



\* 13<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONGRESS ON ACOUSTICS \*  
\* YUGOSLAVIA \* 1989 \*

## SPIELTECHNISCHE ASPEKTE DER COMPUTERUNTERSTÜTZTEN QUALITÄTSBEURTEILUNG VON BLECHBLASINSTRUMENTEN

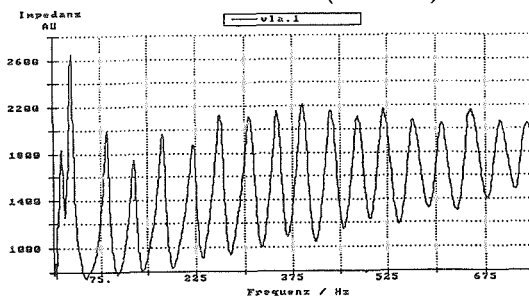
Gregor Widholm

Institut für Wiener Klangstil, Hochschule für Musik und darstellende Kunst in Wien,  
A-1010 Wien, Singerstraße 26.

Die Problematik bei der Beurteilung der Qualität von Blechblasinstrumenten mit naturwissenschaftlichen Methoden liegt in der Nutzbarmachung der Meßergebnisse für die Praxis. Meist werden nur die Parameter des Musikinstrumentes unter Laborbedingungen ("objektive Qualität"), aber nicht die Interaktion von Musiker und Instrument erfaßt. Musiker und Musikinstrument stellen in physikalischem Sinne eine Einheit dar. Es entsteht ein Regelkreis, der während des Spieles auf mehreren Ebenen wirksam wird und wesentlich die Gestalt des Endproduktes "Klang" bestimmt. Der "objektiven Qualität" eines bestimmten Instrumentes stehen daher meist mehrere "subjektive Qualitäten", welche für verschiedene Musiker unterschiedliche Werte besitzen können, gegenüber. Beurteilt ein Musiker die Qualität eines Instrumentes, so beurteilt er in Wahrheit die Qualität des "Regelkreises" Musiker-Instrument. Ein Meßverfahren zur Beurteilung der "subjektiven Qualität" eines Musikinstrumentes für einen bestimmten Musiker mit einer auf ihn abgestimmten Konfiguration (Mundstück, Mundrohr, Mensur, etc) muß daher verschiedene Parameter des Musikers ("Humanparameter") miteinbeziehen.

### Basisdaten (Rohdaten)

Zur Erfassung der Instrumentenparameter benützen wir (wie im Referat "Computerunterstützte Qualitätsbeurteilung von Blechblasinstrumenten und Simulation der Interaktion Musiker-Instrument; meßtechnische Aspekte" näher ausgeführt ist) eine modifizierte Eingangsimpedanzmessung, die eine praktische Frequenzauflösung von 1 Hz und eine ausreichende Genauigkeit bei der Erfassung der Amplituden gewährleistet [1]. Dafür muß der Nachteil des relativ hohen Zeitaufwandes bei der Datenerfassung in Kauf genommen werden. Ein Durchlauf benötigt zirka 4 Minuten, zur Erfassung des gesamten chromatischen Tonmaterials sind durchschnittlich sieben Meßzyklen notwendig. Bild 1 zeigt die Resonanzen eines Hornes (in F gestimmt), gültig für eine sinusförmige Anregung und den Spielbereich vom 1. bis zum 16. Naturton (0-750 Hz).





**\* 13<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONGRESS ON ACOUSTICS \***  
**\* YUGOSLAVIA \* 1989 \***

Die Erfahrung zeigt, daß der Musiker das Instrument bei jenen Frequenzen anregt, bei denen die Impedanzmaxima liegen [2]. Anders ausgedrückt: der Musiker kann im allgemeinen mit seinem "Lippenventil" das Instrument nur in Frequenzbereichen anregen, in denen die Impedanzwerte einen bestimmten Wert übersteigen. Diese Tatsache schafft dem Musiker auch einen Spielraum zu der in der Orchesterpraxis unumgänglichen Intonationskorrektur (bewußtes Erhöhen oder Vertiefen der Frequenz des gespielten Tones), solange nicht die Synchronisationsprozesse zwischen dem hochohmigen Instrumentenrohr (mit der sich darin befindlichen stehenden Welle) und dem niederohmigen Lippenventil des Musikers eine kontinuierliche Schwingung der Lippen mit der gewünschten Frequenz unmöglich machen.

