wieder Flöten aus Holz hergestellt, wie das in Abbildung 8 gezeigte - wie der Autor findet - besonders schöne Stück aus Buchsbaum. Auch die späteren Holzflöten aus Böhm'scher Fertigung, sind mit Böhm'scher Mechanik versehen und weisen im Wesentlichen zylindrische Innenbohrung auf.

2.4.4 Das Böhm-System auf Klarinette, Saxofon und Oboe

Das Böhm-System für Flöten hat sich zuerst in Frankreich und England, schließlich aber weltweit verbreitet. Später wurde das System auch auf Saxofone übertragen. Da die Klarinette nicht in die Oktave, sondern in die Duodezime überbläst, würde ein „volles Böhm-System“ 19 Tonlöcher erfordern, plus ein Überblasloch. Rechnet man einen Finger zum Halten des Instrumentes

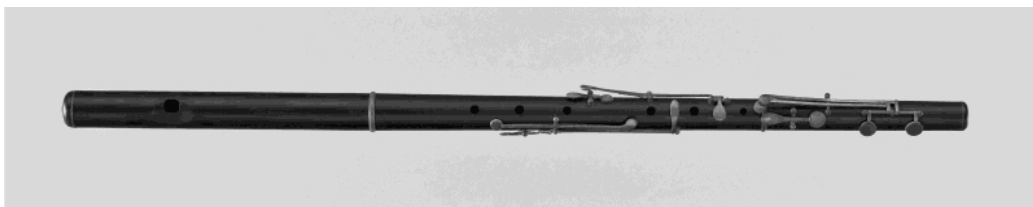


Abbildung 6: Klassische Querflöte, Th. Böhm, München, um 1830, Germanisches Nationalmuseum Nürnberg, Inventarnummer MIR314

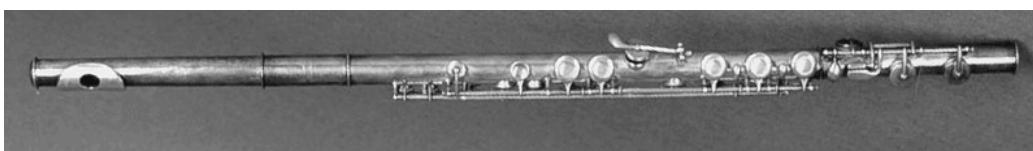


Abbildung 7: Querflöte System Böhm, Th. Böhm, München, nach 1846, Museum für Musikinstrumente der Universität Leipzig, Inventarnummer 4705



Abbildung 8: Querflöte System Böhm, Böhm&Mendler, München, nach 1862, Deutsches Museum München, Sammlung Prager, Inventarnummer 2009-169

und einen, der das Überblasloch betätigt, müsste die zugehörige Mechanik die Stellung der verbleibenden 8 Finger auf die Stellung von 19 Klappen abbilden. Das ist vermutlich der Grund, weshalb die sogenannten Böhm-Klarinetten das Griffsystem nur für die linke Hand realisieren. Man könnte daher auch von einem „halben Böhm-System“ sprechen. Außer im deutschen Sprachraum hat sich heute die Böhm-Klarinette durchgesetzt. Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass sich Böhm-Klarinetten nicht nur in der Mechanik von deutschen Klarinetten, meist System Oehler, unterscheiden.

Schon Böhm hat erkannt, dass sich sein System prinzipiell auch auf die

Oboe anwenden lässt. Entsprechende Instrumente wurden von L. A. Buffet Jr., danach von der Firma Triébert sowie von Th. Böhm selbst gebaut, wie das in Abbildung 9 dargestellte Instrument. Man beachte die Ähnlichkeit der Mechanik zur Querflöte aus Abbildung 8.

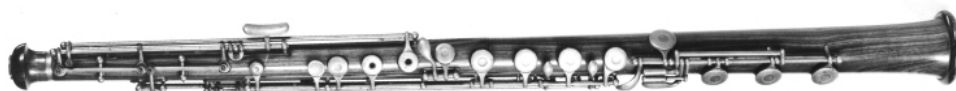


Abbildung 9: Böhmer-Oboe, Th. Böhm, München, um 1862, Museum für Musikinstrumente der Universität Leipzig, Inventarnummer 1331

Eine kenntnisreiche und gut geschriebene Darstellung der Entwicklung der Böhmer-Oboe, die auch zum Verständnis der heutigen Französischen Oboe beiträgt, ist Ventzke [1969]. Daraus ist auch Tafel 1 als Abbildung 10 entnommen. Unter den Nummern 3 und 6 sind Böhmer-Flöten zu sehen, unter 4, 5 und 7 Böhmer-Oboen. Man erkennt die Ähnlichkeiten in der Mechanik. Demgegenüber ist unter 2 eine Oboe nach deutschem System, sowie unter 1 und 8 Oboen verschiedener Entwicklungsstufen der heute vorherrschenden französischen Bauart.

2.4.5 Heutige Bauformen der Oboe

Ich, der Autor, muss gestehen, niemals den Klang einer Böhmer-Oboe gehört zu haben, und nur widersprüchliche Berichte darüber zu kennen (siehe Ventzke [1969], Bate [1962], S. 71 ff., Goossens und Roxburgh [1979], S. 32 und S. 37). Es scheint mir plausibel, dass die großen Tonlöcher des Böhmer-Systems zu einem offenen oder freien Ton führen, der sich nicht mit der allgemein üblichen Vorstellung vom charakteristischen Klang einer Oboe verträgt.

Tatsache ist jedenfalls, dass die Oboe eine ganz andere Entwicklung genommen hat als die Flöte. Heute ist die Böhmer-Oboe faktisch ausgestorben und es hat sich vor allem die *Französische Oboe* durchgesetzt, deren Entwicklung durch eine Vielzahl innovativer Köpfe geprägt wurde. Eine herausragende Rolle spielte die Familie Triébert, Guillaume und dessen Söhne Charles und Frédéric. Dementsprechend ist die Französische Oboe nicht das Ergebnis

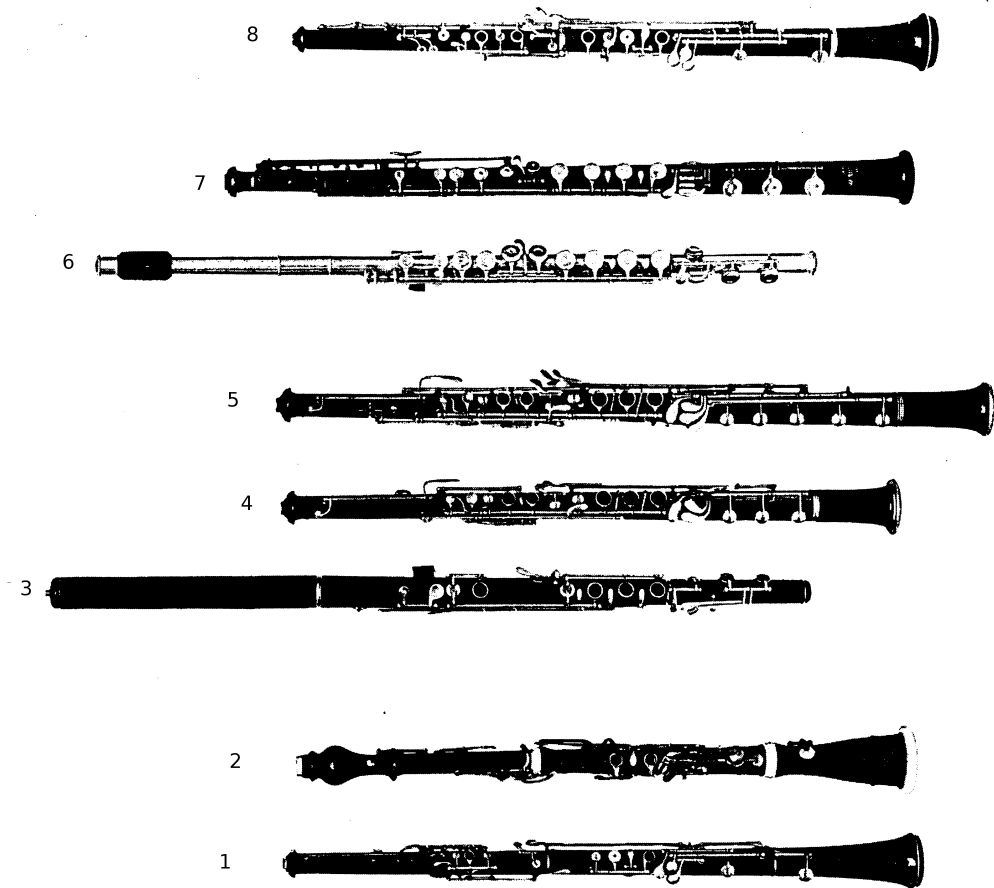


Abbildung 10: Böhm-Flöten, sowie Oboen nach Deutschem, Französischem und Böhm'schem System

einer Revolution wie die Böhm-Flöte, sondern das einer Evolution, die sich in den Modellen Systèmes 4, 5 und 6 der Firma Triébert Abbildung 12 spiegelt. Diese Instrumente haben auch Innovationen anderer Oboenbauer, wie die Halblochplatte von H. Brod aufgenommen. Ich meine immer, der heute üblichen Mechanik ihren verwickelten Entwicklungsweg anzusehen.

In ihrem Design ist die Französische Oboe sicher konservativer als die Böhm-Oboe, es gibt aber noch eine Steigerung der Konservativität, die *Wiener Oboe*. Da sie aber fast nur in Wiener Orchestern gespielt wird, ist ihr

kein eigenes Kapitel gewidmet.

Ein Vergleich einer Wiener Oboe aus Abbildung 11 mit einer Französischen Oboe Système 4 aus Abbildung 13 zeigt vergleichbare Mechaniken und daher vergleichbare Griffweisen. Bemerkenswert an der Wiener Oboe ist, dass sie für die Töne b'' bis c''' alternative lange Griffe kennt, mit Überblasen zum 3. Teilton, die klanglich bevorzugt sind.

Die sehr unterschiedliche Gestalt des Korpus lässt die auch sehr unterschiedliche Innenbohrung errahnen: Während die Wiener Oboe sich an der weiten Bohrung der klassischen Oboe orientiert und entsprechend viel vom Klang der klassischen Oboe bewahrt hat, ist die Innenbohrung der Französischen Oboe radikal verengt. In beiden Fällen bleibt die Bohrung konisch, wie sogar bei der Böhm-Oboe; eine qualitative Änderung der Bohrung wie bei der Böhm-Flöte hat es bei der Oboe nie gegeben.



