

# Das Mundstück von Blechblasinstrumenten aus musikakustischer Sicht

Dr.-Ing. Klaus Wogram

## **1. Allgemeines:**

Bei Blechblasinstrumenten erfolgt die Tonbildung durch die Vibrationen der Lippen des Bläusers, die er durch Änderung der Lippenspannung in der Tonhöhe variieren kann. Damit die Lippen eine definierte Begrenzung ihrer Schwingungsbreite erfahren, und damit keine für den Schwingungsprozeß notwendige Druckluft entweichen kann, benutzt der Bläser ein sog. Mundstück, das als Bindeglied zwischen Bläser und Instrument aufzufassen ist.

Das Mundstück besteht aus einem Kessel in der Form eines Eierbechers sowie einer engeren Verbindungsrohre, genannt Stengel, die den Kessel mit dem Mundrohr des Blechblasinstrumentes verbindet. Der Bläser preßt seine Lippen gegen den Rand des Kessels und initiiert Vibrationen seiner Lippen in der Schwingfrequenz des gewünschten Tones. Das derart aus den periodischen Schwankungen des Luftdruckes entstehende Schallsignal wird durch den Kessel sowie den Stengel in die Röhre des Instrumentes geleitet und stößt damit die dem Instrument eigenen Resonanzzustände an.

Der Rand des Mundstückes stellt die Auflage der Bläserlippen dar und bestimmt mit seiner Form, wie gut der Bläser die erforderlichen Töne erzeugen kann, und wie komfortabel der Ansatz über einen längeren Zeitraum des Spielens ausfällt. Da jeder Bläser andere Lippenformen und Muskelpartien besitzt, muß er die für ihn beste Randform des Mundstückes herausfinden. Eine allgemeine für jeden Bläser gültige Qualität des Randes gibt es deshalb nicht!

Die Form des Kessels kann sich sehr stark unterscheiden; sie kann halbkugelförmig sein oder wie ein nach unten spitz zulaufender Konus. Die unterschiedlichen Formen bestimmen u.a. die Klangfarbe, die Ansprache (wie gut sich ein Ton produzieren läßt) und die Tonstabilität. Die Kessel von historischen Trompetenmundstücken besitzen häufig die Halbkugelform oder Apfelform, die für Waldhörner dagegen meistens spitz nach unten laufende Kegel, genannt Konus. Zwischen diesen beiden Extremen gibt es eine Vielzahl von Zwischenformen, wobei die sog. Birnenform am häufigsten vertreten ist. Hierbei verengt sich der Kessel zunächst nur gering, dann stärker und geht mit einer schwachen Wölbung in den Stengel über. Diese Birnenform hat ihren Namen von der Form einer auf dem Stiel stehenden Birne (Blüte oben in der Randebene).

Der Stengel hat meistens einen konischen Verlauf und erweitert sich von der engsten Stelle des Mundstückes auf das weitere Maß des Mundrohres. Die Kurve dieses Überganges von eng nach weit ist meistens linearkonisch, kann aber auch die Form einer Parabel o.ä. haben. Dieser innere Rohrverlauf des Stengels wird als Hinterbohrung bezeichnet und bestimmt maßgeblich die Klangfarbe, Ansprache und Tonstabilität.

Zum Schluß muß noch die Bohrung selbst erwähnt werden. Das ist der engste Teil des Mundstückes zwischen dem Kessel und der Hinterbohrung. Dieser Teil wird oft auch als Seele bezeichnet, hat er doch einen starken Einfluß auf die Tonqualität. Dabei spielt vor allem die Formgebung des Überganges vom Kessel zur Hinterbohrung eine entscheidende Rolle.

Man sieht aus diesen Einzelheiten, daß das Mundstück eine sehr große Rolle spielt bei der Verbindung des Bläfers an sein Blechblasinstrument.

## **2. Akustische Funktion des Mundstückes**

### **a. Mundstück allein**

Das Mundstück als Koppellement zwischen Bläser und Instrument ist ein selbständiges akustisches Element, das unsymmetrisch aufgebaut ist. Das heißt, daß sich der Schall, der von den Bläserlippen kommt, auf seinem Weg in das Instrument hinein anders ausbreitet als auf seinem Rückweg vom Instrument zu den Lippen! Reinwärts durchläuft der Schall zunächst den Kessel, dann die Bohrung und die Hinterbohrung (Stengel) ; auf seinem Rückweg zunächst die Hinterbohrung, die Bohrung und schließlich den Kessel. Diesen Sachverhalt muß man sich stets vor Augen halten, wenn es darum geht, die Schallausbreitung in dem Instrument zu betrachten.

