Stimmung und Intonation bei Blechblasinstrumenten

Mensuränderungen und deren Auswirkung bei Trompeten.

Teil 2F: Mundrohre als verbindende Elemente, Leadpipe Design & Valve Bore Size

Projektstand per 24.11.2024, Revision 20.0

Die jeweils aktuelle Version dieses Dokuments finden Sie auf der Projektseite:
http://www.preisl.at/brassissima/

Begleitende Dokumentation zum Projekt / Thema.
Development, Work, Calculation and Copyright:

brassissima
The fantastic world of Brass Instruments

(="Brass Instrument Scanning System – Impedance Measurements & Analysis")

Hermann Preisl

Altwaidhofen 45
3830 Waidhofen/Thaya, Austria

brassissima@preisl.at

P.S.: Wer systematische Fehler, Schwachsinn oder falsche Behauptungen findet:

Bitte diese **nicht !!** behalten,
sondern bitte um kurze Info an mich, das hilft mir sehr weiter, danke!

Mundrohre als verbindende, korrigierende und gestaltende Elemente: 3
Konventionelle Mundrohre bei Bb-Trompeten, Kornetts und Flügelhörnern 4
Mundstück + nur 1 Zylinder: Wie diese (miteinander) wirken – Modematching: 5
Mundstück und Mundrohre - Bore-Size-Steps verschieben: 6
Mundstück und Mundrohre Bore-Size-Step aufteilen = 2 Steps + 1 Zwischengröße: 6
Kombination Mundstück und „Wave-Guides"; Konisches Frustum + Zylinder 8
Versuch „K" - Kurze linear konische Mundrohre in Bb 9
Zwischenvergleich - kurze Mundrohr-Varianten: 10
Versuch „L" – Längere linear konische Leadpipes in Bb 11
Mundrohre mit absichtlichen Bore-Steps = Stufen 12
Gegenüberstellung Mundstück+ linear konische oder gestufte Mundrohre + Zylinder: 13
Gene Pilczuk Accusonic © Leadpipe Patent 1985 unter der Lupe 14

Ein neues Mundrohr Konzept Serie K11-3BS – Entwicklung und Design: 16
Ausgangslage und Ergebnisse lokaler Perturbationen an Trompeten Mundrohren: 16
Bore-Steps verhalten sich anders als lokale Perturbationen – Single Bore-Step 17
Druckbäuche und Flußbäuche im Mundrohr, Single Bore-Steps gezielt platzieren 18
2 Segmente, Steigung und Single Step-Höhe daraus 19
Step Splitting – Das Grundkonzept, Fixierung der Mundstück Popping Frequenz 20
Step #1, Höhe entscheidet über Änderungspotential 22
Abstände der beiden Boresteps entscheiden das Korrektur Potential Mode 7 + Mode 9 24
Ändern des Perturbationszentrums und Form Step 2 erlaubt eine individuelle Feinjustierung 26
Eine Perturbation am Mundrohrbeginn ergibt einen 3. Bore-Step + Overall-Kontrolle 27
Unterschiedliche Formen können sich im Spielbereich akustisch gleich verhalten 29
Mittelwerte in der Geometrie ergeben auch akustische Mittelwerte bei den Abweichungen 30
Ein stufenloser, zentrierter kürzer Konus mit höherer Steigung liefert das maximale Potential 30
Das Potential kurzer Mundrohre, Zusammenfassung 31

Stimmvorrichtungen – Stimmzüge, Stimmzugbögen, Positionen 32
Kurze Mundrohre, Teleskop, Kluppenzug 32
Stimmzugbögen und Gaps an traditionellen Positionen 33

Brass Clinics, Meinungen und Erfahrungen von Reynold Schilke 34
Dr. Richard Smith, Mundrohre, Schallbecher, Boresize – Der Bezug zum Bläser 34
Smith, Schallbecher – Material, Wandstärke, mechanische / parasitäre ? Schwingungen 35

Die Krümmungen der Steigungen F''(x) im Mundrohr - vs. Perturbationen und Boresteps 36
Alle Rohrteile an Blasinstrumenten sind nicht anderes als (viele kleine) Boresteps 38

Lange Mundrohre und ihre besonderen Eigenarten
Längere Mundrohre vs. kurze Mundrohren, Perinet-Valves vs. Rotary-Valves 38
Einzelne konische Segmente als Mundrohre in Verbindung mit größerer Boresize 40
Korrekturversuche der MPC Equ. Länge bei langen Mundrohren 42
Es braucht keine Steps, es braucht nur passende Steigungen am richtigen Ort 43
Mittelwerte in der Geometrie ergeben auch akustische Mittelwerte bei den Abweichungen 43

Eine neue Trompeten Leadpipe, Konzept Serie T22-3S – Entwicklung und Design: 44
Imaginäre Steps sind ein erster Lösungsansatz für 3 passende Segmente und Steigungen 44
Möglichkeiten durch Anpassungen – Segment A + Segment B: 45
Möglichkeiten Anpassung – Segment C, Tuning Slide Gaps, Boresize: 46

Akustische Effekte, die nicht von der Mundrohrlänge und Form abhängen:
Änderungen durch einen Schallbecher 48
Unterschiede durch geringfügig andere Main Bore Size 48
Effekte durch geringfügig abgeänderte äqivalente Längen des Mundstücks 49
Der Bläser verursacht in der Praxis selbst unterschiedliche MPC-Equiv. Längen 49

Zusammenfassung Mundrohr Konzepte 50

Mundrohre als verbindendes, korrigierendes und gestaltendes Element:

In den folgenden Versuchen wird ersichtlich, daß die akustisch wirksamen Längen eines klassischen Kesselmundstücks bestehend aus Kessel, Seele und Hinterbohrung in Kombination mit Rohren nicht besonders kompatibel sind. Das Hauptproblem sind die Wellenlängen unter, aber speziell kurz oberhalb der höchsten Impedanzmagnitude des Mundstücks ohne Rohr = 1. Mundstückresonanz / Popping Frequenz. Die genaue ~ Form hängt von den Mundstückproportionen ab, ist aber bei jedem Mundstück vorhanden.

Dies verursacht die allgemein bekannten Stimmungsprobleme: Töne oberhalb C3 zu tief (Mode 9,10) oft C3 selbst zu tief, Mode 6 (G2) oftmals zu hoch. Wir betrachten aktuell nur ein Instrument ohne Ventile, ohne Schallbecher. Diese vorgegebene ~ (Inharmonizität) kann durch einen Schallbecher nicht korrigiert werden. Dieser wird neben Modematching Effekten (tiefere Frequ. betroffen) tiefere Frequenzen stark anheben, höhere wenig; die Stürze selbst wird hohe Frequezen vertiefen, aber auch die bereits zu tiefen (Modes 9,10).

Wenn man weiß, wo das Problem genau liegt – wie in diesem Fall im Mundstück selbst, dann sollte man das Problem idealerweise auch dort korrigieren, siehe z.B. Cardwell Multiple Resonator Device, etc. Dies wäre allerdings dennoch mit einem größeren Re-Design aller anderen Komponenten (auch Mundrohr) verbunden.