Abbildung 11: Wiener Oboe H. Zuleger, Wien, um 1927, Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg, Inventarnummer MI931

Schließlich sei hier noch erwähnt, dass in den Ländern des Commonwealth die Französische Oboe mit „englischem“ Daumenplattensystem verbreitet ist. Dieses entspricht aber einfach der entsprechenden Mechanik auf der Französischen Oboe Système 5 wie in Abbildungen 15 und 16 dargestellt. Das Daumenplattensystem ist also „englisch“ im Sinne des Verbreitungsgebietes, aber „französisch“ von Herkunft.

2.4.6 Die Entwicklung zur heutigen Französischen Oboe

Von den in Abschnitt 2.4.3 genannten Prinzipien Böhms hat sich nur das erste auch im Oboenbau durchgesetzt: die Verwendung eines gesonderten Tonlochs für jeden Halbton. Da die heutige Französische Oboe, vergleichbar den Instrumenten der Klassik, aber entgegen dem zweiten Prinzip Böhms, relativ kleine Tonlöcher hat, kann auch das dritte Prinzip, die rechnerische

Bestimmung der „richtigen“ Position der Tonlöcher nicht realisiert werden, schlicht, weil es keine richtige Position gibt: Entweder man macht das Tonloch kleiner und bringt es näher am Mundstück an, oder man macht es größer und bohrt es weiter entfernt vom Mundstück.

Weil die Tonlöcher relativ klein sind, endet die Luftsäule nicht einfach mit dem ersten offenen Tonloch, sondern die Öffnung der Tonlöcher jenseits des ersten offenen Tonloches haben noch akustische Wirkung. Auf der modernen Oboe sind gerade die Ganztonlöcher normal, die für Halbtöne aber geschlossen, wenn der Spieler keine Klappe betätigt. Zudem ist zu beobachten, dass die Halbtonlöcher viel kleiner gebohrt sind, als die Ganztonlöcher. In diesem Sinne ist die moderne Französische Oboe, was die Homogenisierung der Tonarten angeht, weit hinter dem Böhm'schen System zurückgeblieben.

Gabelgriffe wirken überhaupt nur bei kleinen Tonlöchern, sind aber im Sinne eines homogenen Klanges möglichst zu vermeiden. Die heute übliche Französische Oboe, kennt bis auf Verschiebung um eine Oktave nurmehr drei Gabelgriffe: den für C, B und das Gabel-F. Dabei steht F für f' oder für f'' ; entsprechend seien H, B, Ais, A, As, Fis und D verstanden. Hingegen stehen C und H für c''' oder für c'' . Es gibt auf der Oboe zwei Tonlöcher C, H und B. Hier seien aber die auf dem Oberteil der Oboe gemeint. Im Folgenden sei der Stand der Technik als (vorläufiger) Endpunkt deren Entwicklung genauer dargestellt.

Die Oboe stellt drei Griffe für F bereit, die oft das „kurze F“, das „lange F“ sowie das „Gabel-F“ genannt werden. Der ursprüngliche Griff ist das Gabel-F der, wie der Name sagt, ein Gabelgriff ist und auch, wie für einen Gabelgriff zu erwarten, einen etwas matten Klang hervorbringt. Die anderen beiden Griffe basieren auf einem eigenen Tonloch, das ursprünglich nur für Triller gedacht war, haben sich aber, vorwiegend aus klanglichen Gründen, mittlerweile als Hauptgriffe durchgesetzt. Das kurze F betätigt das F-Tonloch direkt mit dem Ringfinger der rechten Hand. Da dieser Finger aber auch das D-Tonloch betätigt, erlaubt das kurze F keine Bindung F-D. Deshalb wurde das lange F eingeführt, bei dem der kleine Finger der linken Hand das F-Tonloch über ein längeres Gestänge betätigt. Dieser Griff erlaubt zwar die Bindung F-D, nicht aber die Bindung As-F, die sich wiederum problemlos mit dem kurzen F greifen lässt. Die Kombination As-F-D ist ohne Umgreifen nicht mal mit der Kombination von langem und kurzem F gebunden spielbar, so dass das ursprüngliche Gabel-F nicht vollständig vermeidbar ist.

Die bisher letzte allgemein angenommene, nicht rein evolutionäre Verbes-

serung der Französischen Oboe, ist wohl die Resonanzklappe für Gabel-F von M. Bonnet aus dem Jahre 1907, die den Klang des Gabel-F etwas an den des kurzen F angleicht. Da beide auf dem gleichen Tonloch basieren, sind das kurze F und das lange F klanglich gleich.

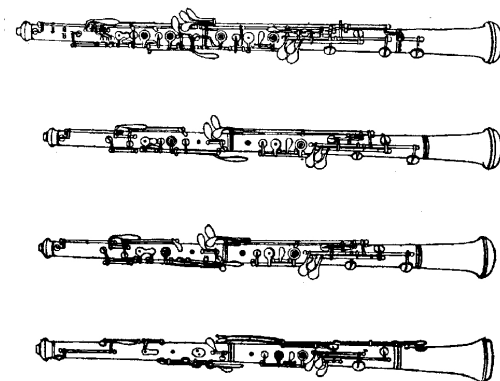


Abbildung 12: Entwicklung nach oben: typische Französische Oboe um 1840, Triéberts Système 4, 5 und 6

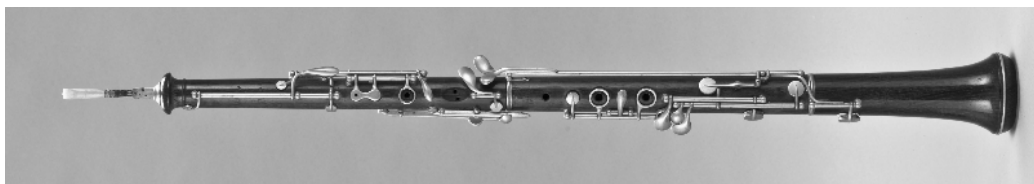


Abbildung 13: Französische Oboe, Triéberts Système 4, C. Triébert, Paris, nach 1843, The Brussels Musical Instruments Museum Oboe Collection, Brüssel, Inventarnummer LD0061

Die Verbesserung des Gabel-F von M. Bonnet, wurde an einem System angebracht, dem Système 6, auch Modèle Conservatoire genannt, das seinerseits der Endpunkt einer Entwicklungsgeschichte war, die maßgeblich von der Firma Triébert bestimmt wurde und die sich über die Modelle Système (3), 4, 5 und 6 erstreckte. Einen guten Überblick bietet Ventzke [1969], Kapitel IV, viele interessante Details kann man in Bate [1962], S. 60 ff. nachlesen.

Abbildung 12 aus Bate [1962], Fig. 9 zeigt eine typische Französische Oboe vor der Entwicklung von Système 3, sowie Oboen der Modelle Système 4, 5 und 6 der Firma Triébert.

Wir wollen uns im Folgenden auf eine der wesentlichsten Entwicklungen, die spieltechnischen Verbesserungen der Töne b' und c'' konzentrieren, weil sie zu den beiden Gabelgriffen b' und c'' geführt hat.

Ausgangspunkt der Entwicklung sind Oboen, wie die aus Abbildung 5 mit seitlichem B-Tonloch und C-Tonloch, die über Klappen normal geschlossen sind. Dieser Stand blieb unverändert über Système 1, 2, 3 bis Système 4, das in Abbildung 13 und im Detail in Abbildung 14 gezeigt ist. Bei der Wiener Oboe hat sich dieser Teil der Mechanik sogar bis heute erhalten.

Um b' oder c'' zu spielen, müssen die Tonlöcher B und C geöffnet werden. Dazu muss die linke Hand deren Grundposition am Mittelteil verlassen und einen entsprechenden Hebel am Oberteil der Oboe drücken. Zudem ist eine Bindung $b'-c''$ unmöglich.

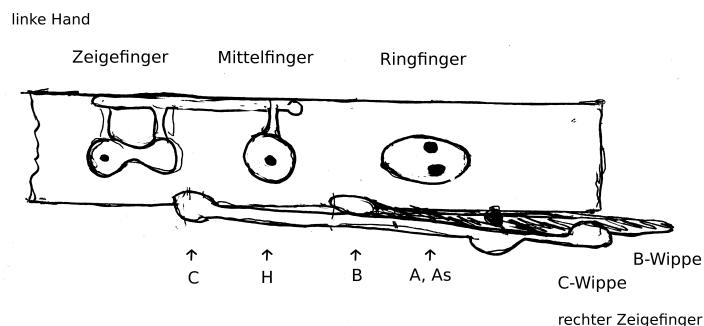


Abbildung 14: Triéberts Système 4, Detail aus Abbildung 13, Skizze mit Beschriftungen

Die spieltechnische Schwierigkeit hat Triébert mit seinem Système 5 überwunden, dessen Funktionsweise durch Abbildung 15, entnommen aus Bate [1962], Fig. 10, illustriert wird. Abbildung 16 zeigt ein Foto eines Originalinstruments von Triébert. Die Tonlöcher C und B sind von der Seite nach vorne verlegt, wo sie sich auch bei modernen Oboen noch finden, und mit Plateaus versehen um sie zu verschließen. Beide Plateaus sind auf ein und derselben Achse angebracht und durch je eine leichte Feder in offener Stellung vorgespannt. Entgegen diesem Druck verschließt die stärkere Feder an der Dau-

menplatte links unten die beiden Tonlöcher C und B in der Grundstellung, also ohne Berührung durch den Spieler. Wenn hingegen die Daumenplatte gedrückt ist, gibt die entsprechende Feder die Vorspannung frei und das B-Tonloch öffnet sich. Das B-Tonloch kann auch mit dem ursprünglichen Griff für Système 4 über den Hebel rechts unten durch die linke Hand geöffnet werden.

Was über das B-Tonloch gesagt wurde, gilt auch für das C-Tonloch, nur dass letzteres durch Drücken der Ringklappe auf dem H-Tonloch gegen den Widerstand der Federn geschlossen wird.

Ohne Beteiligung der linken Hand oder Drücken der Daumenplatte sind die Tonlöcher C und B also geschlossen und es können die Töne g' , a' und h' gespielt werden. Bei gedrückter Daumenplatte erklingt bei offenem A-Tonloch b' oder c'' , je nachdem, ob die Ringklappe über dem H-Tonloch gedrückt ist oder nicht.

Wie man sieht, hat die C-B-Mechanik von Système 5 im Kern bis heute als „Englisches“ Daumenplattensystem überlebt.