Akustisch gesehen stellt das Luftvolumen des Kessels eine Luftfeder dar, die elastische Eigenschaften besitzt. Je kleiner das Kesselvolumen ausfällt, umso härter ist die Feder! Die in der Bohrung und Hinterbohrung eingeschlossene Luftmasse wirkt wie ein Luftpfropfen, der auf der Feder des Kessels tanzen kann. Aus dieser Masse der Bohrung und der Feder des Kessels ergibt sich eine Resonanz, die man auch als Helmholtz-Resonanz bezeichnet. Der große Akustiker Helmholtz war der erste, der die Resonanzen von Hohlkörpern (Kesseln) mit einem Hals (Stengel) untersucht hat. Neben der Bezeichnung „Helmholtzresonanz“ wird diese Resonanz oftmals auch als „Hohlraumresonanz“ bezeichnet.

Mundstücke von Blechblasinstrumenten besitzen also eine spezifische Helmholtzresonanz, die in erster Linie von der Größe des Kessels und den Abmessungen der Bohrung (mit Hinterbohrung) abhängt. Diese Resonanzfrequenz liegt bei Trompetenmundstücken im Bereich von ca. 800 – 1000 Hz, bei Posauern von ca. 450 – 600 Hz. Man kann die Resonanzfrequenz eines Mundstückes sehr gut hören, wenn man das Mundstück mit seinem Rand auf die Handfläche schlägt. Die Tonhöhe entspricht der Resonanzfrequenz. Sie bestimmt maßgeblich die Intonation (Stimmung) eines Blechblasinstrumentes und spielt bei der Qualitätsbestimmung des Instrumentes eine sehr wichtige Rolle!

Nun besitzt das Mundstück eines Blechblasinstrumentes aber nicht nur eine Helmholtz- oder auch Hohlraumresonanz, sondern darüber hinaus noch mindestens zwei weitere Resonanzen, die im höheren Frequenzbereich liegen. Die sich aus diesen Resonanzen ergebenden Teiltöne kann man bei Anklopfen deutlich hören; wenn auch nicht unbedingt selektiv, so doch als bestimmende Anteile an der gehörten Klangfarbe. Diese höheren Resonanzen sind Leitungsresonanzen, die sich durch das Pendeln der Schallwelle zwischen den

Bläserlippen und dem offenen Ende des Mundstückstengels ergeben (beim Anblasen des Mundstückes allein, also ohne Instrument). Sie bestimmen im wesentlichen die Klangfarbe und sind von der Länge (meistens ca. 8 cm) und dem inneren Durchmesserverlauf (Formgebung von Kessel und Bohrung) des Mundstückes abhängig.

Objektiv gemessen werden die Resonanzeigenschaften eines Mundstückes mit Hilfe eines sog. Impedanzmeßkopfes, wie er am besten in dem Meßsystem  verwendet wird | 1 | . Als Beispiel zeigt die Abb. 1 das Meßergebnis für ein Trompetenmundstück.