Wir sind dadurch in einer akustischen Sackgasse, und für den Weg aus dieser Gasse müssen Lösungen gesucht, Haare gelassen und Kompromisse eingegangen werden.

1. Ein Instrument soll mit verschiedenen (konventionellen) Mundstücken brauchbar sein. Diese geben eine Standardlänge und (auch in etwas Enddurchmesser) vor. Detto anhand des Schaftes eine Eintauchtiefe in den Mundstück-Receiver und somit eine MPC Gap Länge.

2. Es muß auf die eine oder andere Weise der Durchmesser auf die Boresize Größe erweitert werden.

3. Das Instrument muß stimmbar sein. Entweder in Form konventioneller Stimmzüge mit ihren Stimmzug-Gaps die dadurch enstehen oder größer/kleiner werden oder mit Belltuning (1 Gap),
oder mit Kluppenzug (1 starker Gap oder Borestep bei Teleskop Bauweise). Alle haben Vor+Nachteile.

3. Soll das Instrument als High-Note /Lead gebaut sein, oder besondere Klangeigenschaften haben, solle es „wie auf Schienen“ als Anfängerinstrument konzipiert sein oder soll es besonders „frei“ und beweglich sein?

Alle diese Wünsche sollen durch ein „Mundrohr“ möglich werden. Es soll einerseits die Längenfehler des Mundstücks möglichst gut kompensieren, gleichzeitig die Resonanzmagnituden passend anheben + die notwendige Durchmessererweiterung muß gemeistert werden. Eine sehr große Herausforderung also!

Ich muß zudem innehalten:

Man muß unterscheiden ob eine vorhandene Konfiguration / Mundrohr abgeändert oder ersetzt werden soll oder ob es sich tatsächlich um ein Design handeln soll wo die restlichen Komponenten dann (speziell Schallbecher) dann an das Mundrohr angepasst werden können. Zweiteres ist vermutlich meist nicht möglich und so wird es üblicherweise bei dem Kompromiß bleiben, ein vorgefertigtes Mundrohr mit anderen vorgefertigten Teilen auszuwählen, so wie es in heutiger Zeit günstigstenfalls möglich ist.

Die wenigsten Leser werden selbst ein Instrument bauen können. Die wenigsten werden einen Schallbecher selbst in den notwendigen oder gewünschten Dimensionen bauen können. Auch wenn dies möglich wäre, so ist es ein wirtschaftlich kostenintesiver Faktor. Auch wenn 3D-Druckverfahren immer mehr Gestaltungs-möglichkeiten bieten, würde es nie bei einem ersten Versuch bleiben können und es müsste in jedem Fall ein Punkt gefunden werden, ab dem man mit einer gefundenen „Kompromisslösung“ dann sehr zufrieden ist.

Das selbe gilt auch für Mundrohre. Es macht daher keinen Sinn jetzt zu versuchen ein „ideales“ Mundrohr zu definieren, es kann nicht ideal sein solange die anderen Komponenten nicht angepasst werden können oder sollen. Das Kapitel Mundrohre muß daher an einem Punkt enden wo die restlichen Komponenten, im spez. Fall „Schallbecher“ nicht bekannt sind. Es soll aufzeigen welche Maßnahmen und Änderungen diese Effekte und Konsequenzen hervorrufen, wo die Grenzen sind und welche Kompromisse notwendig sind.

Ein Mundrohr kann keine Wunder wirken. Es kann ansonsten gut konzipierte Instrumente „anders“ machen, es kann diese „verstümmeln“ oder „besonders“ machen. Schlechte Restkonzepte bleiben aber schlecht!

Konventionelle Mundrohre bei Bb-Trompeten, Kornetts und Flügelhörnern

Kurze Mundrohre bei Drehventiltrompeten, deutsche Bauart in Bb:
Länge üblich bei Bb-Trp und Flügelhörnern : 100 -130 mm = max. ~10% der Rohrlänge o Mundstück
Venturi = Engstelle 9-10mm Enddurchmesser 10-11mm Boresize zyl. 10,9-11,3mm; Flh. teils <10,4mm

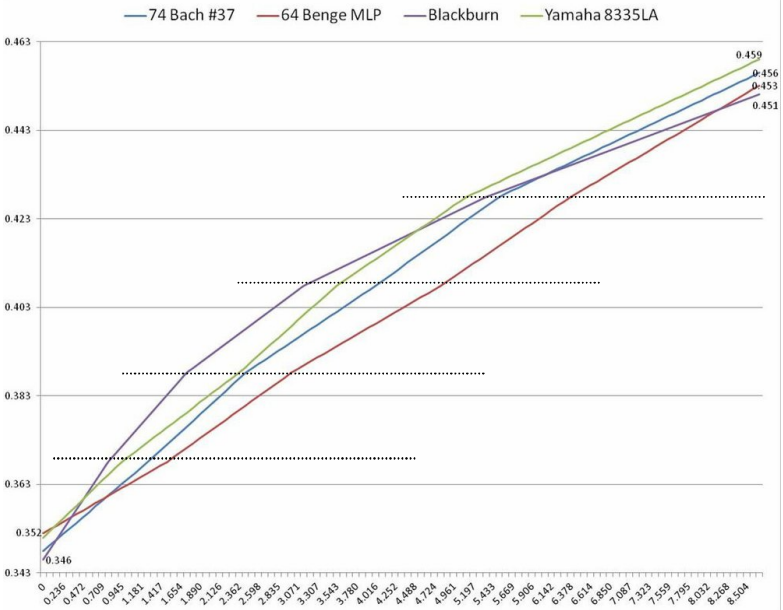
Oft sind solche Rohre nicht, oder nur angedeutet konisch, dafür aber mit Durchmessersprüngen, meist am Venturi und am Mundrohrende. Mundrohre auf Drehventil Trompeten sollen ihre Funktion auf nur ~ der halben Länge im Vergleich zu Perinet-Trompeten erfüllen. Auf A/Bb-Piccolo Instrumenten sind ein Großteil des Mundrohres und die Ventildurchgänge (+ Ventilschleifen) die einzigen ~„zylindrischen“ Rohranteile!

Mundrohre können bei Trompeten fix verbaut sein, wechselbar oder in Form eines Kluppenzuges. Hier bildet das Ende die Stimmzugfunktion, es muß also hier beim restlichen akustischen Design ein Gap berücksichtigt werden, der vorhanden ist bzw. länger/kürzer wird. Bei Flügelhörnern und Piccolotrompeten ist letzeres üblich. Man kann das auch bei Drehventiltrompeten machen, Vor- u. Nachteile müssen abgewogen werden.

Vorteile sind: Wechselbar, nur 1 Gap, dafür keine Stimmzug-Gaps, der „Stimmzug“ hat sofern dann meist nicht vorhanden nur noch eine „Wartungsfunktion“ und gibt „Masse“, das Mundrohr ist leicht zu reinigen.
Nachteile sind: In einer Standardbauart ergibt sich ein „heftiger“ Gap genau vor dem 1. Ventil. Dieser kann nicht vollständig kompensiert werden. In einer „Teleskop-Bauart“ kann der Gap allerdings beseitigt werden und es bleibt ein „Borejump“ vor den Ventilen, welcher auch bei fix verbauten Mundrohren nicht unüblich ist. Siehe Teil 6 meiner Arbeit „Perturbations“ in Bezug auf die Position von Tuning-„Gaps“ und folgende Kapitel.

