

## Die akustische Bedeutung des Mundstückes bei Naturtrompeten

K. WOGRAM

(Phys.-Techn. Bundesanstalt, Braunschweig)

Einleitung

Das Mundstück eines Blechblasinstrumentes hat einen entscheidenden Einfluß auf die musikalisch-akustische Qualität des Instrumentalspiels. Zum einen wirkt es als Koppellement zwischen Bläser und Instrument, zum anderen besitzt es ein eigenes ausgeprägtes Resonanzverhalten, das die akustischen Eigenschaften des Instrumentes allein in starkem Maße beeinflusst /1/. Besonders beim Spiel auf Naturtrompeten ohne Ventile werden von den Künstlern teilweise sehr unterschiedliche Mundstücke verwendet, die sie nach ihrem persönlichen Geschmack ausgewählt haben. Um die Auswirkungen der inneren Formgebung auf die Qualität der gespielten Töne zu erfassen, wurden 13 verschiedene Mundstücke, teils historische Originale, teils moderne Kopien, meßtechnisch verglichen und die geblasenen Klänge subjektiv bewertet. Als Naturtrompete diente eine Kopie einer Haas-Trompete in C.

Wenn man von ästhetischen Gesichtspunkten einmal absieht, hat die äußere Form eines Mundstückes keinen Einfluß auf die gespielten Klänge. Lediglich die Formgebung und der Durchmesser des Randes beeinflussen das Spielgefühl und die Schwingfähigkeit der Bläserlippen. Da diese Größen jedoch nur individuell bewertet werden können, werden sie bei dieser Untersuchung nicht berücksichtigt. Die inneren Konturen der untersuchten Mundstücke sind in Fig. 1 wiedergegeben. Sie unterscheiden sich signifikant hinsichtlich Kesseldurchmesser, Kesselvolumen, Kesseltiefe, Bohrung, Form und Durchmesser der Hinterbohrung sowie Gesamtlänge. Alle Mundstücke wurden allein sowie mit der Naturtrompete auf ihre Resonanzwirkung hin untersucht. Anschließend wurde das Instrument mit allen Mundstücken geblasen und die auf Band aufgezeichneten Klänge im Hörvergleich beurteilt.

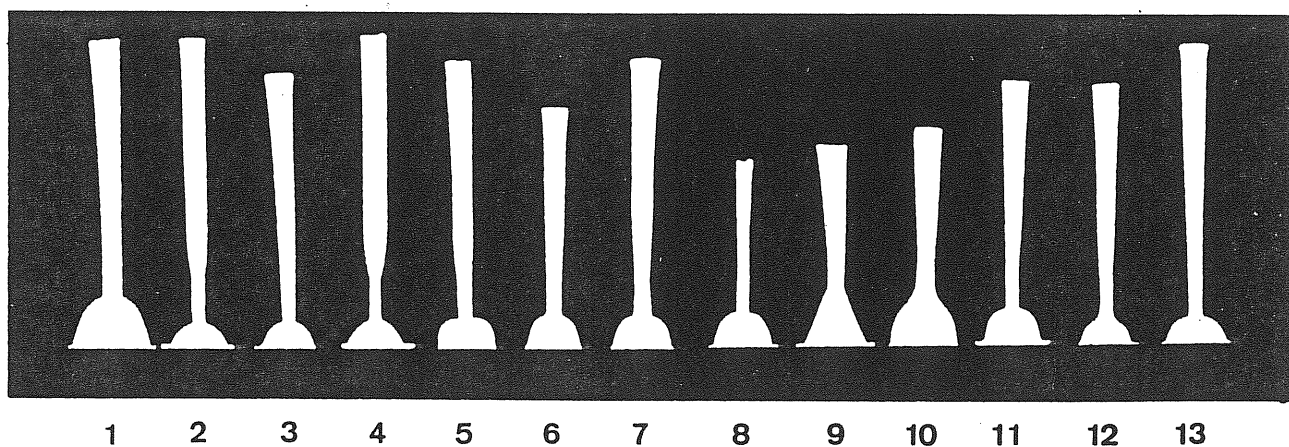


Fig. 1 Innere Kontur der Mundstücke

Akustische Parameter

Die Resonanzwirkung des Instrumentes läßt sich am besten anhand seiner Eingangsimpedanz diskutieren, die beispielhaft für die Mundstücke 10, 13 und 4 in Fig. 2 wiedergegeben ist /2/. Die Pfeile oberhalb der Frequenzachse kennzeichnen die Meßwerte der beiden tiefsten Resonanzfrequenzen der Mundstücke allein.