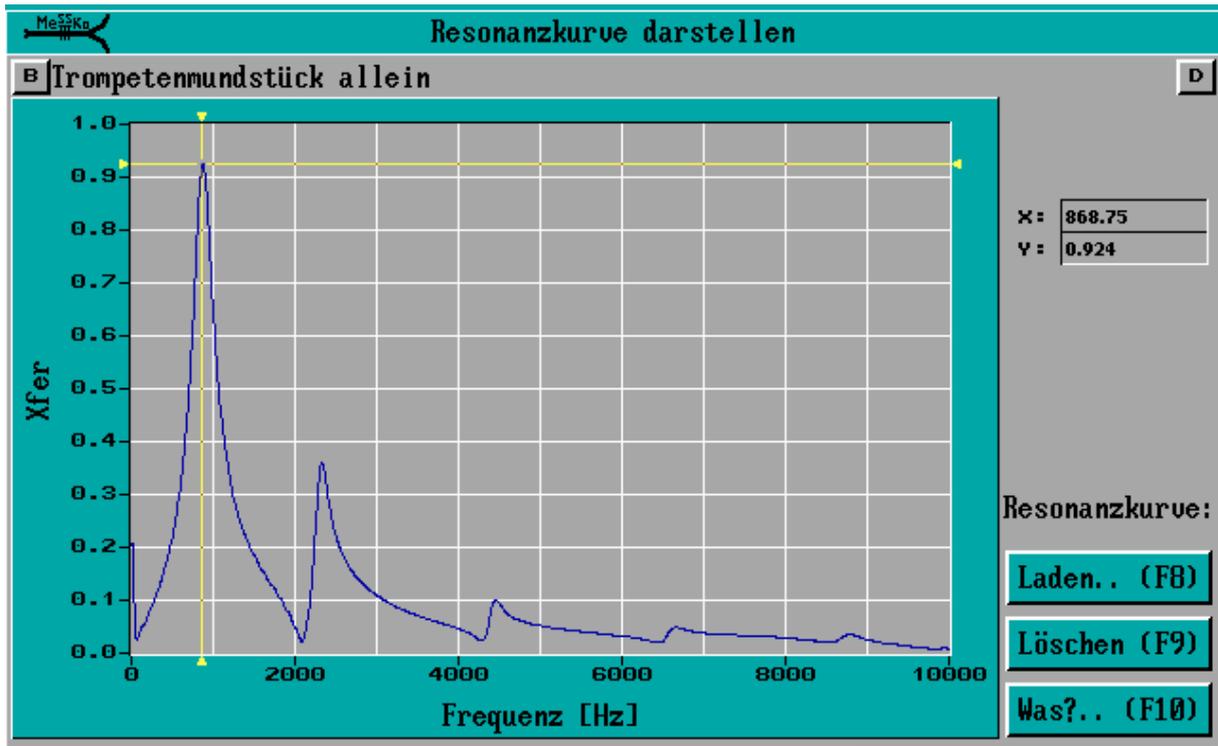


Abb. 1: Resonanzkurve eines Trompetenmundstückes allein

Die tiefste Resonanz (Helmholtzresonanz) liegt bei 868,75 Hz, die 2. Resonanz bei ca. 2333 Hz und die 3. Resonanz bei 4400 Hz.

Umfangreiche Untersuchungen an Trompetenmundstückes | 2,3 | haben ergeben, daß das Verhältnis der 2. zur 1. Resonanz maßgeblich die Stabilität und Treffsicherheit des geblasenen Tones bestimmt. Je weiter der Abstand zwischen diesen beiden Resonanzen ist, umso besser wird das bläserische Ergebnis sein. Als wünschenswerter Mindestwert für das Verhältnis der beiden Resonanzen kann der Wert 3 angegeben werden! Bei dem hier gezeigten Trompetenmundstück liegt das Verhältnis bei 2,69, erreicht also nicht ganz den gewünschten Wert.

#### b. Mundstück am Instrument

In der Praxis wird ein Blechblasinstrument immer mit dem dazugehörigen Mundstück geblasen. Betrachten wir deshalb jetzt den Einfluß des Mundstückes auf die musikalisch akustischen Eigenschaften des gesamten Instrumentes.

Wie bereits angedeutet, bestimmt die tiefste Resonanz (Helmholtzresonanz) des Mundstückes sowohl die Intonation als auch die Klangfarbe des Instrumentes. Diese Einflüsse lassen sich durch entsprechende objektive Messungen sehr gut nachweisen.

Die Resonanzkurve eines Blechblasinstrumentes zeigt die einzelnen Resonanzspitzen des Instrumentes als Kurve über der Tonfrequenz. Nehmen wir einfach einmal ein zylindrisches Rohr und messen seine Resonanzkurve, dann erhalten wir die blaue Kurve in Abb. 2. Sie zeigt kräftige Resonanzspitzen in der Tiefe,