Längere Leadpipes bei amerikanischen „Jazztrompeten“ / französischer Bauart mit Perinetventilen in Bb:
Länge üblich bei Bb-Trp.: 8,63“ = 219,2mm - 8,75“ = 222 mm, manche Benge: 9,125“ = 231,8 mm
Venturi = kleiner Beginn: 0,346“ = 8,8mm - 0,352“ = 8,9mm *(es gibt auch viel kleinere und größere :)*
Enddurchmesser Größen: 0,451“ = 11,5mm - 0,459“ = 11,7mm -„-

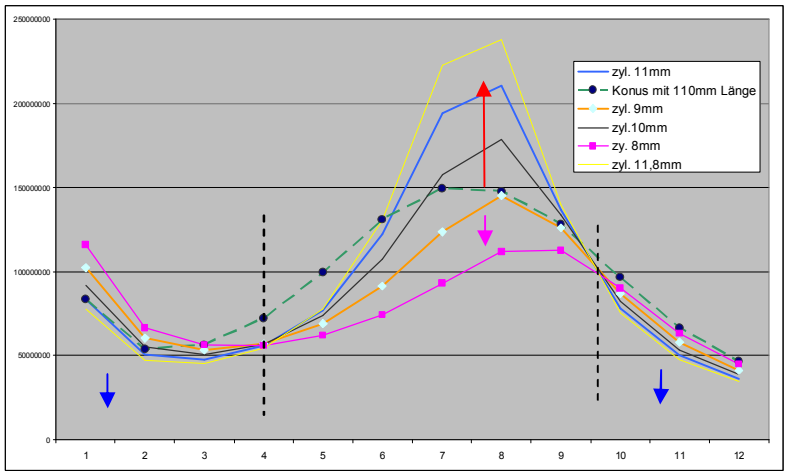
Kornett Leadpipes haben geringere Venturi Abmessungen, weil Mundstück viel kürzer + somit enger.
Mundrohre an Perinet Flügelhörnen sind oftmals auch enger mensuriert, hier gibt es aber große Vielfalt!



Diese Grafik ist dem Internet entnommen. Die gezeigten Innendurchmesser an den gestrichelten Linien wurden offensichtlich mit Proben (Bohrer) ermittelt, die jeweils ~0,5mm kleiner waren. Diese 5 Messpunkte + 2 Endpunkte mit Calliper ermittelt dann linear (konisch) miteinander verbunden, um an diese rudimentäre Grafik zu kommen. D. h. die tatsächlichen, exakten Formen weichen in jedem Fall runder ab (-> bauchiger)! Diese Skizze ist sehr ungenau, aber für grundsätzlichen Vergleichszwecke vorerst ausreichend.
Keines der gezeigten Profile löst das MPC-Equiv. Längenproblem oberhalb der MPC Popp Freq. effizient!

Alle folgenden Tests und Versuche wurden mit einem zyl. Rohr in Bore-Size durchgeführt. Dieses ersetzt auch den Schallbecher! Eine Gesamtlänge inkl. Mundstück 1350mm, (ohne Mundstück und Gap 1260mm) ergibt equival. Fundamental Pitch Frequenzen Mode 8 ~ 117 Hz, was einer Stimmung in klingend Bb entspricht. Die phys. Mundstücklänge ist 88mm + 2mm Gap = 90mm

Mundstück + nur 1 Zylinder: Wie diese (miteinander) wirken = Modematching:

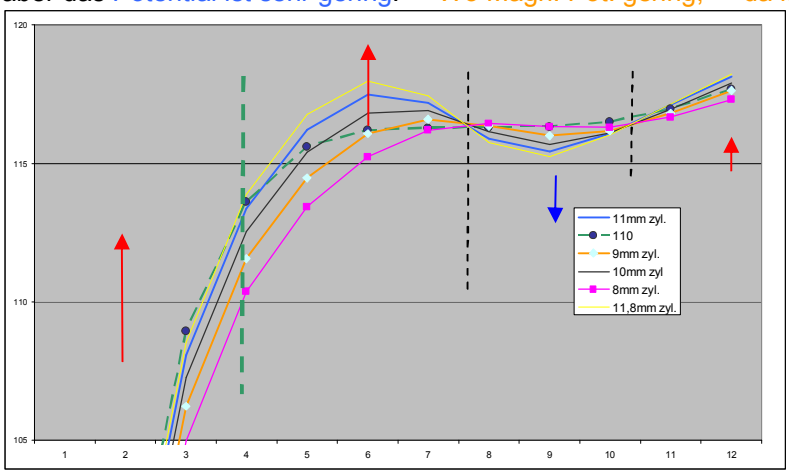


Die Magnituden um die Mundstück Popping Popping **fallen** mit kleinerem Querschnitt. Das Mundstückende hat Dia 8,9mm. Ein plötzlicher „nur" 9mm Zylinder ist kein „Bore-step", aber ein negativer Sprung in der Funktion F(x)! ¼ WL der MPC Popp. Frequenz = (Speed/Frequenz)*100/4 = ~ 10cm. ½ **WL=20cm**, ¼ WL Mode 4=18,4cm 1/1WL=40cm, ¼ WL Mode 2=36,8cm Das Mundstück beginnt physisch erst ~1,2cm nach seinem 1. Druckbauch! Der Step ist hier nahe an Druckknoten von (¼WL) Mode7: 10,3cm und Mode8: 9,2cm (mit A1=442 Hz, ET)

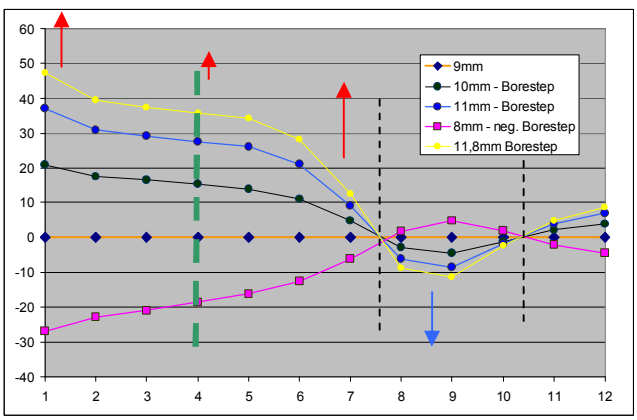
Bore-Steps platziert an Druckbäuchen und Flußbäuchen haben kaum Pitch-Potential = sind Pitch-Nodes, dafür aber maximales Magnitudenpotential. (Je weiter davon entfernt, desto weniger Magnituden-Potential.)