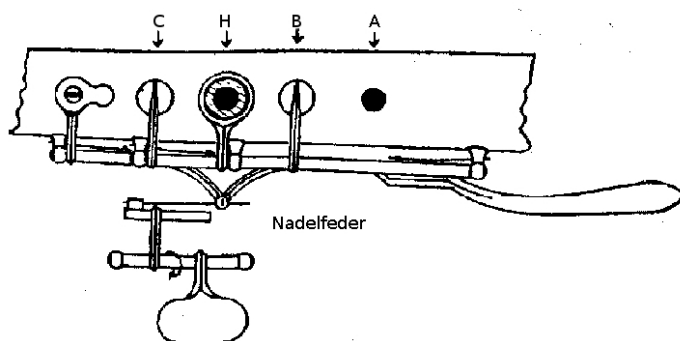


Abbildung 15: Triéberts Système 5, Detail: Tonlöcher B und C, Daumenplatte

Wiewohl eine Verbesserung gegenüber dem Système 4, war das Daumenplattensystem von Système 5 bei Spielern scheinbar nicht so beliebt, was Triébert zur Weiterentwicklung zum Système 6 bewog, das wir nun anhand Abbildung 17 erläutern wollen. Diese ist im Wesentlichen aus Bate [1962], Fig. 12 entnommen und mit weiteren Beschriftungen versehen. Abbildung 18 zeigt ein Foto eines Originalinstruments von Triébert.

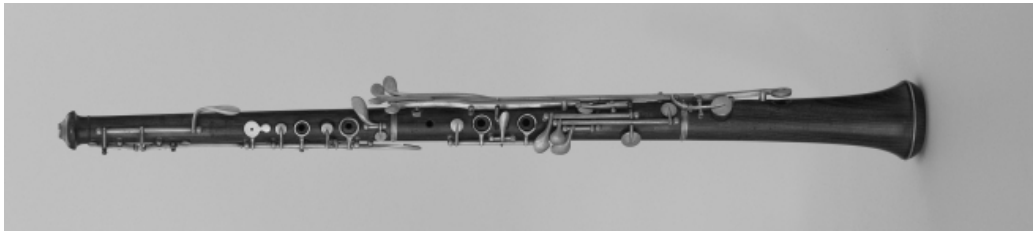


Abbildung 16: Französische Oboe, Triéberts Système 5, F. Triébert, Paris, nach 1850, Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg, Inventarnummer MI491

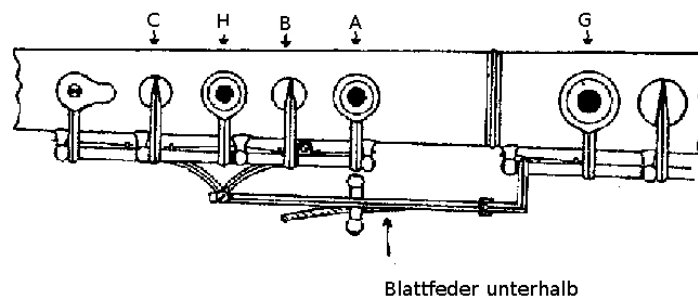


Abbildung 17: Triéberts Système 6, Detail: Tonlöcher C und B



Abbildung 18: Französische Oboe, Triéberts Système 6 conservatoire, F. Triébert, Paris, um 1875, Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg, Inventarnummer MI461

Wie in Système 5 sind die Plateaus zu den Tonlöchern C und B auch in Système 6 in offener Stellung vorgespannt. Drücken der Klappe auf dem H-Tonloch schließt das Plateau auf dem C-Tonloch und Drücken der Klappe auf dem A-Tonloch schließt zusätzlich das B-Tonloch, entgegen der Vorspannung. Die Vorspannung der Tonlöchern C und B wird auch überwunden durch eine Feder an einer Wippe, die das Fis-Plateau über dem G-Tonloch an den

beschriebenen Mechanismus anschließt. Wird das Fis-Plateau gedrückt, so wird die Feder an der Wippe neutralisiert und die Tonlöcher B und C öffnen sich mit dem Öffnen der Plateaus über den Tonlöchern A und H und es können die Töne fis' , b' und c'' gespielt werden. Ist das Fis-Plateau über dem G-Tonloch nicht gedrückt, erklingen hingegen entsprechend g' , a' und h' .

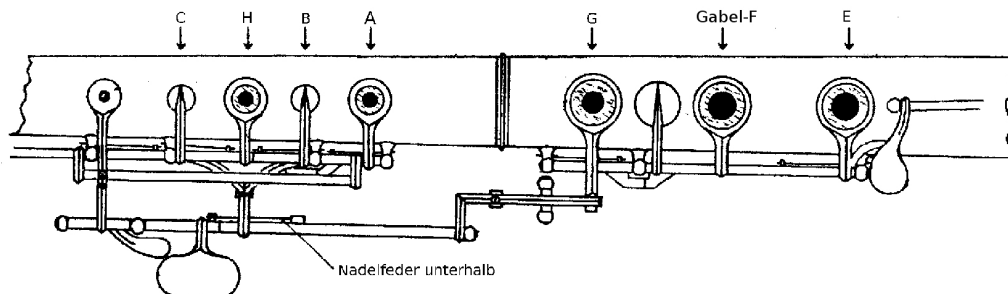


Abbildung 19: Système Barret um 1860, Detail der CB-Mechanik

Spezielle Erwähnung verdient das Système Barret für C und B nach A. M.-R. Barret, dargestellt in Abbildung 19, die Bate [1962], Fig. 11 entnommen ist: Die Töne b' und c'' können wie beim Daumenplattensystem Système 5 aus Abbildung 15 realisiert werden, als auch, in Verallgemeinerung des Système 6 aus Abbildung 17, durch *jedem* Finger der rechten Hand.

Das Système Barret hat sich letztlich nicht durchgesetzt, verrät aber wohl, dass mit die Systeme von Triébert nicht als optimal empfunden wurden. So ist das Système 6 dem Système 5 technisch zwar generell überlegen aber nicht immer und das Système Barret erlaubt immer die günstigere Griffweise zu wählen.

Das Système Barret mildert auch die klangliche Schwäche von Système 6, indem es das C-Tonloch über die Daumenplatte oder über Mittel- oder Ringfinger der linken Hand öffnet und so das Gabel-F-Tonloch oder das E-Tonloch verschließt, was sich nicht so gravierend auswirkt wie das Schließen des G-Tonloches durch den Zeigefinger, wie in Système 6 unvermeidlich.

In der gleichen Weise wie das Système Barret wirken der Archet de Sol und die übliche Ausführungsform der Vollautomatik. Der Autor dankt J. Reijns für den entsprechenden Hinweis.

2.4.7 Kritik an der modernen Französischen Oboe

Das heute auf dem europäischen Festland und in aller Welt vorherrschende Modèle Conservatoire entspricht dem Système 6. Es hat aber das weithin in den Ländern des Commonwealth gespielte „Englische“ Daumenplattensystem, das auf dem Französischen Système 5 basiert, nicht vollständig verdrängen können, denn das Modèle Conservatoire erkaufte seine fingertechnische Überlegenheit mit gravierenden klanglichen Nachteilen. Man beachte, dass der *traditionelle Griff* für c'' , das als his' gespielt wird, und der *traditionelle Griff* für b' , das als ais' gespielt wird, Gabelgriffe sind, weil das Fis-Plateau über dem G-Tonloch gedrückt wird und damit das G-Tonloch verschlossen wird, obwohl das A-Tonloch offen steht. Bemerkenswerterweise wurden die Gabelgriffe für c'' und b' von der Mechanik nicht eliminiert, sondern erst einer besseren Spielbarkeit wegen eingeführt.

Das geschlossene G-Tonloch wirkt sich klanglich auf das c'' und auf das b' ganz unterschiedlich aus. So hat das c'' eine enorme dynamische Spannweite, dabei aber die Neigung schlecht zu stehen. Der Klang ist nasal und schreiend und passt nicht zum a' . Demgegenüber ist die Dynamik des b' reduziert. Der Klang ist besonders gedeckt, auf meiner Oboe sogar besonders lieblich, passt aber nicht recht zum a' und schon gar nicht zum c'' . Das b' scheint nicht so sehr als Problem gesehen zu werden wie das c'' .

All das versucht der Oboist durch seinen Ansatz, gedeckte Griffweise und die Verwendung guter Rohre auszugleichen. Die *gedeckten Griffe* entstehen aus den traditionellen Griffen durch Drücken Verschließen von Tonlöchern unterhalb des G-Tonloches. Die Griffabelle aus Goossens und Roxburgh [1979], S. 255 ff., gibt für b' wie für c'' gedeckte Griffe an. Während es keine gedeckten Griffe für b' gibt, die die Dynamik verbessern, gibt es doch solche, die das c'' spürbar schöner klingen lassen, wenn auch nicht letztlich befriedigend.

Doch nicht nur der Oboist versucht die Schwächt des c'' auszugleichen, die vorhandenen Instrumente zeigen, dass auch die Oboenbauer das Problem kennen, oder zumindest kannten. Schon erwähnt wurde das Système Barret und der Archet de Sol.

Eine Schwäche des Modèle Conservatoire, die zwar nicht unmittelbar zum Themenkreis Gabelgriff gehört, aber dennoch mit der C/B-Problematik verwoben ist, ist die Tatsache, dass das G-Tonloch vom akustischen Standpunkt zu weit unten ist, weil die akustisch ideale Position vom Zapfen eingenommen wird, mit dem das Oberteil und das Mittelteil der Oboe verbunden wird.

Es gibt mindestens zwei Ansätze, dieses Problem zu lösen, verwirklicht

durch das Modell Roland von Rigoutat und durch die M2 von Marigaux. Streng genommen müsste man den Klang von c'' und von b' an einem dieser Modelle beurteilen, sowie jeden Versuch einer Verbesserung durch Eliminierung des Gabelgriffes, also durch Offenlassen des G-Tonlochs, wenn c'' oder b' erklingt.

Was über b' und c'' gesagt wurde, gilt, wenn auch in geringerem Maße von b'' und c''' .

Teil II

Eine mögliche Zukunft

3 Eine Verbesserung des c'' auf der Französischen Oboe: Von der Idee zum Produkt

Nachdem im letzten Abschnitt von Teil I die Schwächen vor allem des c'' bei der Französischen Oboe Modèle Conservatoire beschrieben wurden, sowie die Versuche, das Problem von Seiten des Spielers mit gedeckten Griffen anzugehen, erzählt der vorliegende Abschnitt die noch nicht abgeschlossene Geschichte einer Idee, diese Schwächen direkt am Instrument zu beheben.