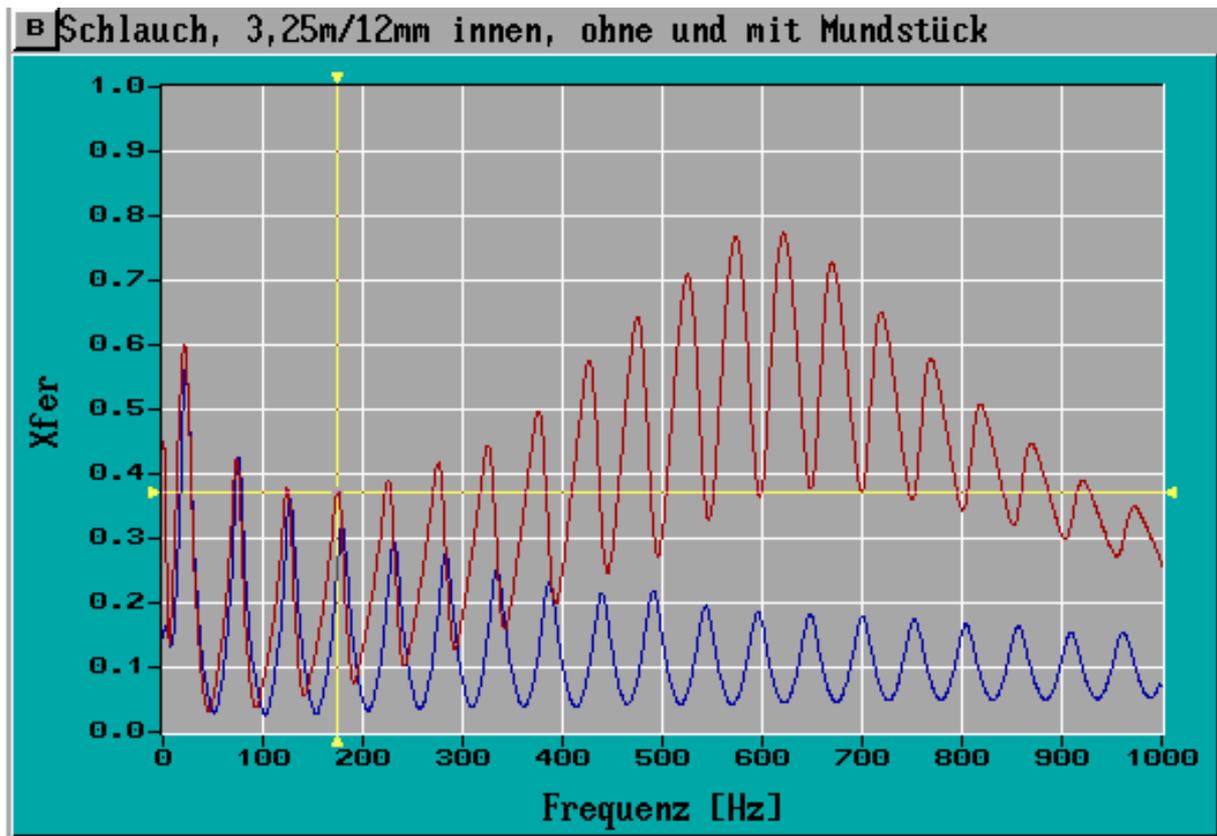


Abb. 2: Resonanzkurve eines Schlauches ohne (blau) und mit (rot) Mundstück

deren Wirkung mit steigender Frequenz abnehmen. Stecken wir nun ein Mundstück mit einer Resonanzfrequenz im Bereich von 600 Hz auf diesen Schlauch, dann verändert sich die Resonanzkurve derart, daß die Resonanzen in dem Bereich um die Mundstücksresonanz herum sowohl in ihren Amplituden als auch in ihrer Resonanzwirkung (Abstand von Maxima zu Minima) ansteigen. Hierdurch erhält der Klang des Instrumentes (hier Schlauch) einen deutlichen Formanten, also einen klangprägenden Bereich um 600 Hz herum. Auf diese Weise bestimmt die tiefste Resonanz eines Mundstückes den Klangcharakter des Instrumentes. Ein Mundstück mit höherer Resonanzfrequenz verleiht dem Instrument eine hellere, schärfere Klangfarbe als ein solches mit tieferer Resonanz. Steckt man ein Trompetenmundstück auf eine Posaune, so nähert sich deren Klangfarbe der der Trompete an!