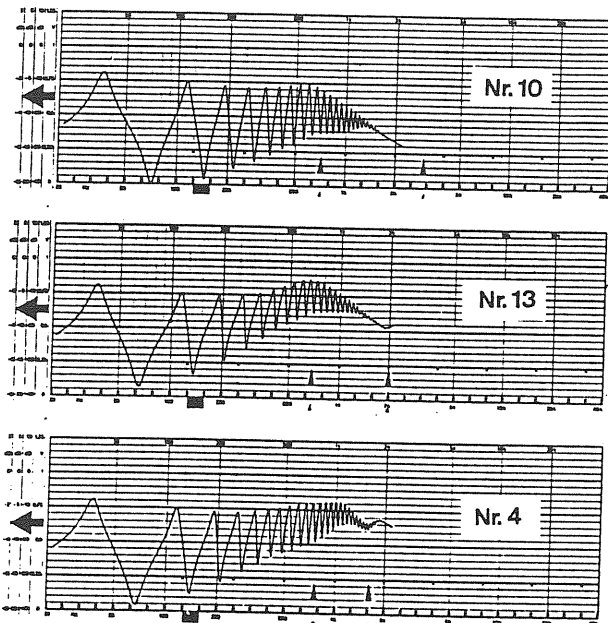


Fig. 2 Eingangsimpedanz einer Naturtrompete in C mit drei verschiedenen Mundstücken

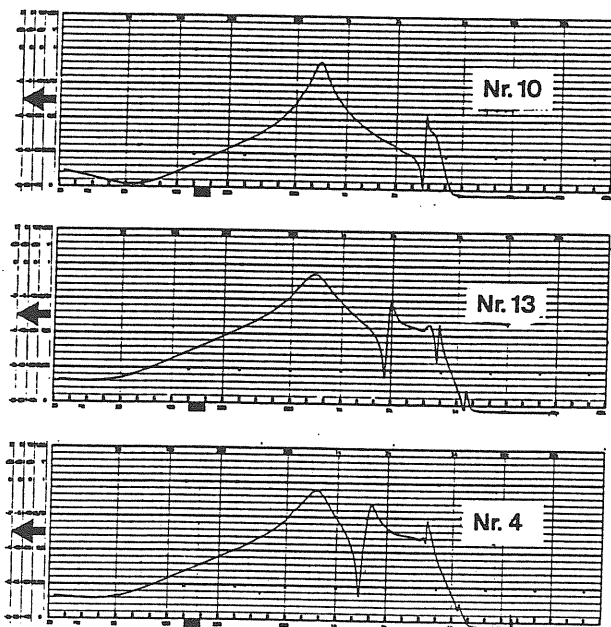


Fig. 3 Eingangsimpedanz von drei Mundstücken

Alle drei Mundstücke zeigen sehr ähnliche Werte für ihre tiefste Resonanzfrequenz, die aus der Nachgiebigkeit des Kesselvolumens und der effektiven Masse der Bohrung als Helmholtzresonanz gebildet wird. Die Dämpfung dieser Resonanz sowie der Abstand der 2. Mundstücksresonanz unterscheiden sich jedoch in starkem Maße.

Wie man erkennt, nimmt die Resonanzwirkung der Luftsäule in der Naturtrompete mit steigender Frequenz ab und erreicht bei ca. 1500 Hz eine Grenze, oberhalb der nur noch Glissandotöne erzeugt werden können. Berücksichtigt man, daß die mit der Frequenz ansteigende Schallabstrahlung des Schallstückes (Anpassung) in allen Fällen die gleiche Resonanzdämpfung liefert, so kann der Einfluß der unterschiedlichen Mundstücke auf die Impedanzkurve deutlich herausgearbeitet werden. Im Bereich der tiefsten Mundstücksresonanz zeigt sich eine Impedanzhöhung, unterhalb der 2. Resonanz ein Impedanzminimum. Die Anhebung bewirkt eine Formantbildung im Klang, die am stärksten bei Verwendung des Mundstückes 13 auftritt.

Die zugehörigen Eingangsimpedanzen der Mundstücke allein zeigt Fig. 3. Die Formgebung dieser Mundstücke unterscheidet sich deutlich, wie aus Fig. 1 entnommen werden kann: Mundstück 10 besitzt einen tiefen, großen Kessel sowie eine große Bohrung mit weiter, linear-konischer Hinterbohrung; Mundstück 13 dagegen einen flachen Kessel mit einer engen, langen, linear-konischen Bohrung; Mundstück 4 schließlich besitzt einen extrem flachen, kleinen Kessel mit einer engen, zylindrischen Bohrung und einer langen, sich schnell erweiternden Hinterbohrung.