Bore-Step am Flußbauch Mpc 1st „Popp." Freq. + nahe Flußbäuche der Resonanzmodes hier Mode 7+8: Keine lokale Streckung, keine geänderte Resonanzfrequenz aber massive 2-Teilung der Druckverhältnisse. Input Peak Magnitude der Modes stark erhöht. *(Bei negativem Borejump umgekehrt –> stark erniedrigt.)*

Bore-Step (nahe an) Druckbäuchen der Modes: Mode #1+2 anhand WL + Modes ~10-12 sind sehr nahe! Keine lokale Streckung, keine geänderte Resonanzfrequenz, Magnitudenpotential erniedrigend, aber das Potential ist sehr gering. -> Wo Magn. Pot. gering; -> da ist meist viel Pitch Pot.!



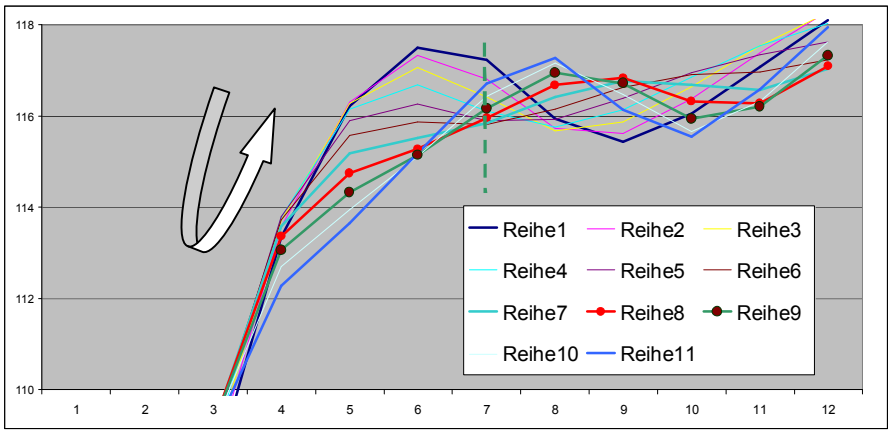
Boresteps zwischen max. Druck-Potential: Von Druckbauch -> Druckknoten: lokal Streckung =global Verkürzung; Freq. höher.
Von Druckknoten-> Druckbauch: lokal Stauchung =global Verlängerung, Freq. tiefer.



Das Mundstück ändert seine akustische wirksame Länge mit der Frequenz. Der größte Längenzuwachs ist etwas oberhalb der MPC Popp. Freq., hier bei > Mode 9. An seiner Popp. Freq. hat es eine ~ akustische Länge, die ein Zylinder **mit selbem Volumen und selbem Enddurchmesser** hätte. Diese ändert sich aber durch den „Bore-Step"! Ein äquivalenter Zylinder hat bei tiefen Frequenzen eine Länge = **Volumen** / Querschnittfläche, daß dem Gesamtvolumen des Resonators entspricht. Für tiefere Frequenzen wirkt er zunehmend akustisch kürzer, als er physisch ist. Dadurch wird die äquiv. Zylinderlänge mit höherer Boresize kürzer! Pitch Pot. Wendepunkt ->wo Mpc 1st Mode ~1/2WL!

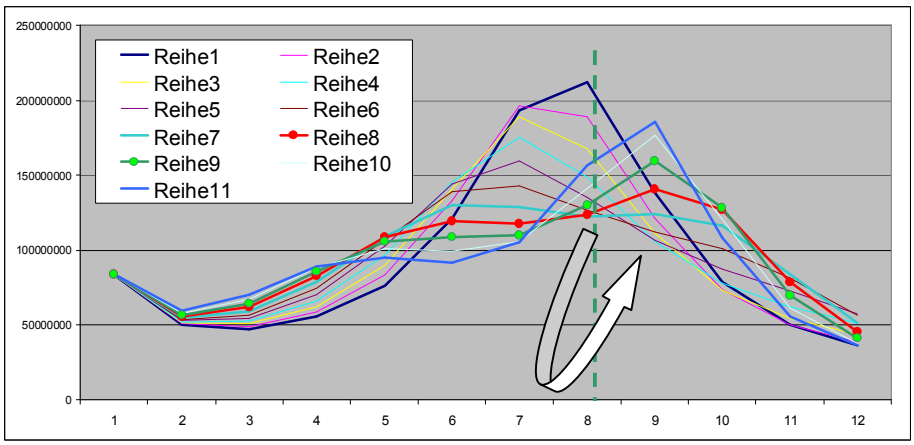
Tiefe Modes werden durch +Boresteps höher. Die max. Längendifferenz erhöht sich allerdings auch!

Mundstück und Mundrohre - Bore-Size-Step im Zylinder verschieben:



MPC 8M9, EFP in Hz. Bei jeder Reihe wurde hier der Boresize-Step beginnend mit Reihe1 = Position 90mm nach Mundstückbeginn um jeweils 11,5mm verschoben, bei Reihe 11 ist der Borestep an Position 205mm. Die Durchmesser Differenz beträgt jeweils 11-9mm =2mm. Die restliche Boresize = 11mm bis TL 1350mm.

Die nicht wünschenswerte „~“ Form der EFP-Hüllkurve verlagert sich über einen flacheren Bereich der Step Position + ~70mm = türkis dann an eine höhere Frequenz am Ende. Hier wäre dann unterhalb Mode 7 alles viel tiefer, Mode 8 vergleichsweise höher, aber höhere Modes bleiben zu tief. *Not what we want!*



Die Impedanzmagnituden nehmen dabei eine Kurvenform an, die normalerweise nicht erwünscht sein kann! Türkis 160mm TL bzw. bei Mundrohrlänge 70mm: MPC 1st Popp. Frequ. Magnituden Pot. wird hier erfolgreich gleichmäßig gestört! Hier ist der effektive 2. Druckbauch-Bereich der MPC Popp. Frequenz+Rohr!

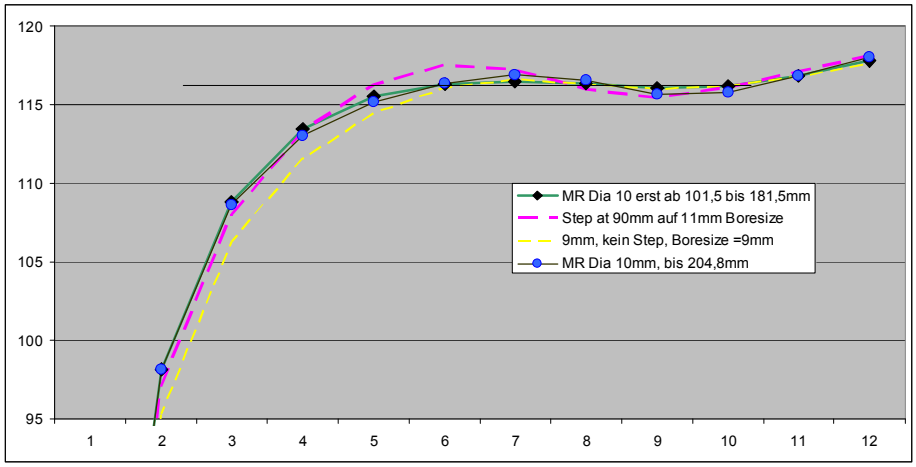
Mundstück und Mundrohre Bore-Size-Step teilen = 2 Steps + 1 Zwischengröße:

Da 1 einzelner, großer Sprung bei einer zylindrischen Geomtrie nicht die gewünschte Lösung bringt, nun die Idee, das Mundrohr in einer Zwischengröße zu machen, größer als das Mundstückende und kleiner aus die Boresize Größe. = 10mm.