Wie man aus Abb. 2 auch erkennen kann, verändert das Mundstück die Lage der Einzelresonanzen des Instrumentes, d.h. die Stimmung wird durch die tiefs-

te Resonanzfrequenz des Mundstückes maßgeblich beeinflusst. Wie groß dieser Einfluß ist, kann anhand der beiden Abbildungen 3 und 4 gezeigt werden. Hier sind die Meßergebnisse für die Intonationsänderung eines Blechblasinstrumentes wiedergegeben, die sich durch Variation des Kesselvolumens bzw. des Bohrungsdurchmessers resultieren. Der Kessel ist hier durch seine Nachgiebigkeit  $N$  des Volumens (Ausgangszustand  $N_0$ ), und die Bohrungsmasse  $M$  (Ausgangszustand  $M_0$ ) gekennzeichnet.  $N=0,5 N_0$  bedeutet das halbe Ausgangsvolumen,  $M=0,5 M_0$  jedoch doppelter Bohrungsdurchmesser!

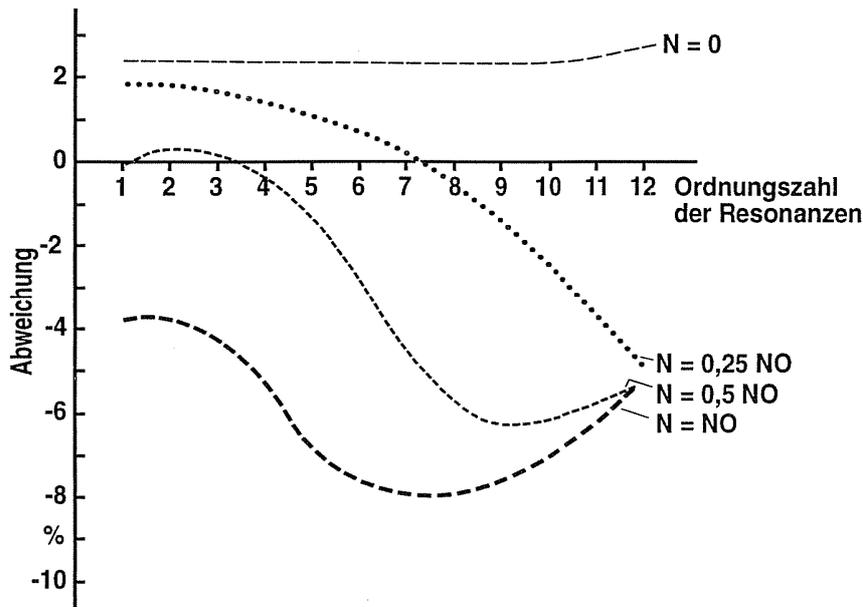


Abb. 3: Resonanzverschiebung durch ein Mundstück mit verschiedenen Kesselvolumina