Abschnitt 3.1 gibt einen alternativen Griff für c'' auf dem Modèle Conservatoire an, mit dem die klangliche Wirkung des englischen Daumenplattensystem erreicht wird, der allerdings, im Gegensatz zum gedeckten Griff, kein flüssiges Spiel erlaubt. Die auf der Formantentheorie basierende vergleichende Analyse des Klanges der traditionell offen, gedeckt und alternativ gegriffenen Töne c'' in Abschnitt 3.2 ergibt, dass der alternative Griff für c'' den anderen beiden Griffen klanglich überlegen ist. Von mehr theoretischem Interesse ist Abschnitt 3.3, der die angesprochenen Unterschiede zwischen traditionellem und alternativem Griff erklärt.

Die Bewertung in Abschnitt 3.2 rechtfertigt es, eine Mechanik für das Modèle Conservatoire zu ersinnen, die das klangliche Resultat des alternativen Griffes erzielt, wenn der Spieler das c'' traditionell greift. Der Nachtrag in Abschnitt 3.5 diskutiert die Veränderung des b' analog zu der des c'' . Analog, wenn auch nicht so deutlich ändern sich auch b'' und c''' . Schließlich informieren die Abschnitte 3.6 und 3.7 über den Stand der Realisierung, sowie über die Verfügbarkeit der neuen Mechanik.

3.1 Ein alternativer Griff für c'' und b' auf der Französischen Oboe

Die oben angesprochenen klanglichen Probleme treten beim Modèle Conservatoire, also bei der Mechanik aus Abbildung 17 auf und zwar sehr deutlich für b' und c'' , sowie, weniger gravierend bei b'' und c''' . Stellvertretend seien b' und c'' betrachtet.

Zunächst einmal fällt auf, dass das c'' in traditioneller Griffweise aus dem h' durch Drücken des Fis-Plateaus über dem G-Tonloch entsteht. Merkwürdigerweise wird der Ton h' also erhöht, indem oder obwohl eine Klappe geschlossen wird. In der Tat ist das Verschließen des G-Tonloches nur ein (unerwünschter) Nebeneffekt, der den Griff für c'' zum Gabelgriff macht; die Intention ist hingegen, dass das Herunterdrücken des Fis-Plateaus über eine Wippe die C-Klappe anhebt und so das darunterliegende Halbtonloch öffnet.

Jede(r) kann auf der eigenen Oboe ausprobieren, wie das c'' klingt, wenn man ein h' spielt und dann das C-Tonloch öffnet, indem man die seitliche Wippe direkt betätigt. Entsprechend lässt sich das b' aus dem a' gewinnen. In beiden Fällen sprechen wir von einem *alternativen Griff*.

Das Ergebnis ist ein klanglich mit dem a' vergleichbares c'' bzw. b' mit stabiler Intonation, wie von Instrumenten mit Daumenplattensystem bekannt. Die etwas zu hohe Intonation des c'' kann leicht korrigiert werden. Interessant ist auch die Verbindung $a'-b'-c''$ auf konventionelle Weise zu spielen und dann mit der alternativen Griffweise. Man wird feststellen, dass die drei Töne alternativ gegriffen klanglich wie dynamisch eine Einheit bilden. Das c'' wird gemildert, während das b' nur etwas lauter und offener wird. Bei manchen Modellen wird das b' weniger lieblich. Sowohl b' als auch c'' gleichen sich qualitativ dem a' an.

3.2 Messtechnische Bewertung der Griffe für c''

Zur Objektivierung dieser subjektiven Höreindrücke hat der Autor das IfM (Institut für Musikinstrumentenbau) in Klingenthal mit der Vermessung der Klänge beauftragt. Dem Autor ist bewusst, dass zur vollumfänglichen Analyse des Klanges die der Einschwing- und Abklingvorganges, des Spektrums sowie der Phasenlagen der Teiltöne gehört. Da aber die klanglichen Effekte unverändert auch bei einem Dauerton auftreten, die Oboe gemäß Meyer [1995], Abschnitt 3.2.2.3 ungewöhnlich schnell einschwingt und da, wie in Pierce [1999], S. 156 dargelegt, die Phasenlagen von untergeordneter Bedeu-

tung sind, ist die Beschränkung auf eine Vermessung der Spektren gerechtfertigt. Die Messergebnisse sind in Ziegenhals [2015] dokumentiert und gehen in den vorliegenden Artikel in Form der Abbildungen 21 bis 23, sowie in die Spektren in Abbildungen 25 bis 27 und schließlich in Abbildung 28 ein.

Bis auf Weiteres wurden die Versuche auf c'' beschränkt, zum einen aus Kostengründen, zum anderen, weil die Wirkung des alternativen Griffs für b' von Oboisten viel unterschiedlicher beurteilt wird als der von c'' und auch stärker vom Modell der Oboe abhängt.

Abbildung 20 zeigt die Messanordnung des IfM, deren wichtigsten Bestandteil ein spezieller Blasinstrumentenmesskopf ist, der das Rohrblatt ersetzt und mit dem das Instrument auf jeder Frequenz angeregt werden kann. Die für die Impedanzmessung erforderlichen Mikrofone sind im Messkopf integriert. Für einige Messungen wurde zusätzlich ein Sondenmikrofon eingesetzt, das frei in der Innenbohrung platziert werden kann. Die geblasenen Töne wurden teils mit im Raum verteilten Mikrofonen, teils mit einem ebenfalls im Raum platzierten Kunstkopfes aufgenommen. Die Messung ist objektiv, insofern als sie ohne Musiker auskommt.

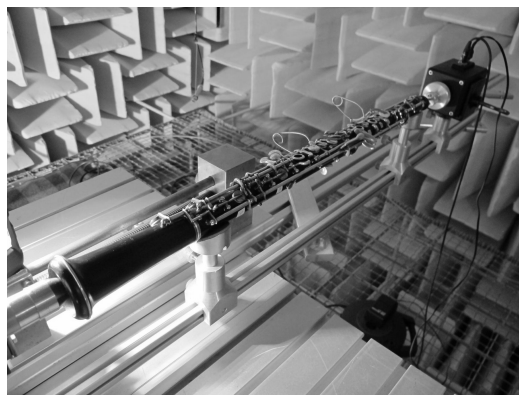


Abbildung 20: Messanordnung mit Oboe und Blasinstrumentenmesskopf

Abbildung 21 (siehe Ziegenhals [2015], Abb. 2) stellt die Spektren von c'' traditionell und alternativ gegriffen einander gegenüber. Die beiden Kurven wurden geringfügig gegeneinander verschoben um Überdeckungen zu vermeiden. Wie man sieht, ist der Schalldruck für die Teiltöne 3, 11, 12 und 13 beim alternativen Griff signifikant höher als beim traditionellen Griff, während für die Teiltönen 4, 5, 6, 7, 8, sowie ab 14 der Schalldruck umgekehrt beim al-

alternativen Griff signifikant niedriger ist als beim traditionellen Griff.

Insgesamt führt der alternative Griff also zu einer in der Tendenz mehr grundtönigen Klangfarbe, während der Klang beim traditionellen Griff ober-tonreicher ist.

Zum Vergleich stellt Abbildung 22 (siehe Ziegenhals [2015], Abb. 3) die Spektren von c'' traditionell und gedeckt gegriffen, also mit geschlossenem E-Plateau und D-Plateau, gegenüber.

Man sieht dass der Schalldruck für die ersten 4 Teiltöne bei klassischem und gedecktem Griff vergleichbar sind, dass dann aber der gedeckte Griff ab dem 5. Teilton und besonders stark am 12. und ab dem 14. Teilton zu einer deutlichen Dämpfung führt.

Ein Vergleich der Abbildungen 21 und 22 zeigt, dass die Wirkung des alternativen Griffes quantitativ mit der des gedeckten Griffes vergleichbar ist. Damit ist nachgewiesen, dass der alternative Griff wie der gedeckte Griff, der ja ein gängiges Mittel zur Gestaltung des Klanges ist, signifikanten Einfluss auf die Klangfarbe hat.

Bevor wir zum Nachweis schreiten, dass der alternative Griff die Klangfarbe verbessert, seien auf den Wirkmechanismus des gedeckten Griffes eingegangen. Da die Tonlöcher der Oboe relativ klein sind, reicht, wie in Abschnitt 2.4 dargelegt, die stehende Welle im Schallrohr für die unteren Teiltöne bis zu den ersten offenen Tonlöchern. Deshalb hat der gedeckte Griff hier keine Wirkung. Die oberen Teiltöne treten aber durch weiter unten liegende Tonlöcher aus und können deshalb durch Abdecken dieser Tonlöcher gedämpft werden. Im Gegensatz zum alternativen Griff bringt der gedeckte Griff gegenüber dem traditionellen nur eine Dämpfung, nie eine Verstärkung.

Abbildung 23 zeigt, dass der gedeckte Griff die Teiltöne 9 bis 11 stärker dämpft als der alternative Griff. Umgekehrt verstärkt der alternative Griff den 3. Teilton und dämpft den 4., während Abdecken die beiden Teiltöne nicht signifikant ändert.

Nachdem nun klar ist, dass der alternative Griff die Klangfarbe wirklich signifikant verändert, ist nun noch nachzuweisen, dass er sie verbessert. Zudem ist diese Verbesserung noch in Relation zu stellen zur Verbesserung durch die gedeckte Griffweise. Als Qualitätsmerkmal wird zunächst die Ähnlichkeit mit a' herangezogen. Das macht Sinn, weil Homogenität mit benachbarten Tönen erwünscht ist und weil a' gemeinhin als befriedigender und typischer Oboenton betrachtet wird.

Die Abbildungen 25, 26 und 27 stellen das Spektrum von a' den Spektren

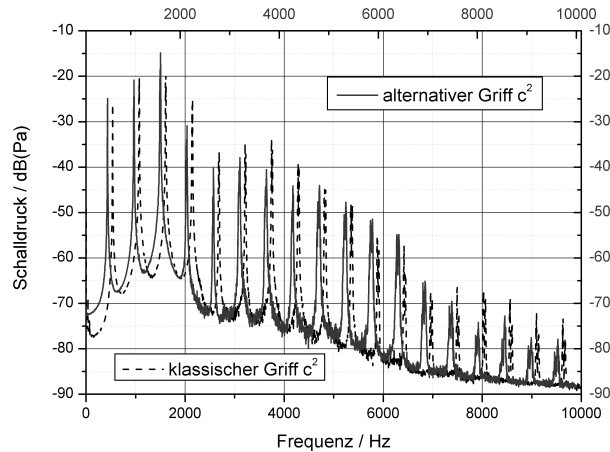


Abbildung 21: Spektren von c'' traditionell und alternativ gegriffen

von c'' traditionell, alternativ und gedeckt gegriffen gegenüber. Die Spektren selbst sind Ziegenhals [2015], Abb. 8, 9 und 10 entnommen, der Autor hat das Spektrum von a' mit einem natürlichen Spline interpoliert, die dem Vergleich der Spektren von a' und c'' dient. Da die Teiltöne von c'' und die von a' nur sporadisch aufeinandertreffen, ist klar, dass ein punktwiser Vergleich der Spektren nicht sinnvoll ist.