Dies gibt dann 2 Steps: 1 Step nahe am Mundstück, ein zweiter Step nahe an der Boresize, welches dann vorerst die eigentliche effektive Länge des (engeren) Mundrohres im Fall der Teleskop-Bauweise ergibt.

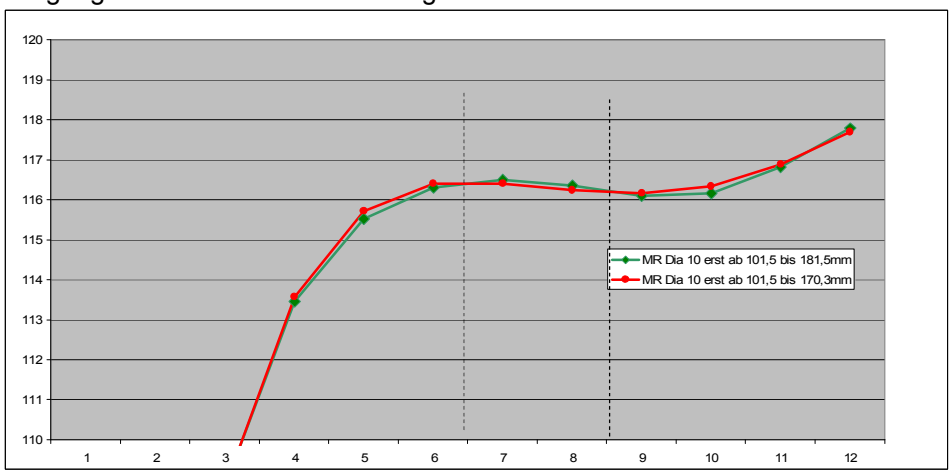
Der 1. Teil Boresize ist dann der Stimmzug-Bereich, es entsteht kein weiterer „Gap“; Der Sprung selbst ist im Design somit bereits berücksichtigt und an einer vorerst schon beabsichtigten Stelle.

Es werden hier Segmentlängen von 11,5mm verwendet, dies ist eine Wellenlänge die ein extrem hohes klingendes Bb hätte, aber auch ~eine hohe WL der Mpc Popp. Frequenz, die nahe klingend Bb2 liegt.
Bei allen Versuchen wurde ein MPC Gap von 2mm Länge beibehalten.

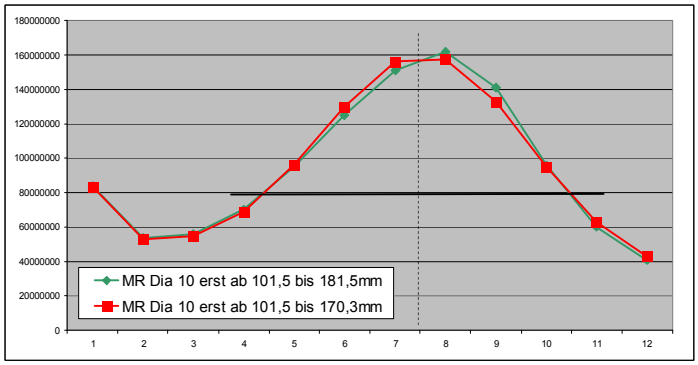


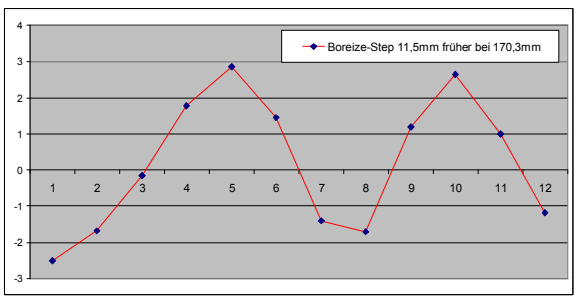
Rosa=MR 11mm, Boresize 11mm mit Boresize-Sprung vs. Gelb = MR+Boresize 9mm ohne Sprung zeigen die Grenzen, Schwarz: Step auf 10mm bei 90mm + Step auf Boresize bei 204,8mm = MR Länge 114mm geht unterhalb der MPC Popp. Freq. in die gewünschte Richtung.

Grün: 11,5mm sind MPC-Bore 9mm, dann Step auf 10mm, bei 181,5mm Step auf Boresize 11mm = Mundrohr eff. Länge 11,5mm mit Dia 9mm + 80mm mit Dia 10mm = 91,5mm. Diese Anordnung ebnet nun auch die Modes oberhalb der MPC Frequenz in die richtige Richtung ein, wenn auch nicht ganz. Es kann als Ausgangsbasis für weitere Änderungen verwendet werden.



Grün siehe oben, Rot: wird der 2. Step auf Boresize um 11,5mm früher vollzogen = MR Länge 80mm, dann kann der Bereich NT 9 + NT 10 nochmals etwas angehoben werden, allerdings steigt Mode 6 bereits stark an. **Die größten Abweichungen von Mode 6- 10 sind 6 Cent!** Da die Equiv. des Schallbechers nicht bekannt ist, kann nicht beurteilt werden, welche dieser beiden Kombinationen „harmonischer“ wäre.





Impedanz Magnituden Kurvenverlauf + Höhen erscheinen günstig; Rechts: Die Abweichung in Cent mit dem kürzeren 9/10mm Mundrohr gegenüber 11,5mm längerem Mundrohr rot zu grün.

Das umgesetzte Konzept lautet: Segmentlängen=eine hohe WL von Bb klingend=Grundstimmung (11,5mm)
Grün: 1 Segment MPC-Bore +7 Segmente MR-Bore = 8 Segmente eff. Mundrohr Länge, dann Valve-Bore
Rot: 1 Segment MPC-Bore +6 Segmente MR-Bore = 7 Segmente eff. Mundrohr Länge, dann Valve-Bore
Die zylindrische Länge mit Dia 10mm liegt bei 7-8 cm; =~¼ WL notiertes Eb3 bzw. längste equiv. L Mpc!

Kombination Mundstück und „Wave-Guides“; Konisches Frustum + Zylinder

Sind die gewünschten äquivalenten Längen mit einem Zylinderkombination nicht zu erreichen, dann könnte das eventuell ein konischer „Waveguide“ bewerkstelligen?

Rückblick: Ein closed-open Frustum erhöht vor allem die unteren Moden stark im Vergleich zum closed-open Zylinder. Die Kombination closed Zylinder + Frustum tut dies großteils auch, aber nur wenn der Längenanteil des Frustum > 90% ist, oder bei ~50% aufgrund von Mode-Matching. Bei Hörnern war der Zylinder an der geschlossenen Seite, das Frustum hat sich dann zum offenen großen Ende hin erweitert.

Bei Mundrohren haben wir einen unterschiedlichen Fall: Das Frustum verjüngt sich Richtung geschlossene Seite. Das große Ende schließt an einen Zylinder an. Die akustischen Auswirkungen und Verhältnisse müssen daher anders sein.