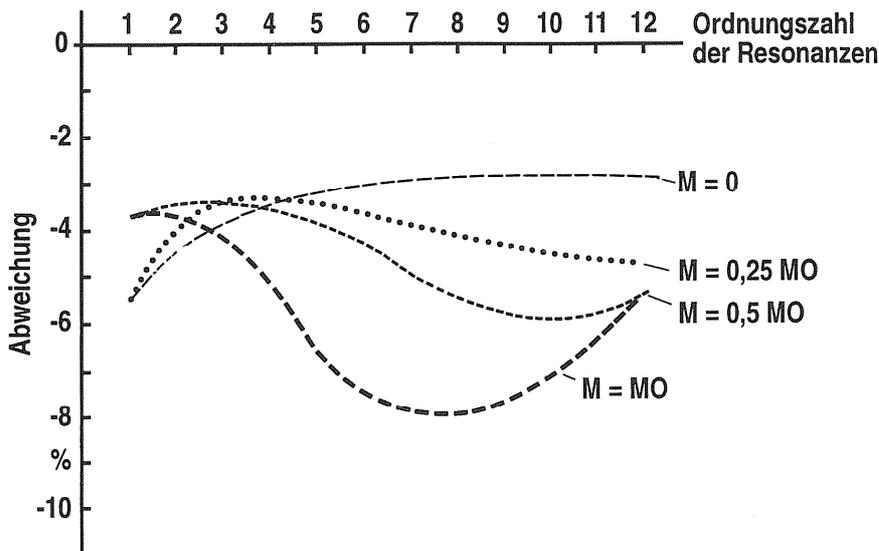


Abb. 4: Resonanzverschiebung durch ein Mundstück mit verschiedenen Bohrungsmaßen

Aus der großen Ähnlichkeit der verschiedenen Kurven erkennt man, auf welche Art und Weise ein Mundstück verändert werden kann, um ein bestimmtes, für den Bläser individuelles Ergebnis zu erreichen. Hat z.B. der Hersteller eines Blechblasinstrumentes ein Mundstück bestimmter Abmessungen dem Instrument beigelegt, so kann man davon ausgehen, daß die Intonation des Instrumentes mit diesem Mundstück die geringsten Fehler aufweist. Leider kommt aber nicht jeder Bläser mit genau diesem Mundstück zurecht; oftmals verwendet der Bläser seit längerem ein Mundstück anderer Bauart, und es erhebt sich die Frage, wie das verwendete Mundstück in seinen akustischen Eigenschaften dem vom Hersteller empfohlenen Mundstück angepaßt werden kann. Das ist im allgemeinen sehr einfach und auf folgende Weise zu erreichen.

Für ein angenehmes Spielgefühl ist vor allem der Randedurchmesser und die Randform von Bedeutung; diese beiden Parameter sollten nicht verändert werden. Da es wichtig ist, daß das eigene Mundstück die gleiche Helmholtzresonanz erhält wie das Referenzmundstück müssen nun entweder das Kesselvolumen oder der Bohrungsdurchmesser verändert werden. Aus den Abbildungen 3 und 4 erkennt man, daß die Verkleinerung der Kesselgröße eine Anhebung der Resonanzfrequenz bewirkt, während eine Verringerung des Bohrungsdurchmessers die Resonanzfrequenz absenkt. In gewisser Weise kann man deshalb die Resonanzfrequenz konstant halten, indem man bei z.B. Vergrößerung des Kesselvolumens gleichzeitig die Bohrung vergrößert.

Das Mundstück kann auch als einfaches Rohr angesehen werden, das aber einen nicht konstanten Rohrdurchmesser aufweist. Vom Mundstücksrand ausgehend verläuft der Durchmesser zunächst fast zylindrisch, nimmt dann aber mit Annäherung an die Bohrung ab. Hier bleibt der Durchmesser wieder auf einer kleinen Strecke nahezu konstant und erweitert sich anschließend bis auf das Maß des Mundrohres. Durch diesen Durchmesserlauf verhält sich das Mundstück nicht wie ein zylindrisches Rohr von der üblichen Mundstückslänge von 8 cm, sondern es verändert seine effektive (wirksame) Länge mit der Frequenz. Bei tiefen Frequenzen verhält sich das Mundstück wie ein Rohr, das kürzer ist als das Mundstück; mit steigender Frequenz nimmt die effektive Länge stetig zu und erreicht im Bereich der 10. Resonanz sein Maximum, um danach wieder leicht abzufallen.

Diese Zusammenhänge sind in Abb. 5 wiedergegeben. Gleichzeitig sind die effektiven Längen des Mundstückes aufgetragen, die sich ergeben, wenn man das Kesselvolumen und die Bohrung derart verändert, daß die tiefste Resonanzfrequenz des Mundstückes erhalten bleibt.