Die Technik zum Vergleich ist aus der Formantentheorie abgeleitet, die hier kurz vorgestellt werden soll. Die Formantentheorie von E. Schumann, hier zitiert nach Sandner [2004] findet sich ähnlich auch in Jordan [2007], Abschnitt 2.3. und postuliert folgende Gesetze:

1. Das Formantstreckengesetz: Die Klangfarbe eines Musikinstrumentes wird - *unabhängig von der Höhe des Grundtones* - von an feste Tonhöhen gebundenen Frequenzbereichen, den *Formantstrecken* oder *Formantregionen*, bestimmt. Diese Zonen sind durch stärkere Teiltöne ausgezeichnet.
2. Das Akustische Verschiebungsgesetz: Bei Steigerung der Intensität eines Klangs verlagert sich das Maximum auf Teiltöne höherer Ordnungszahlen. Die oberen Komponenten des Spektrums werden dann im allgemeinen stärker, die unteren schwächer.

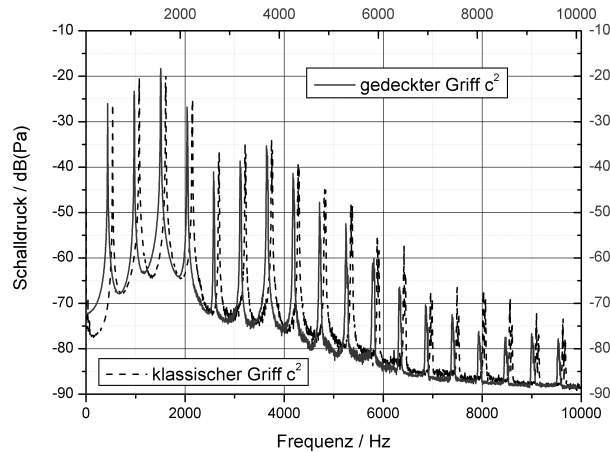


Abbildung 22: Spektren von c'' traditionell und gedeckt gegriffen

3. Das Akustische Sprunggesetz: Bei Klängen mit zwei Formantstrecken überspringt bei sehr starker Tongebung das in piano-Klängen im unteren Formantbereich liegende Maximum die zwischen den Formantstrecken gelegenen Teiltöne, um einen Teilton der oberen Formantstrecke auszuzeichnen.
4. Das Formanten-Intervallgesetz: Neben der absoluten Höhe der Formantstrecken und neben der Spielstärke ist für die Färbung des Klanges noch das Intervall entscheidend, das, unabhängig von der Höhe des Grundtons, der stärkste Teilton der einen Formantstrecke mit dem stärksten Teilton der anderen Formantstrecke bildet. (Diese Formant-Intervalle sind typisch für die Bauart des Instruments.)

An dieser klassischen Formulierung der Formantentheorie ist auffällig, dass Formantstrecken zwar unabhängig von der Tonhöhe sein sollen, die Gesetze über diese Formantstrecken aber alle basierend auf Teiltönen formuliert sind, die eben doch von der Tonhöhe abhängen. Die folgende eigene Darstellung der Formantentheorie umgeht diesen anscheinenden Widerspruch und erlaubt den Vergleich von Klängen.

Die wesentlich Idee der Formantentheorie ist, dass die Beschaffenheit des an der Tonerzeugung beteiligten Resonanzraumes eine charakteristische Be-

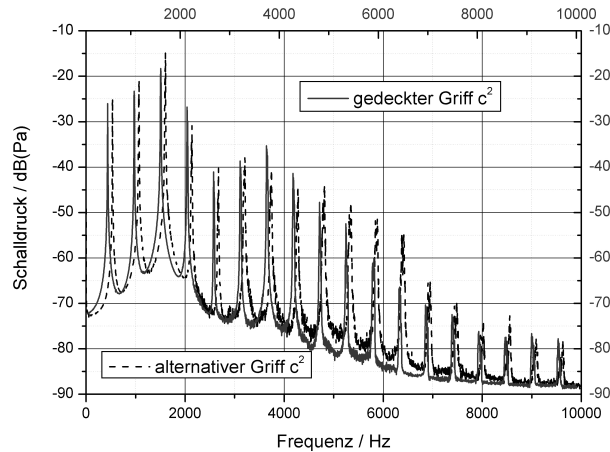


Abbildung 23: Spektren von c'' alternativ und gedeckt gegriffen

vorzuzugung oder Unterdrückung der angeregten Frequenzen mit sich bringt. Die Formantstrecken bilden die Zonen bevorzugter Frequenzen. Ein Musikinstrument verliert seine typische Klangfarbe, wenn man es so hoch spielt, dass die Frequenzen außerhalb seiner Formantstrecken sind. Wie Abbildung 24 aus Pierce [1999], S. 160 illustriert, könnte man diese Charakteristik in Form einer *Formantkurve* auch quantitativ fassen. Formantstrecken sind Abschnitte, in denen die Formantkurve „erhöht“ ist. Es handelt sich also nicht um einen sehr exakten Begriff.

Die Formantkurve hängt erst einmal nicht von einer Tonhöhe ab, sondern die diskreten Spektren der gesungenen oder gespielten Töne verschiedener Tonhöhen werden durch die Formantkurve an unterschiedlichen Stellen begrenzt. Durch ein Tonspektrum werden sozusagen nur einzelne Punkte der immer gleichen Formantkurve sichtbar. Im Gegensatz dazu macht das kontinuierliche Rauschspektrum beim Flüstern die ganze Formantkurve sichtbar. Flüstern ist nicht nur mit der menschlichen Stimme, sondern auch bei Blasinstrumenten möglich, bei der Oboe indem man ohne Rohr oder mit trockenem Rohr in das Instrument bläst.

Aus einem diskreten Spektrum kann man die Formantkurve durch Interpolation minimaler Krümmung zwischen den Teiltönen annähern, wenn sich keine wesentlichen Strukturen zwischen den Teiltönen verbergen. Wie auch

in Abbildung 24 zu sehen, treten Extrema typischerweise als Überschwinger zwischen den Teiltönen auf.

Für den Oboenklang entscheidenden Formantstrecken liegen nach Stauder [1976], S. 98, um 1200 Hz und um 3000 Hz, nach andern Quellen (Weich [2005], Abbildung 24 und Sengpiel [1994]) um 1400 Hz und um 3000 Hz. Letztgenanntes Ergebnis passt gut zu den Messungen des IfM für den Ton a' , der als typisch für die Oboe wahrgenommen wird. Alle diese Angaben rechtfertigen die Beschränkung unserer Betrachtungen auf den angegebenen Frequenzbereich bis 5000 Hz und die Ermittlung der Formantkurve durch Interpolation des diskreten aber hinreichend dichten Spektrums des Tones a' .

Natürlich hängt die Formantkurve auch von der Intensität des Klangs ab. Für zunehmende Intensität sagt das Akustische Verschiebungsgesetz eine Verschiebung der Maxima in den hochfrequenten Bereich voraus, sowie eine Erhöhung der Amplitude der hochfrequenten Maxima. Laut Akustischem Sprunggesetz bleibt ein Minimum zwischen zwei Maxima auch bei starkem Anspiel erhalten, nur dass die Amplitude des niederfrequenten Maximums geringer, die des höherfrequenten Maximums aber höher wird. Zur Abhängigkeit der Formantkurve von der Dynamik bei der Oboe siehe Meyer [1995], Abschnitt 3.2.2.2.

Um also vergleichbare Formantkurven zu erhalten, sollten die einzelnen Töne mit der gleichen mäßigen Dynamik angeblasen werden.

Im Prinzip hängen die Formantkurven nicht von der Tonhöhe ab, sondern nur vom Resonanzraum. Man kann sich aber vorstellen, dass ein Instrument wie die Posaune durch kontinuierliches Verschieben des Zuges den Resonanzraum und damit auch die Formantkurve kontinuierlich ändert. Entsprechend kann auch die Betätigung der komplexen Mechanik der Oboe die Formantkurve ändern. Wäre das nicht der Fall, so wäre das c'' wohl ein ganz unproblematischer Ton und der Übergang beim Überblasen wäre nicht hörbar. Die Ähnlichkeit der Formantkurven benachbarter Töne ist erwünscht, weil sich so ein homogener und instrumententypischer Klang ergibt und von einzelnen Ausnahmen abgesehen ist sie auch gegeben. Für Details zur Abhängigkeit der Formantkurve von der Tonhöhe bei der Oboe siehe Meyer [1995], Abschnitt 3.2.2.1.

Das Formanten-Intervallgesetz sieht bei zwei Formantstrecken ein festes Frequenzverhältnis voraus. Für die Oboe gibt Jordan [2007], Abschnitt 2.3.4 das Verhältnis 1:2 an, was gut zu den oben genannten Frequenzen der Formantstrecken um 1400 Hz und um 3000 Hz passt. Im Bezug auf Formant-

kurven ist ein festes Frequenzverhältnis der Maxima zu erwarten.