Nachdem der Mensch das Instrument aber nicht mit einer reinen Sinusschwingung, sondern mit einem unter Umständen recht breitbandigen Spektrum anregt, läßt eine aufgrund der Rohdaten ermittelte "akustische Visitenkarte" des Instrumentes nur Aussagen über die grundsätzliche akustisch/musikalische Brauchbarkeit zu, welche für den einzelnen Musiker zwar eine notwendige, aber keinesfalls hinreichende Bedingung darstellt.

**Summenkurven**

Nimmt man an, daß die Anregung durch den Musiker mit einem zB. 20 Teiltöne enthaltenen Spektrum erfolgt ( $f_0, f_1=2f_0, f_2=3f_0, \dots$ ), so sind für den Musiker nicht nur der Impedanzwert bei  $f_0$ , sondern auch bei  $f_1, f_2, f_3$ , usw. von Bedeutung; insgesamt also die Summe der Werte von  $f_0$  bis  $f_{19}$ . Führt man eine solche Summation über den für das Instrumentalspiel relevanten Bereich durch, so erhält man die in Bild 2 dargestellte Kurve. Bild 3 zeigt das diesem Rechenprozess adäquate Anregungsspektrum.

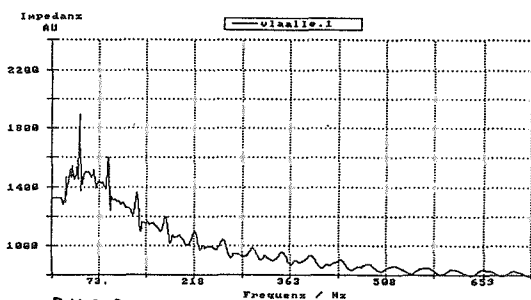


BILD 2

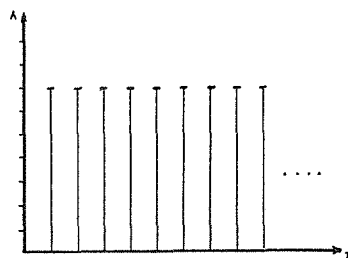


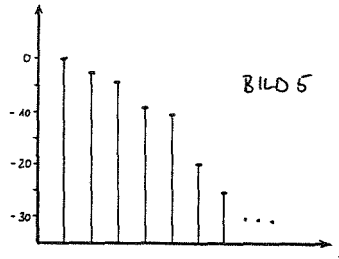
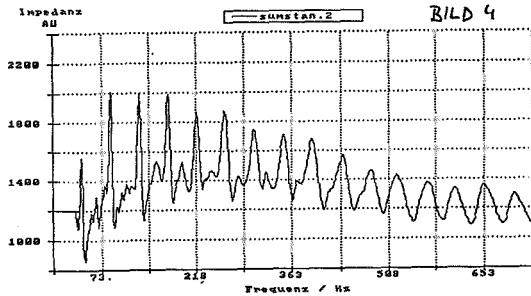
BILD 3

Die solcherart erzeugte Kurve (Bild 2) entspricht jedoch nicht sehr dem "Spielgefühl" des Musikers, überdies ist die Lage der Impedanzspitzen auf der Frequenzachse musikalisch nur bedingt brauchbar. Darüberhinaus zeigt das durch die einfache Summenbildung "simulierte" Anregungsspektrum nur grundsätzliche Ähnlichkeit mit einem Eingabespektrum eines menschlichen Bläasers.

Werden hingegen bei der Summenbildung die Harmonischen mit absteigenden Gewichtungsfaktoren belegt, so gewinnt man die in Bild 4 gezeigte Kurve und erhält das in Bild 5 dargestellte fiktive Anregungsspektrum.



\* 13<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONGRESS ON ACOUSTICS \*  
 \* YUGOSLAVIA \* 1989 \*

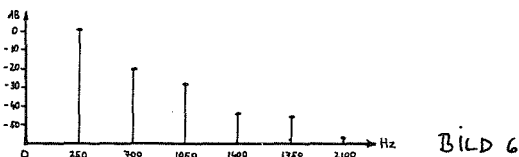


Kontrollen mit menschlicher Anregung zeigten, daß die Kurve in Bild 4 nicht nur dem Spielgefühl des Musikers relativ gut entspricht, sondern auch alle Frequenzen der errechneten und ausgewiesenen Impedanzmaxima mit den tatsächlichen Frequenzen der vom Musiker gespielten Naturtöne (mit Ausnahme der Spitzen 1 und 2, welche große Frequenz-Abweichungen aufweisen) übereinstimmten.