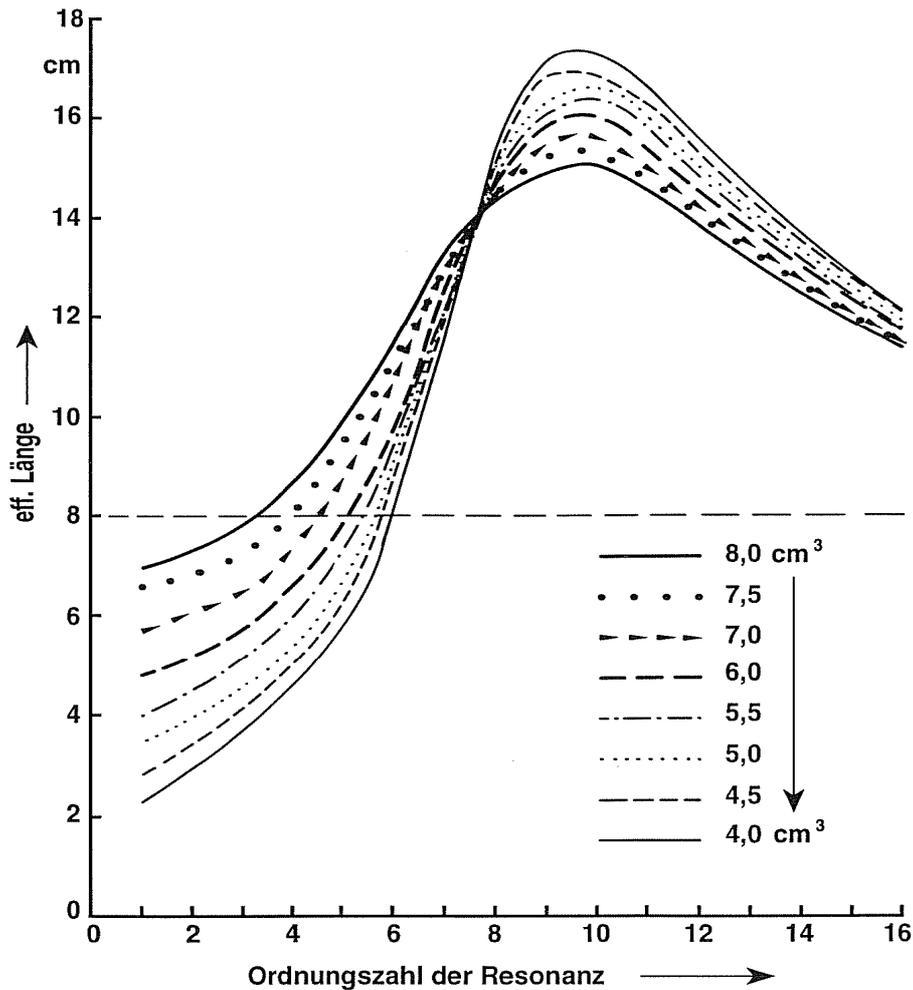


Abb. 5: Effektive Resonanzlänge eines Mundstückes bei verschiedenen Kesselgrößen aber gleicher 1. Resonanzfrequenz (reale Länge = 8 cm)

### c. Zusammenfassung der wichtigsten Parameter

1. Helmholtzresonanz: Diese Resonanz wird durch die Kesselgröße sowie die Bohrungsmaße bestimmt. Sie hat einen direkten Einfluß auf die Intonation und die Klangfarbe des Instrumentes.
2. Kesselvolumen: Das Luftpolster im Kessel wirkt wie eine Feder und beeinflusst die Schwingfähigkeit der Lippen. Je größer der Kessel desto größer fällt die Gestaltungsmöglichkeit des Tones aus, was sich positiv auf die Klangfarbe und das -volumen auswirkt. Für die hohe Lage ist jedoch eine höhere Lippenkraft erforderlich als bei kleineren Kesseln.
3. Bohrungsmaß: Die in der Bohrung befindliche Luft wirkt wie ein träger Pfropfen, der dem Schall eine Gegenkraft entgegensetzt. Außerdem bestimmt der Bohrungsdurchmesser die Helmholtzresonanz des Mundstückes. Je größer die Bohrung gewählt wird, desto leichter spricht das Instrument im Diskant an, desto rauher wird aber auch die Klangfarbe.
4. Kesselform: Die Form des Kessels bestimmt die Ansprache sowie die Klangfarbe des Instrumentes. Ein apfelförmiger Kessel (Eierbecher) verleiht dem Klang eine größere Helligkeit und Schärfe als ein birnenförmiger. Historische

Mundstücke hatten oftmals die Apfelform, um die Klangfarbe „schön“ hell wirken zu lassen.

5. Randform: Die Form des Mundstücksrandes hat keinen Einfluß auf irgendwelche akustischen Eigenschaften des Instrumentes, wohl aber auf die Schwingfähigkeit der Bläserlippen. Da diese aber individuell verschieden sind, gibt es keine allgemeingültigen Qualitätszuordnungen für die Randform!
6. Stengel- oder Hinterbohrung: Dieser Übergang von der Mundstücksbohrung zum Mundrohr kann in seinem Konus sowohl linear als auch parabolisch oder nach einer anderen mathematischen Funktion verlaufen. Untersuchungen an historischen Trompetenmundstücken haben ergeben, daß die günstigste Form die des linearen Konus ist, da sie die beste Tonstabilität liefert.

Literatur:

| 1 | : <http://www.wokustik.de/messko-grundlagen.pdf>

| 2 | : Wogram, K.: Die Bedeutung des Mundstückes bei Blechblasinstrumenten  
(siehe [www.wokustik.de](http://www.wokustik.de))

| 3 | : Wogram, K.: Die akustische Bedeutung des Mundstückes bei Naturtrompeten. (siehe [www.wokustik.de](http://www.wokustik.de))