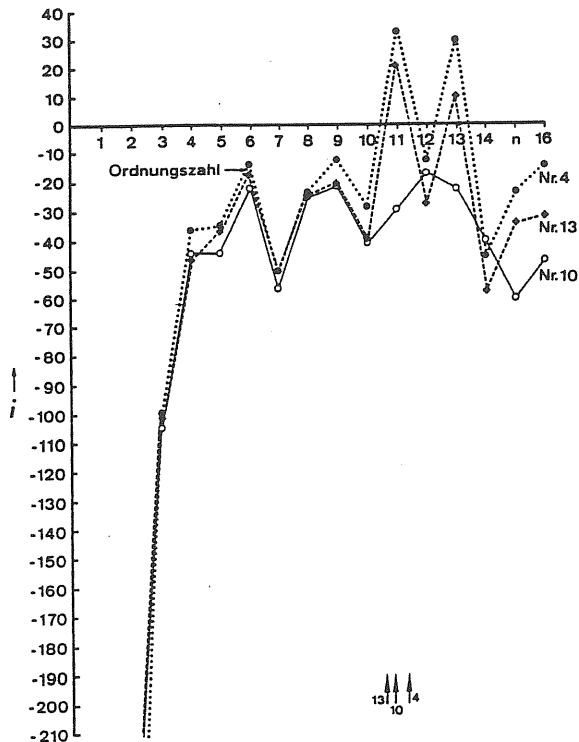


Fig. 4

Resonanzverstärkung der Naturtrompete bei drei verschiedenen Mundstücken

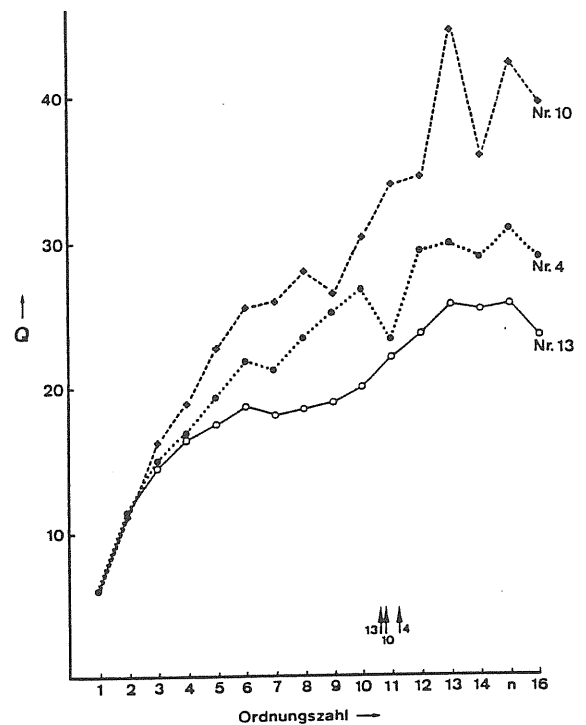


Fig. 5

Resonanzgüte der Naturtrompete bei drei verschiedenen Mundstücken

Die Auswertung der Eingangsimpedanzkurven liefert für die Resonanzverstärkung  $i$  die Ergebnisse der Fig. 4 und für die Resonanzgüte  $Q$  die der Fig. 5. Unterhalb der 8. Resonanz, die dem 8. Naturton gleichzusetzen ist, liefern die drei Mundstücke nahezu die gleichen Stimmungswerte, oberhalb dieser Grenze steigen die Schwankungen sowie die Tendenz mit abnehmender Mundstückgröße. So liefert Mundstück 10 zwar die ausgeglichenste Intonation, fällt jedoch im Diskant stärker ab als 13 und 4. Bei der Güte ist der Einfluß der Bohrungsgröße deutlich zu erkennen, der auch den Abstand der 2. zur 1. Mundstücksresonanz bestimmt. Je größer die Bohrung, desto höher ist die allgemeine Resonanzgüte des gesamten Instrumentes, desto geringer ist jedoch auch die Resonanzwirkung im extremen Diskant (Fig. 2).

Von den im reflexionsarmen Raum geblasenen Klängen sind die Spektren der Töne  $c$  und  $e$  (4. und 5. Naturton) für die drei betrachteten Mundstücke in Fig. 6 dargestellt. Obgleich stets in der gleichen Dynamikstufe  $mf$  geblasen wurde, unterscheiden sich die Hüllkurven signifikant. Mundstück 10 liefert geräuscharme Klänge mit einer 60 dB-Grenze bei ca. 12 kHz, Mundstück 13 zeigt bereits einen höheren Geräuschanteil sowie als Grenze einen Wert von über 20 kHz und Mundstück 4 schließlich wieder einen obertonarmen Klang mit erheblichem Geräuschanteil.