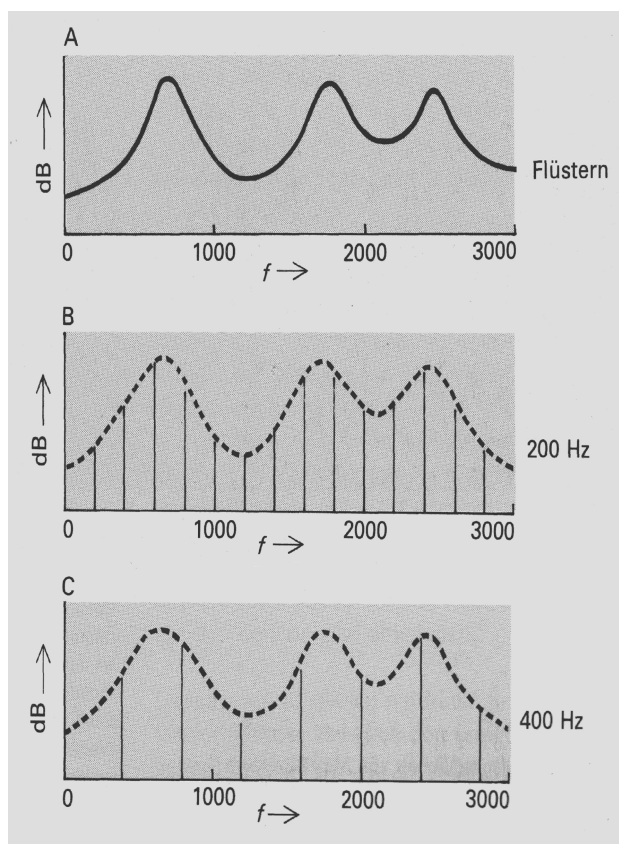


Abbildung 24: Hüllkurven von Spektren für „Flüstern“ und für verschiedene Tonhöhen, Pierce [1999], S. 160

Für alle folgenden Analysen ist der Verlauf der interpolierenden Hüllkurve der Teiltöne von a' entscheidend. Stellvertretend zeigt Abbildung 25, dass das erste Maximum bei 1400Hz zwischen dem 3. und 4. Teilton von a' auftritt, das erste Minimum beim 6. Teilton und das nächste Maximum nahe beim 7. Teilton bei 3000 Hz. Daraus ergeben sich zwei Formantstrecken, die durch den 6. Teilton getrennt sind.

Abbildung 25 zeigt, dass das Spektrum von c'' , traditionell gegriffen, von der Hüllkurve von a' abweicht: Während der Schalldruckpegel des 3. Teiltönen von c'' signifikant unter der Hüllkurve des Spektrums von a' liegt, liegt der

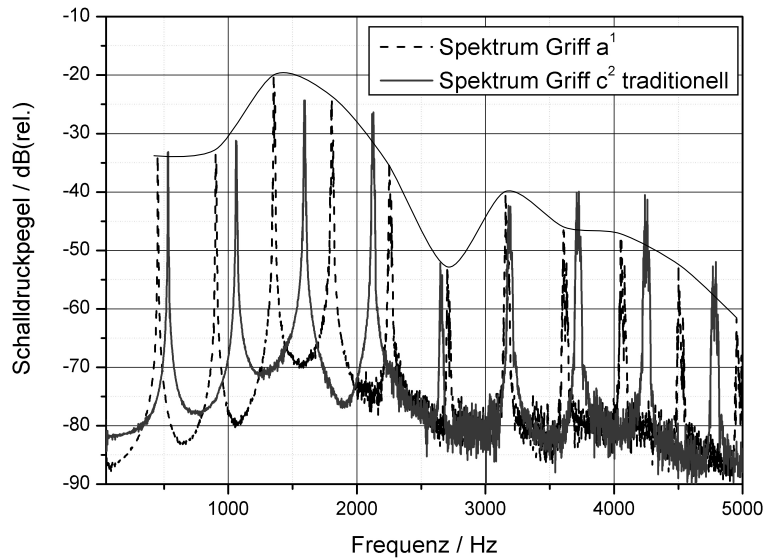


Abbildung 25: Spektren von c'' traditionell gegriffen und von a'

des 4. Teiltones, sowie des 7., 8. und 9. Teiltones von c'' signifikant über der Hüllkurve des Spektrums von a' . Die Formantstrecken für c'' scheinen bei 2000 Hz und bei 4000 Hz zu liegen, und nicht wie bei a' bei 1400 Hz und bei 3000 Hz. Das Verhältnis ist aber wie erwünscht 1:2.

Demgegenüber zeigt Abbildung 26, dass das Spektrum von c'' alternativ gegriffen sehr gut zum Spektrum von a' passt. Verglichen mit der traditionellen Griffweise fügen sich besonders die Teiltöne 3, 4, 7 und 9 gut ein; der 8. Teilton hat einen signifikant niedrigeren Level als die Hüllkurve des Spektrums von a' vorgeben würde. Man beachte, dass die Hüllkurve im Bereich des 3. Teiltones „überschwingt“, wie auch Weich [2005], Abb. 24 zeigt. Die gezeigte Hüllkurve ist hier sicher zu niedrig. Die Amplitude des 3. Teiltons markiert deutlich den ersten Formanten, der bei c'' wie bei a' liegt. Der zweite Formant liegt in beiden Fällen bei etwas über 3000 Hz. Beide Formanten sind sehr gut ausgeprägt, sogar besser abgegrenzt als beim gedeckten Griff und stehen im idealen Verhältnis 1:2.

Zum Vergleich zeigt Abbildung 27, das Spektrum von c'' gedeckt gegriffen, also zusätzlich mit geschlossenem E-Plateau und D-Plateau. Wie beim

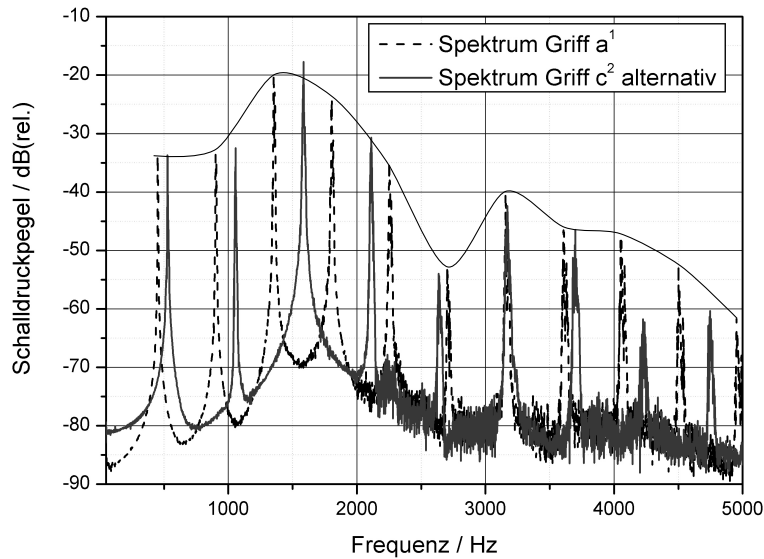


Abbildung 26: Spektren von c'' alternativ gegriffen und von a'

traditionellen Griff, ist der 3. Teilton zu schwach und der 4. zu stark. ****
genauso wie der 5. und der 7. Dass der 5. zu stark ist, könnte ein Messfehler
sein, weil der 5. Teilton in der Messung in Abbildung 23 nicht heraussticht.
Der 6. Teilton und der 8. Teilton passen dann wieder sehr gut zum Spektrum
von a' . Die Formantstrecken sind beide gut zu erkennen, sind aber hochfre-
quenter als bei a' und das erwünschte Verhältnis 1:2 ist mehr zu ahnen als zu
sehen, weil die Maxima eher flach sind. Zudem ist der Einschnitt zwischen
den Formantstrecken weniger ausgeprägt.

Im Vergleich ist die alternative Griffweise des c'' signifikant näher am a'
als die gedeckten Griffweise in den Teiltönen 3, 4, 5 und 7. Die alternative
Griffweise hat einen schwächeren 8. Teilton als das a' , während in der ge-
deckten Griffweise der 8. Teilton stärker ist. Der 9. Teilton passt in beiden
Griffweisen sehr gut. Die Formantstrecken der alternativen Griffweise des c''
liegen näher an denen von a' sind besser abgegrenzt und klarer erkennbar im
Verhältnis 1:2 als das beim gedeckten Griff der Fall ist.

Beim Anhören der Klangbeispiele kommen viele subjektive Vorlieben ins
Spiel. Die Abweichungen des traditionellen c'' vom a' scheinen aber in zwei

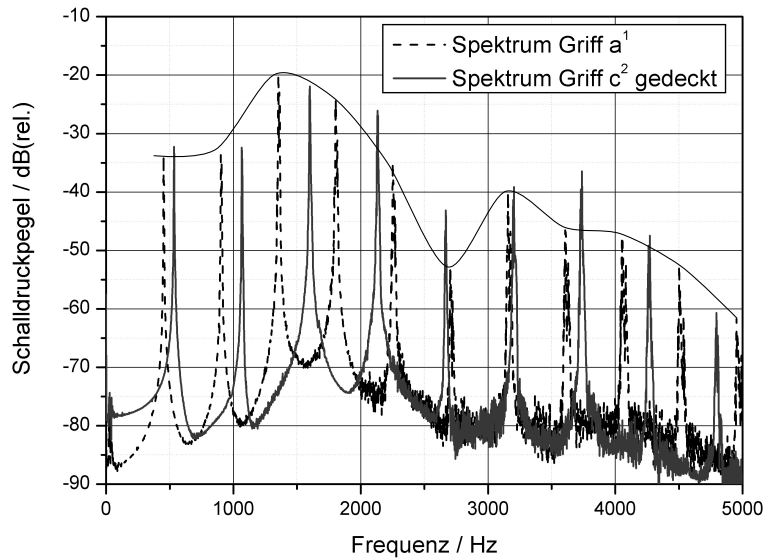


Abbildung 27: Spektren von c'' gedeckt gegriffen und von a'

Kategorien zu fallen, die mit den beiden Formantstrecken korrelieren:

- Das traditionelle c'' klingt stickig oder nicht so frei wie das a' . Das Problem ist auch mit dem gedeckten Griff nicht gelöst, wohl aber mit dem alternativen Griff. Das weist darauf hin, dass der Höreindruck vom zu schwach ausgeprägten 3. Teilton des c'' oder vom zu starken 4. Teilton herrühren könnte.

Der gedeckte Griff unterscheidet sich vom traditionellen in den Teiltönen 3 und 4 nicht signifikant.

Der alternative Griff führt zu einem ausgeglichenen Verhältnis der Teiltöne 3 und 4. Egalisiert man bei der Aufnahme mit dem alternativen Griff die beiden Teiltöne, so verliert der Klang des alternativen Griffes seinen Vorteil gegenüber dem traditionellen.

Der untere Formant bei ca. 1400 Hz liegt beim 3. Teilton. Durch das Ungleichgewicht der Teiltöne des traditionellen Griffes ist der untere Formantbereich nicht ausgeprägt oder in Richtung auf den 4. Teilton

auf ca. 2000 Hz verschoben. Der alternative Griff stellt das Gleichgewicht wieder her.

- Das traditionelle c'' klingt brillant, rau oder aggressiv. Sowohl der gedeckte Griff als auch der alternative Griff bringen eine signifikante Verbesserung. Eine ebensolche ist festzustellen, wenn man in der Aufnahme alle Frequenzen über 3000 Hz einfach wegfiltert.

Das weist darauf hin, dass der Höreindruck von den zu stark ausgeprägten Teiltönen 7 bis 9 kommt.