Wird der Start und Enddurchmesser fix gehalten, muß sich durch eine unterschiedliche Länge des konischen Teils der Öffnungswinkel ändern. Vom extremen 90°, d.h. Anteil nahe 0 was einem Bore-step am Mundstückende gleichkommen würde, bis hin zu einem kleinen Öffnungswinkel, je länger der konische Teil wäre. Bei Blechblasinstrumenten (mit Ausnahme Alphorn u. ä.) kämen aber nur Längenanteile des Konus von weit unter 30% (üblich sind 8-20%) in Betracht. (Brassiness, Ventilschleifen).

Bei einer Bb-Trompete deutscher Bauart wären es max. rund 9-13cm zu einer Gesamtlänge von ~126cm ohne Mundstück, unter 10%, bei einem Kornet oder einer Perinet Trompete max. 31cm von 127cm ~ 25%. Die Mundstücklänge wurde bei dieser Betrachtung weggelassen, diese soll auch nur überschlägig sein.

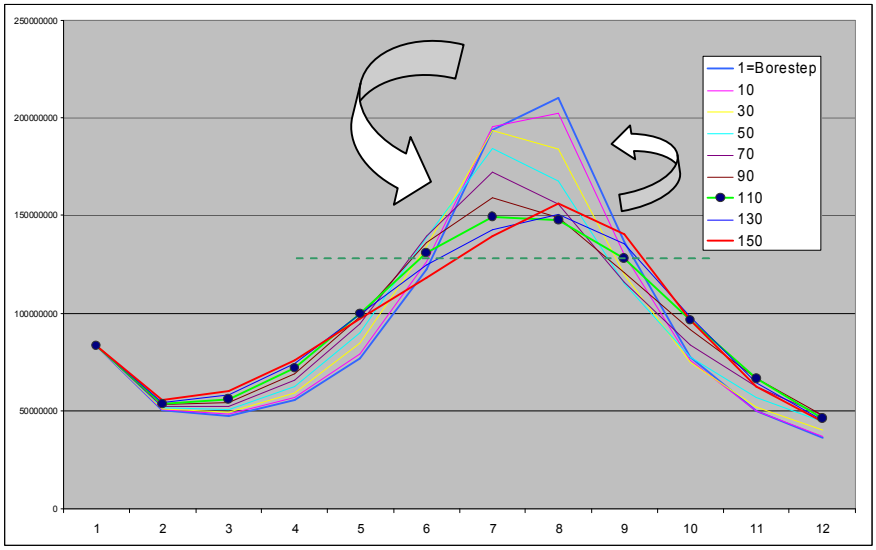
Es macht zudem keinen Sinn dies mit einem bestimmten Bore-Radius zu versuchen.
Kurze Mundrohre verwendet man meist mit einer kleineren Valve-Boresize als längere Mundrohre.

Versuch „K“ soll kurze Mundrohre abbilden, mit einem Valve-Bore Diameter von 11,0 mm,
dies im Anteilsbereich Konus zum Restinstrument ohne Mundstück von **0-12 %.**

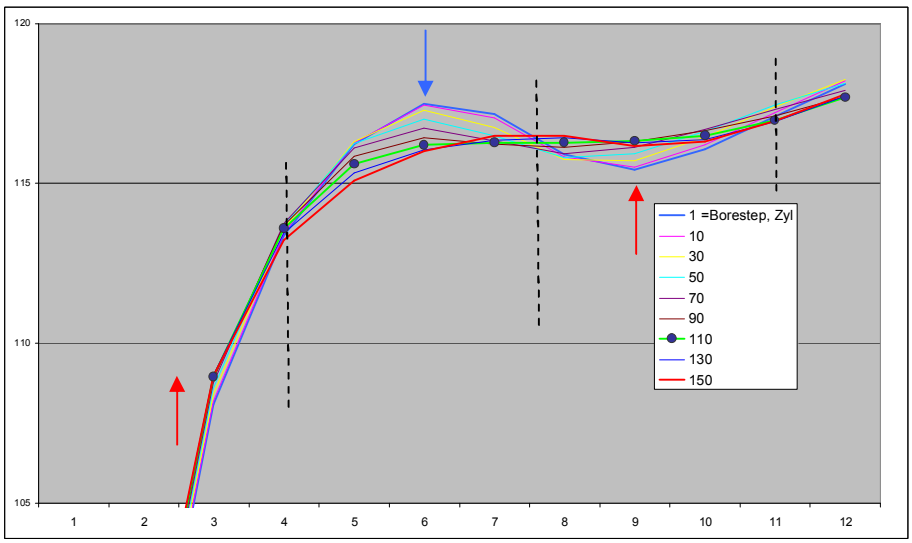
Versuch „L“ soll längere Leadpipes mit einem Valve-Bore Diameter 11,8mm und konischer Anteil **12-24%**.
Da mit Öffnungswinkel 0° zwangsläufig am kleinen Ende der Boresize-Step entsteht, mache ich es mit der Kombination Mundstück 8M9 + 2mm Gap, dann Konusanteil und Restlänge Zylinder anstelle Schallbecher, Gesamtlänge inkl. Mundstück immer 1350mm.

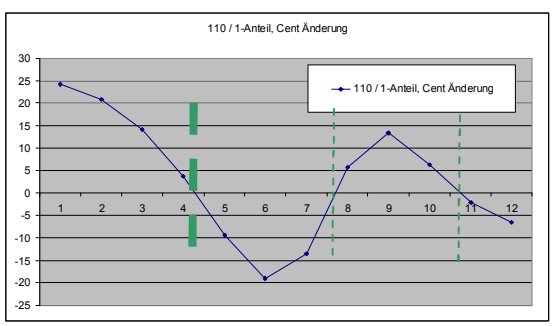
Versuch „K“ - Kurze linear konische Mundrohre in Bb:

Mundstück 8M9, ~2mm Gap, konisches Frustum mit Venturi 9mm auf 11mm Valvebore Diameter.
Anstelle eines Schallbechers ist das zyl. Rohr immer die Restlänge für eine Gesamtlänge von 1350mm.
Das ergibt äquival. Zylinderlängen ~ Mode 8 mit einer EFP um ~117 Hz, = Bb-Stimmung, ART Simulation.



Input Impedanz Peak Magnituden Änderungen, NT 1-12, *1=Borestep = Venturi zylindrisch 11mm*
Die jeweilige Zahl ist die Länge des konischen Anteils in mm. Grün 110mm ~ das praktische Maximum.
Um die MPC-Popping Frequenz (854 Hz) des Mundstückes für sich alleine (zwischen Mode 7+8)
wird das absolute Maximum mit *1=Borestep ohne konischem Anteil* --> mit zunehmendem konischen Anteil
gegen den Uhrzeigersinn gedreht. Der Einfluß der Popp. Freq. sinkt im Zentrum maximal in etwa auf das Niveau das NT8 auch in der Kombination MPC+9mm Zylinder hätte. Mode 6 u. 9 ändern sich (bis zur praktikablen Länge 110mm) am wenigsten, sind quasi Magnituden-„Knoten“, aber die Flanken wachsen stark an.
(Mode 4+5 und Mode 10 + 11). Mode 1+2 sind kaum geändert.