Obwohl sich aus diesen objektiv gewonnenen Daten bereits eine gute Zuordnung zu den erreichten Klangeigenschaften gewinnen läßt, wurden die geblasenen Töne nochmals einer subjektiven Beurteilung hinsichtlich der Eigenschaften "Geräuschanteil", "Stabilität" und "Ansprache" bzw. Einschwingverhalten unterzogen. Für die verwendete Naturtrompete ergeben sich schließlich die in Fig. 7 aufgelisteten Zusammenhänge.

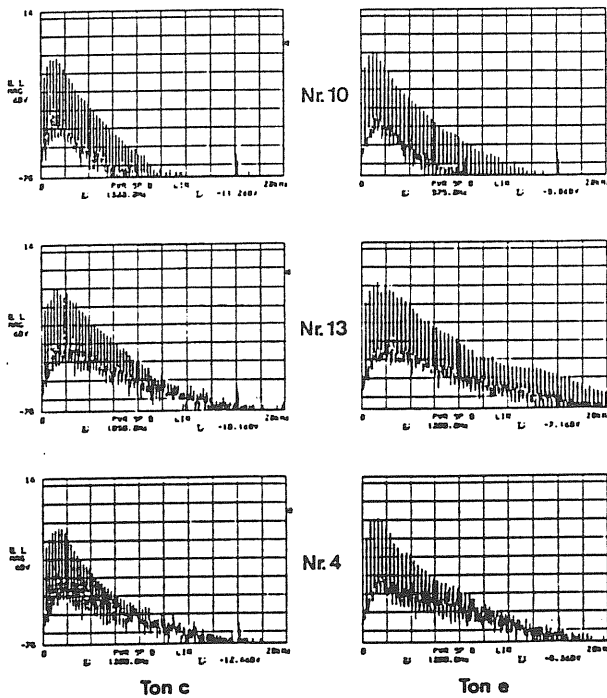


Fig. 6  
Klangspektren der Naturtrompete bei drei verschiedenen Mundstücken

Zusammengefaßt lassen sich die Eigenschaften von Barocktrompetenmundstücken in ihrer Wirkung folgendermaßen beschreiben:  
Je größer das Kesselvolumen und je tiefer die tiefste Resonanz des Mundstückes ausfallen, desto besser sind die Eigenschaften. Sie erfordern jedoch auch eine größere Anstrengung des Bläasers und damit die Notwendigkeit einer besonders kräftigen Lippenmuskulatur. Je kleiner der Kessel, desto leichter spricht der Diskant an, desto instabiler wird jedoch der Klang. Außerdem treten erhebliche Geräuschbeimengungen auf, die nur in sehr halligen Räumen vernachlässigt werden können. Das gleiche gilt für eine sich schnell erweiternde Hinterbohrung, die für einen eleganten und geräuscharmen Ton nicht einzusetzen ist. Hinsichtlich der Abstimmung des Mundstückes kann gefordert werden, daß die Helmholtzresonanz  $f_1$  möglichst tief und die 2. Resonanz möglichst auf Werte von mehr als  $3f_1$  gelegt werden sollte.

Mundstückparameter .....	musikalisch-akustische Eigenschaften		
	wenig Geräusch	hohe Stabilität	leichte (schnelle) Ansprache
Kesselvolumen	groß	groß	-
Kesselform	-	tief	-
Bohrungsdurchmesser	-	groß	-
Form der Hinterbohrung	linear-konisch	lin:kon.,weit	linear-konisch
1. Resonanzfrequenz	600-700 Hz	<700Hz	-
2. Resonanzfrequenz	-	$f_2 \gg f_1$	-
Resonanzgüte am Instrument	-	hoch	-

Fig. 7 Zusammenhang zwischen den Mundstücksparemtern und den musikalisch-akustischen Eigenschaften einer Naturtrompete

Literatur

/1/ Smithers, D., Wogram, K. und Bowsher, J.: "Playing the Baroque Trumpet", Scientific American 254/1986, S. 108-115  
/2/ Wogram K.: "Diskrepanz in der Beurteilung von Blechblasinstrumenten zwischen Spieler und Zuhörer", Bericht der 14. Tonmeistertagung, 1986, S. 378-387