In der Tat dämpfen der alternative Griff und auch der gedeckte Griff die oberen Teiltöne. Filtert man die obere Formantstrecke über 3000 Hz bei den Aufnahmen weg, so bleibt ein schöner Oboenton übrig, aber er wirkt etwas weich und wenig markant. Hier scheint es also weniger darauf anzukommen, dass die Intensitäten stimmen, sondern nur, dass sie nicht zu hoch sind.

Während das a' den oberen Formanten erwartungsgemäß bei ca. 3000 Hz im Bereich des 7. Teiltones ausprägt, liegt er für das traditionelle c'' auf 4000 Hz im Bereich des 7. und 8. Teiltones. Der alternative Griff stellt das Gleichgewicht wieder her.

Die Gewichtung der beiden Abweichungen von c'' von a' als Defekte ist scheinbar subjektiv sehr verschieden, obwohl alle Versuchspersonen beide Defekte hören konnten.

Die Passung im unteren Formantbereich war für alle Hörer wichtig.

Die Aufnahme mit Tiefpass, der den oberen Formantbereich eliminiert wurde sehr uneinheitlich bewertet: Manche fanden den Ton besonders schön, andere wenig charakteristisch. Scheinbar geht es nur einem Teil der Hörer um eine genaue Passung von c'' mit a' im oberen Formantbereich. Der andere Teil bevorzugt geminderte oder gar eliminierte Teiltöne, vielleicht weil das a' als zu obertönig empfunden wird.

3.3 Versuch einer Erklärung der Wirkung des alternativen Griffs für c''

Gemäß Abbildung 21 verstärkt der alternative Griff für c'' gegenüber dem traditionellen den 3. Teilton, schwächt den 4. Teilton und dämpft viele höhere Teiltöne.

Der Untersuchungsbericht des IfM, Ziegenhals [2015], bietet auch den Ansatz einer Erklärung für die Veränderung der genannten Teiltöne. Abbildung 28 ist aus Ziegenhals [2015], Abb. 6 entnommen und zeigt den Schalldruckverlauf der stehenden Wellen in der Innenbohrung für die Teiltöne 3 und 4 von c'' , traditionell und alternativ gegriffen, sowie die Lagen der relevanten Tonlöcher C, H, B, A, Gis und G. Da die Durchmesser der Tonlöcher erheblich kleiner sind als der des Schallrohres, endet die stehende Welle nicht beim ersten offenen Tonloch, also beim C-Tonloch, sondern es bildet sich noch eine $3/4$ -Welle aus. Bei alternativer Griffweise verschiebt sich die stehende Welle in Richtung Mundstück, ohne dass sich die Wellenlänge und damit die Tonhöhe signifikant ändern.

Gemäß Abbildung 28 strahlt der Schall des 3. Teiltones durch die vier linken, bei beiden Griffweisen offenen Tonlöcher C, H, B und A bei alternativer Griffweise mit signifikant höherem Schalldruck ab, als bei traditioneller Griffweise. Zusätzlich ist bei alternativer Griffweise das G-Tonloch offen, so dass daraus zusätzlich Schall entweichen kann. Das erklärt die höhere Amplitude des 3. Teiltones beim alternativen Griff. Das Gis-Tonloch bleibt bei beiden Griffweisen geschlossen und erlaubt keine Abstrahlung.

Abbildung 28 zeigt auch die Verhältnisse beim 4. Teilton: Hier ist die Abstrahlung durch die vier linken, offenen Tonlöcher C, H, B und A bei alternativer Griffweise signifikant schwächer als bei traditioneller. Das Gis-Tonloch ist wieder geschlossen und damit irrelevant: der höhere Schalldruck bei alternativer Griffweise dringt nicht nach außen. Für die alternative Griffweise gibt es zusätzliche Abstrahlung durch das offene G-Tonloch, das jedoch die geringere Abstrahlung durch die anderen Tonlöcher nicht kompensieren kann.

Diese Ergebnisse passen so gar nicht zur einfachen Theorie, dass bei hinreichend großen Tonlöchern die Tonlöcher unterhalb des ersten offenen Tonlochs keinen Einfluss haben. Auch die Theorie von A. Benade (siehe Benade [1976], Winkler [1998] und Pierce [1999]) betrachtet nur die drei letzten offenen Tonlöcher.

3.4 Eine Idee zur Verbesserung von c'' und b' auf der Französischen Oboe

Der Effekt, dass sich das c'' verbessert, wenn man den Ton alternativ an der Wippe greift, ist den Oboisten seit langem bekannt und wird auch teilweise

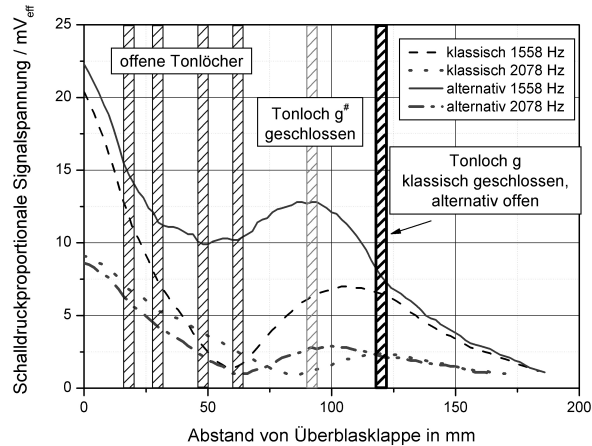


Abbildung 28: Schalldruckverlauf der stehenden Wellen beim 3. und 4. Teilton von c'' , in der Innenbohrung sowie die Lagen der relevanten Tonlöcher traditionell und alternativ gegriffen

für Anfangstöne angewandt. In einem Lauf nützt dieses Wissen aber wenig.

Das in England verbreitete Daumenplattensystem vermeidet die Gabelgriffe für c'' und b' , indem die Klappe für das Halbtonloch mit dem Daumen betätigt wird. Die Vorteile liegen nicht nur im ausgewogeneren Klang, sondern auch in der leichteren Verbindung c'' - a' , das System hat aber auch Nachteile. Die wenigsten Oboisten, die auf dem Modèle Conservatoire „großgeworden“ sind, sind wohl bereit, sich mit dem Englischen System auseinander zu setzen geschweige denn sich umzustellen.

Die Fragestellung lautet nun, wie man das Französische System so ändern kann, dass sich der Klang des Daumenplattensystems erzielen lässt, ohne dass sich die Griffweise noch die Taktilität der Mechanik ändert.

Im ersten Moment scheint die Aufgabe unlösbar, weil durch Drücken des Fis-Plateaus dieses das G-Tonloch automatisch verschließt. Es ist jedoch allgemein bekannt, dass der Ton nur von der Form und vom Abstand des Tonloches zum Mundstück abhängt und sich somit um die Achse des Schallrohrs rotieren lässt, ohne die Höhe oder die Farbe des Tons zu ändern. Dann aber muss das neue G-Tonloch durch eine weitere Klappe K verschlossen werden. Zur Vermeidung des Gabelgriffes muss diese Klappe K das Tonloch genau

dann verschließen, wenn sowohl das ursprüngliche Fis-Plateau gedrückt ist, als auch das G-Plateau über dem A-Tonloch.

Spielt man ein fis' oder einen tieferen Ton, so ist die Klappe K geschlossen. Spielt man hingegen ein a' oder ein g' , so ist die neue Klappe offen. Ebenso ist sie offen, und das ist die wesentliche Änderung, wenn man ein c'' oder ein b' spielt.

Abbildung 29 zeigt eine mögliche Realisierung einer solchen „Schaltlogik“. Die neue Klappe K ist durch eine Feder geschlossen vorgespannt. Solange sowohl das G-Plateau als auch das Fis-Plateau gedrückt sind, geben die Stellschrauben in Abbildung 29, rechts die Klappe K frei und sie ist durch die Vorspannung geschlossen. Wird das G-Plateau losgelassen, so öffnet das Fis-Plateau das darunterliegende Tonloch unter dem Druck einer Feder. Diese überwiegt die Feder von K und drückt, wie wiederum in Abbildung 29, rechts zu sehen über den rechten Hebel mit Stellschraube die Klappe K auf. Entsprechendes gilt für das G-Plateau über dem A-Tonloch, das starr mit dem linken Hebel mit Stellschraube verbunden ist.

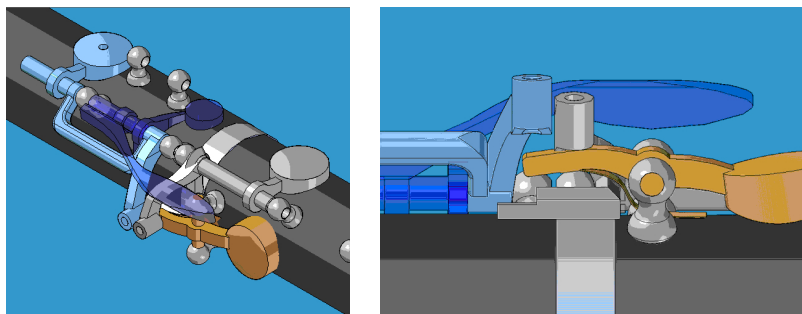


Abbildung 29: Neue C-B-Mechanik: Sichten Perspektive und seitlich

Mit dieser Änderung der Mechanik bleibt die Griffweise der Französischen Oboe zwar erhalten, die Griffe für c'' und b' sind aber - akustisch gesehen - keine Gabelgriffe mehr. Somit verbinden sich die Vorteile des Modèle Conservatoire mit dem des Englischen Daumenplattensystems. Damit wäre diese Änderung der logische Schlusspunkt einer langen Entwicklung, der Eliminierung von Gabelgriffen durch Mechanik.

Das für b' und c'' gesagte, gilt auch für b'' und c''' .

3.5 Nachtrag

Nun kann eine schöne Theorie etwas Bezwingendes haben, was aber, wenn einem Spieler zwar das c'' , nicht aber das b' missfällt? Die eher geringe Dynamik des b' wird ja vielleicht mehr als wettgemacht durch den ungewöhnlich lieblichen Klang. Solch einen Ton kann man zelebrieren und will man wohl nicht gern verlieren. Die oben vorgeschlagene Mechanik lässt sich leicht auf diesen Wunsch anpassen: Einfach, indem man nicht das G-Plateau über dem A-Tonloch, sondern das A-Plateau über dem H-Tonloch mit dem blauen Hebel aus Abbildung 29, rechts verbindet, wird nur der Gabelgriff für c'' eliminiert, der für b' aber erhalten. So erhält man aus oben beschriebener C-B-Mechanik eine reine C-Mechanik.