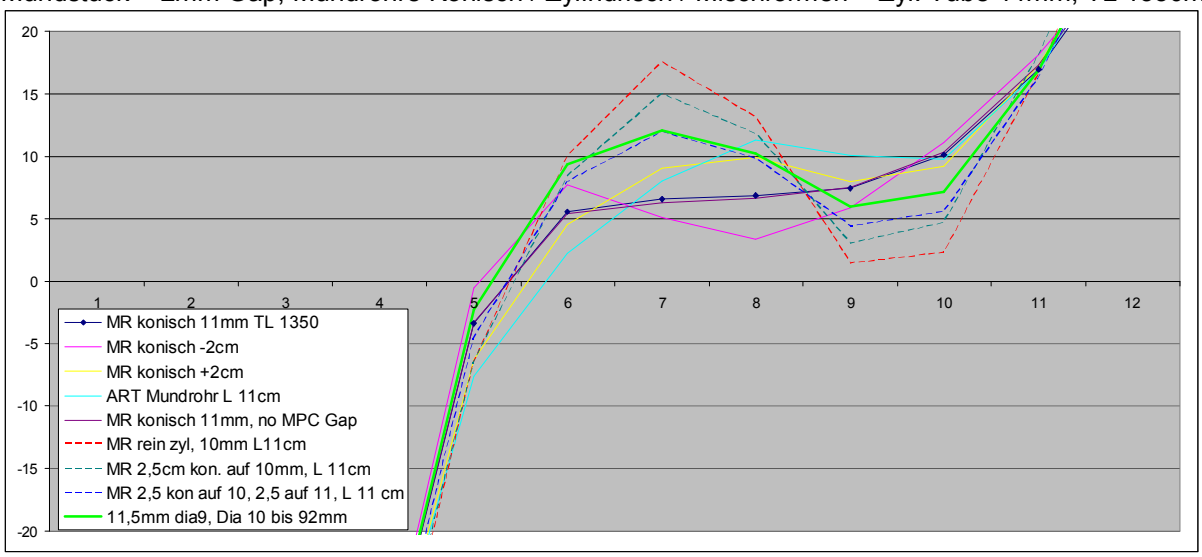


Immer wenn sich Input Magnituden stark verändern, dann sind in diesen Bereichen „Pitch-Nodes“ und dazwischen maximales Pitch-Potential. Die „Z“=~ Form wollen wir nicht, diese wird entschärft, aber auch beim Konus nicht gerade. Ab einem Punk, hier ~ 150mm Anteil bildet sich die ~ Form des Zylinders wieder, allerdings bei höheren Frequenzen.

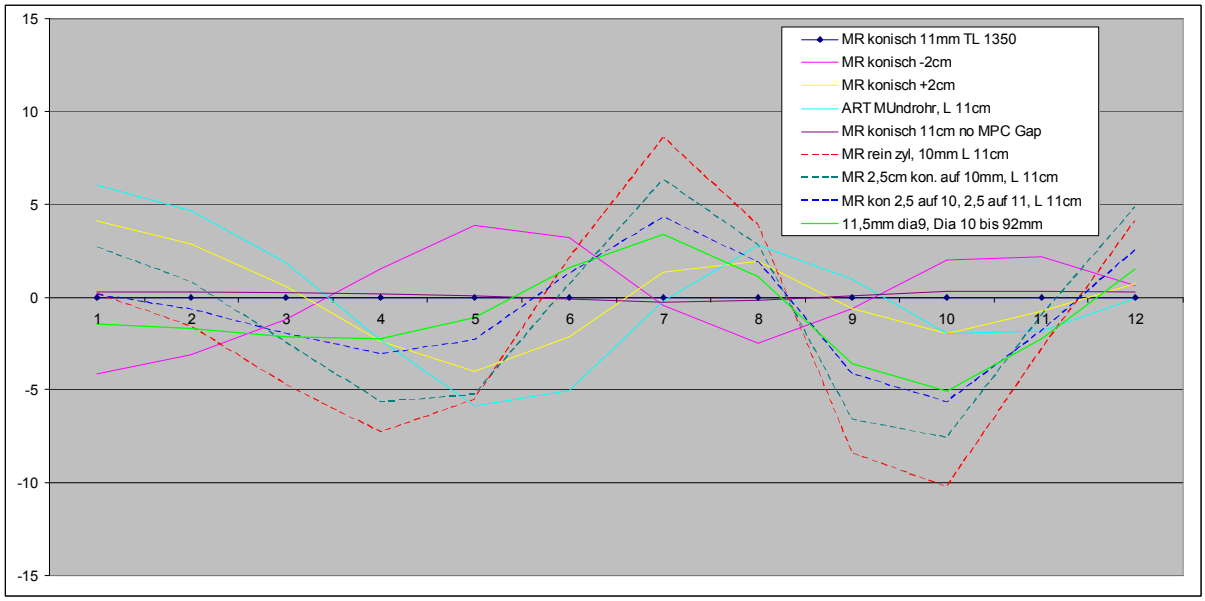
Links: Konischer Anteil 110mm / 1mm Anteil = Änderung in Cent durch das Verjüngen am Beginn durch den Konus.
= max. Pitchänderung einer praktikablen Länge gegen Zyl.

Zwischenvergleich - kurze Mundrohr-Varianten:

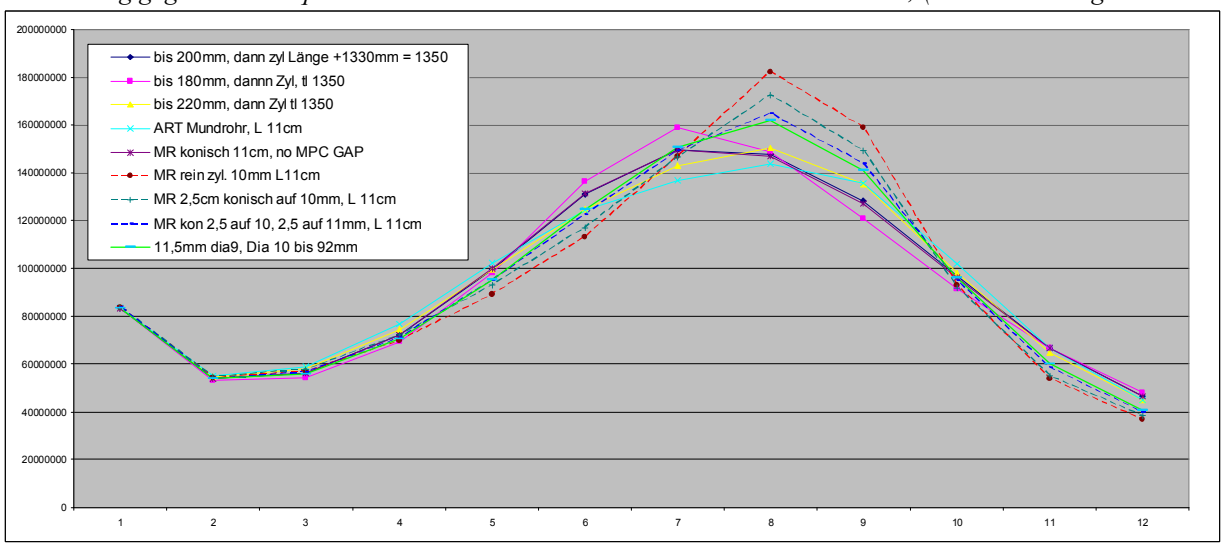
Mundstück + 2mm Gap, Mundrohre Konisch / Zylindrisch / Mischformen + Zyl. Tube 11mm, TL 1350mm