### Humanparameter

Es gilt daher, als erstes das individuelle Anregungsspektrum eines Musikers möglichst genau zu erfassen, wobei die Wechselwirkung ("Regelkreis") der spezifischen Konfiguration Musiker-Instrument berücksichtigt werden muß. Zur Erfassung der Humanparameter sind mehrere, zum Teil sehr unterschiedliche Methoden notwendig. Aus Platzgründen muß jedoch auf eine einigermaßen vollständige Aufzählung leider verzichtet werden. Als Beispiel soll vorerst eine dieser Methoden (Extraktionsmethode) kurz erläutert werden.

Zwei Referenzinstrumente (eines, das einem "normalen" und eines, das einem akustisch extremen und musikalisch unbrauchbaren Instrument entspricht) werden mit einem künstlichen Anregungsmechanismus ("künstlicher Bläser") im relevanten Frequenzbereich in einem reflexionsarmen Raum angeregt [3]. Da hierbei die Anregungsspektren bekannt sind, kann aus den digital gespeicherten, vom Instrument dabei abgegebenen Klängen eine "Transferfunktion" für das Tonmaterial in der Spektralebene errechnet werden. Aus den (ebenfalls unter gleichen Bedingungen im reflexionsarmen Raum) produzierten Klängen der Kombination Musiker-Referenzinstrumente, sind sodann relativ einfach die individuellen Anregungsspektren des Musikers extrahierbar. Bild 6 zeigt als Beispiel ein solches "extrahiertes" Spektrum. Bei der Erstellung des Extraktions-Ausgangsmaterials ist zu beachten, daß das menschliche Anregungsspektrum in Abhängigkeit von Dynamik und Frequenz variiert.





\* 13<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONGRESS ON ACOUSTICS \*  
 \* YUGOSLAVIA \* 1989 \*

Diese für die Naturtöne ermittelten individuellen Anregungsspektren werden nun bei der Simulation als Gewichtungsfaktoren benutzt und ermöglichen so die Berechnung individueller Impedanzkurven zur Beurteilung der Güte des Regelkreises beliebiger Musiker mit beliebigen Blechblasinstrumentenkonfigurationen. Bild 7 illustriert den Einsatz dieser Methode zur Darstellung diffiziler Anspracheprobleme einer bestimmten Musiker-Instrumentenkombination. Das Diagramm zeigt die Impedanzspitze des notierten  $g_2$  (528 Hz). Da dieser Ton zu hoch lag, verlängerte der Musiker vor "heiklen Einsätzen" mittels des Hauptzuges das Instrument um ca. 2 cm und mußte feststellen, daß der Ton dann "schlecht anspricht" (gepunktete Kurve). Obwohl in diesem Fall die Frequenzlage (ca. 524 Hz) den musikalischen Erfordernissen gut entspricht, ist eine starke Dämpfung (verursacht durch die Verschiebung eines Druckbauches der stehenden Welle in den Ventilbereich) feststellbar. Die Lösung bestand in diesem Fall in einer Überprüfung und reparatur des Ventilstockes.

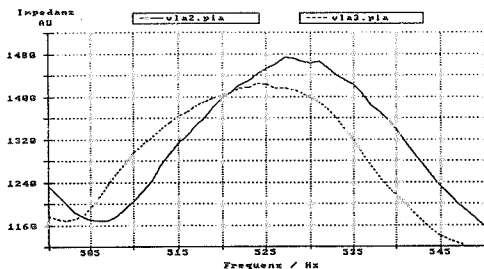


BILD 7

Weiters kann (unter anderem) mittels Simulation die (für jeden Musiker unterschiedliche) "Gesamtstimmung" und Frequenz-Bandbreite des individuellen Ziehbereiches einer Instrumentenkonfiguration errechnet werden.

Aus diesen Beispielen kann ersehen werden, daß die computerunterstützte Qualitätsbeurteilung von Blechblasinstrumenten in Verbindung mit der Erfassung von Humanparametern und der Simulation der Interaktion Musiker-Instrument geeignet sein kann, eine Hilfestellung bei spieltechnischen Problemen, sowie bei der Auswahl der für einen bestimmten Musiker optimalen Instrumentenkonfiguration zu geben. Dadurch ist ohne "Zutun" des Musikers eine "Vorselektion" mittels Simulation des spezifischen Regelkreises möglich.

Literatur:

- [1] Widholm G./ Sonneck G.: Wiener Horn versus Doppelhorn, WWV-Verlag, Wien 1987 Seite 14.
- [2] Wogram K.: Ein Beitrag zur Ermittlung der Stimmung von Blechblasinstrumenten. Diss. Braunschweig 1972.
- [3] Widholm G.: Klangliche Besonderheiten der Hörner zur Zeit Mozarts im Verhältnis zu modernen Hörnern. Mozartjahrbuch 1987/88, Internationale Stiftung Mozarteum Salzburg, Seite 153-187.