Die Tatsache, dass die Wirkung des alternativen Griffes auf das b' je nach Hersteller sehr unterschiedlich ausfällt, könnte ein Hinweis sein, dass es sich lohnt, der C-B-Mechanik eine Chance zu geben und mit Gestalt, Größe und Lage von Tonlöchern zu experimentieren.

3.6 Prototypische Umsetzung der Idee

Die oben beschriebene Idee ist inzwischen prototypisch umgesetzt. Die Firmen Howarth of London Ltd., London und Marigaux S.A.S., Paris haben je ein Standardinstrument mit einem G-Tonloch geliefert die S. Bösken, Wien, für Howarth und U. Döhnert, Leipzig, für Marigaux, mit einer entsprechenden Mechanik versehen. Die Firma Bulgheroni F.lli S.N.C, Como, hat einen vollständigen Prototypen herausgebracht, der auf der Vorlage von U. Döhnert basiert und ihn auf der Frankfurter Musikmesse 2015 vorgestellt. Die Firmen Fox und Churauto Kobo Josef Co., Ltd. haben ebenfalls Interesse am Bau eines Prototypen bekundet.

Das klangliche Ergebnis kann man auf jeder Oboe Modèle Conservatoire (Système 6) erzielen, auch ohne den Prototypen. Dazu öffnet man das C-Tonloch einmal klassisch durch Drücken des Fis-Plateaus und einmal durch Drücken der entsprechenden Wippe seitlich bei geöffnetem G-Tonloch und spielt so ein c'' an. Der Vergleich des Klanges mit offenem G-Tonloch und mit geschlossenem ist sogar signifikanter am Modèle Conservatoire zu ziehen, weil man sieht, wie sich die Änderung an ein und demselben Instrument auswirkt. Der Prototyp hingegen kann das c'' nur noch bei geöffnetem G-Tonloch hervorbringen.

Der Prototyp weist vor allem nach, dass und wie man eine Mechanik

bauen kann, die die Idee aus Abschnitt 3.4 realisiert und haptisch nicht vom Modèle Conservatoire zu unterscheiden ist. Zudem erlaubt der Prototyp, wie die Oboen mit Daumenplattensystem, eine ganze Melodie zu spielen mit dem c'' mit offenem G-Tonloch.

Obwohl ein Prototyp immer handwerklich gefertigt ist (die Klappen werden per Hand aus einem Stück Blech „zurechtgeklopft“), soll er so gebaut sein, dass er auch für die industrielle Produktion geeignet ist. Insbesondere sieht man den Aufwand und die Kosten für die zusätzliche Mechanik.

Neben Klang und Haptik gibt es weitere sogenannte „Nebenaspekte“, die aber mit über die Brauchbarkeit des Instruments entscheiden. Dazu gehört im vorliegenden Fall, dass Ober- und Mittelteil trotz der zusätzlichen Verbindung steckbar sind ohne dass sich die Mechanik verbiegt, die Einstellbarkeit der zusätzlichen Mechanik sowie deren Robustheit.

Für den deutschen Markt scheint mir wichtig, dass sich die Mechanik mit Vollautomatik kombinieren lässt. Hier ist zu beachten, dass die Vollautomatik oft mit einer zusätzlichen Mechanik kombiniert wird, die es erlaubt, das c'' statt mit dem Zeigefinger mit dem Mittel- oder dem Ringfinger der rechten Hand zu greifen, vorwiegend einfach, um den Klang des c'' zu verbessern. Die CB-Mechanik lässt sich mit dieser zusätzlichen Mechanik nur mit Aufwand kombinieren, macht diese aber auch überflüssig was die Verbesserung des c'' angeht. Wer also eine CB-Mechanik „mit Vollautomatik“ spielen will, kann sich mit einem einfacheren Modell begnügen.

3.7 Ausblick

Wie in Abschnitt 3.6 angesprochen, gibt es schon jetzt erprobte und serienreife Prototypen, bislang aber noch keine Zusage eines Herstellers, die beschriebene Mechanik auch in Serie herzustellen. Daher an dieser Stelle der Appell des Autors an den geneigten Leser, die Neuerung an der eigenen Oboe zu prüfen und bei Gefallen, Interesse an der Verbesserung der Töne c'' und ggf. b' anzumelden.

Dennoch muss der Oboist auf die Vorzüge der neuen Mechanik nicht verzichten. U. Döhnert verleiht Instrumente mit CB-Mechanik, um Oboisten Gelegenheit zu geben, sich selbst ein Bild zu machen und bietet den Umbau traditioneller Instrumente aller Marken und Modelle an. Dazu werden Nachrüstsätze verwendet, so dass für einen Umbau nur noch das G-Tonloch versetzt, die zusätzliche Klappe angebracht und ein paar wenige Teile der Mechanik ersetzt werden müssen.

Um die CB-Mechanik zu diskutieren hat der Autor die Facebook-Seite Reißner [2015a] eingerichtet, für sonstiges Feedback zum vorliegenden Artikel die Seite Reißner [2015b].

4 Danksagung

Der vorliegende Artikel wäre ohne die tatkräftige Unterstützung von verschiedenen Seiten nicht denkbar gewesen. Ich danke in alphabetischer Reihenfolge:

- U. Döhnert, für das leidenschaftliche Ringen um den perfekten Prototypen für Marigaux, sowie die Weiterentwicklung für die Vollautomatik. Ein Blick auf seine private Instrumentensammlung und einige Hinweise auf Literatur waren von unschätzbarem Wert beim Vorbereiten zum Artikel.
- Prof. J. Focht, Univ. Leipzig für die ersten, grundlegenden Korrekturen, viele Denkanstöße und Ermutigung, sowie Zugriff auf diverse Datenbanken.
- J. Reijns, Oboenatelier, Kempten, für viele Hinweise aus seinem reichhaltigen Fundus an Erfahrungen als Oboenbauer.
- Prof. G. Widholm, IWK, für die sehr anregende und tiefe Diskussion zu Formanten und Impedanz, sowie einige Richtigstellungen in meiner Darstellung.
- Prof. G. Ziegenhals, IfM, für die viele Geduld mit meinen nachgeschobenen Forderungen nach zusätzlichen Arbeitspaketen und für das Korrekturlesen.

Im Text verbliebene Ungenauigkeiten, Mißverständlichkeiten und womöglich Fehler bleiben in der Verantwortung des Autors.

Literatur

[Ayers u. a. 1985] AYERS, R. D. ; ELIASON, Lowell J. ; MAHGEREFTEH, Daniel: The conical bore in musical acoustics. In: *The American Journal of Physics* 53 (1985), Nr. 6, S. 528–537

- [Bate 1962] BATE, Philip: *The Oboe: An Outline of its History, Development and Construction*. 2. Aufl. London : Ernest Benn Ltd., 1962. – ISBN: 9780510362508
- [Benade 1976] BENADE, Arthur H.: *Fundamentals of Musical Acoustics*. 2. Aufl. Oxford University Press, 1976. – ISBN 13: 9780486264844
- [Goossens und Roxburgh 1979] GOOSSENS, Leon ; ROXBURGH, Edwin: *Die Oboe*. 2. Aufl. London : Europabuch AG, 1979
- [Hampel und Punto 1986] HAMPEL, Anton J. ; PUNTO, Giovanni: *Seule et vraie méthode pour apprendre facilement les éléments des premier et second cors / composée par Hampl et perfectionnée par Punto, son élève*. Kirchheim (München) : Hans Pizka, 1986. – Erste Auflage: ca 1794, Naderman, Paris
- [Jordan 2007] JORDAN, Andreas: *Akustische Instrumentenerkennung unter Berücksichtigung des Einschwingvorgangs, der Tonlage und der Dynamik*, Universität für Musik und darstellende Kunst Wien, Institut für Wiener Klangstil, Diplomarbeit, 5 2007. – Link vom August 2015, http://iwk.mdw.ac.at/lit_db_iwk/download.php?id=15109
- [Meyer 1995] MEYER, Jürgen: *Akustik und musikalische Aufführungspraxis. Leitfaden für Akustiker, Tonmeister, Musiker, Instrumentenbauer und Architekten*. 3. Aufl. Frankfurt am Main : Erwin Bochinsky, 1995
- [Pierce 1999] PIERCE, John R.: *Klang: Musik mit den Ohren der Physik*. 2. Aufl. Spektrum Verlag, 3 1999. – ISBN-10: 3827405440
- [Reißner 2015a] REISSNER, Ernst: *CB-Mechanics for Oboe Modèle Conservatoire*. Link vom September 2015: <https://www.facebook.com/OboeSysteme7>. 2015. – feel invited to contribute
- [Reißner 2015b] REISSNER, Ernst: *Eine kleine Verbesserung der Oboe im großen Kontext*. Link vom September 2015: <https://www.facebook.com/rohrblattVerbGesch>. 2015. – feel invited to contribute
- [Sandner 2004] SANDNER, Michael: *Physik und die Schumannschen Klangfarbengesetze*. Link vom August 2015: www.m-sandner.de/lehre/VL_pdf/Physik_und_Gesetze.pdf. 2004. – Vorlesung „Musikübertragung“, Sommersemester 2004

- [Sengpiel 1994] SENGPIEL, Eberhard: *Formanten prägen die Klangfarbe*. Link vom September 2015: <http://www.sengpielaudio.com/FormantenPraegenDieKlangfarbe.pdf>. 5 1994. – UdK Berlin Sengpiel
- [Stauder 1976] STAUDER, Wilhelm: *Taschenbücher zur Musikwissenschaft*. Bd. 22: *Einführung in die Akustik*. Wilhelmshaven : Heinrichshofen's Verlag, 1976
- [Ventzke 1969] VENTZKE, Karl: *Boehm-Oboen und die neueren französischen Oboen-Systeme*. Frankfurt am Main : Verlag Das Musikinstrument, 1969
- [Weich 2005] WEICH, Holger: *Die Physik von Musikinstrumenten*. Gymnasium Nordhorn, Stadtring 29, 48527 Nordhorn, Gymnasium Nordhorn, Facharbeit, 2 2005. – Link vom August 2015: www.holger-weich.de/Facharbeit.pdf
- [Winkler 1998] WINKLER, Klaus: *Die Physik der Musikinstrumente*. 2. Aufl. Spektrum Akademischer Verlag, 10 1998. – ISBN-10: 3827402913
- [Ziegenhals 2015] ZIEGENHALS, Gunter: Untersuchungen zur Wirkung eines Alternativgriffes c2 bei Oboen / IfM - Institut für Musikinstrumentenbau e.V. Klingenthaler Straße 42 08267 Klingenthal : IfM, 6 2015 (IfM M 285/2015 - Fassung 2). – Forschungsbericht. Ms.