Abweichung Cent zur jeweils eigenen mittleren Stimmung der Modes 4-10 = Inharmonizität



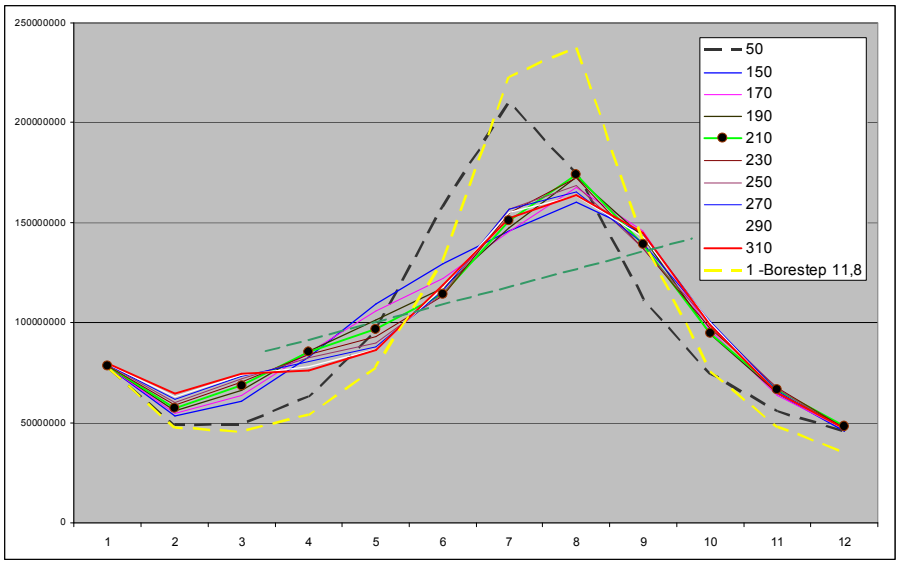
Abweichung gegenüber Frequenzen des konischen Mundrohrs L110mm Dia 9-11mm; (Grundstimmungen variieren)



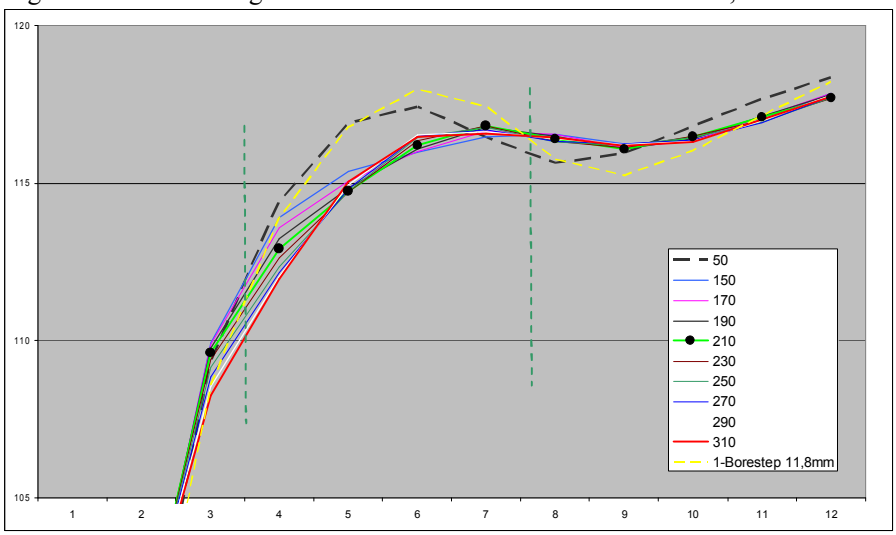
Input Impedanz Magnituden (hier ist ein Tippfehler in der Legende: 200mm +1150mm = 1350mm)

Versuch „L“ – Längere linear konische Leadpipes in Bb:

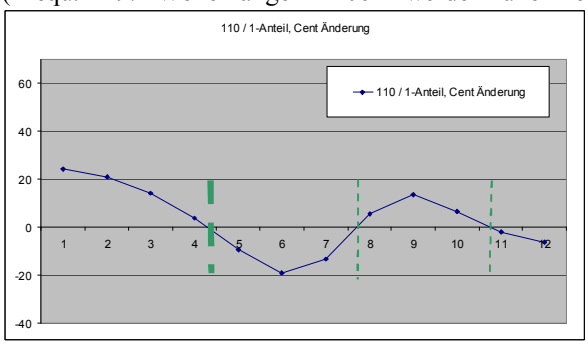
Mundstück 8M9, 2mm Gap, konisches Frustum mit Venturi 9mm auf 11mm Valvebore Diameter.
Anstelle eines Schallbechers ist das zyl. Rohr immer die Restlänge für eine Gesamtlänge von 1350mm.
Das ergibt equival. Zylinderlängen ~ Mode 8 mit einer EFP um ~117 Hz, = Bb-Stimmung, ART Simulation.

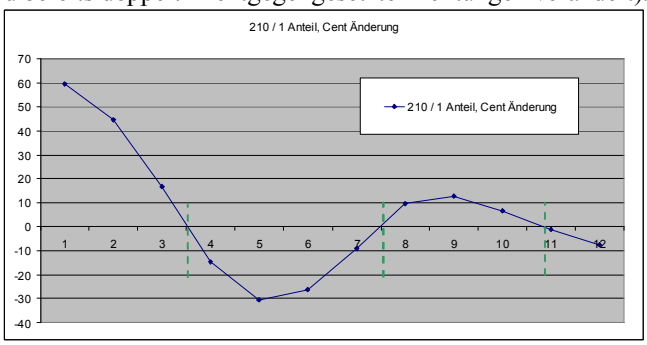


Das Muster des kurzen Konusanteils – vorheriger Versuch „K“ setzt sich fort, Mode 8 Magnitude steigt nun wieder an, ab einer Länge über ~210 mm beginnt Mode 8 allerdings wieder zu fallen. Der untere Knotenpunkt der Magnituden liegt im sinnvollen Längenbereich ~ 210mm nun rund 1 Mode tiefer, Mode 5 und Mode 9.



Impedanz Magn. Nodes liegen bei tieferen Frequenzen, somit hier mehr Pitch Pot, im sinnvollen Längenbereich wird Mode 3 nicht mehr höher, beginnt tiefer zu werden, Mode 4 wird hier bereits vertieft, Mode 9 weniger erhöht.
Die Pitchkurve oberhalb der MPC Popp. Frequ. ist aufgrund von Cancelling Effekten nur geringfügig geändert.
(Frequ. mit ¼ Wellenlängen <10cm werden zunehmend bereits doppelt in entgegengesetzte Richtungen verändert).





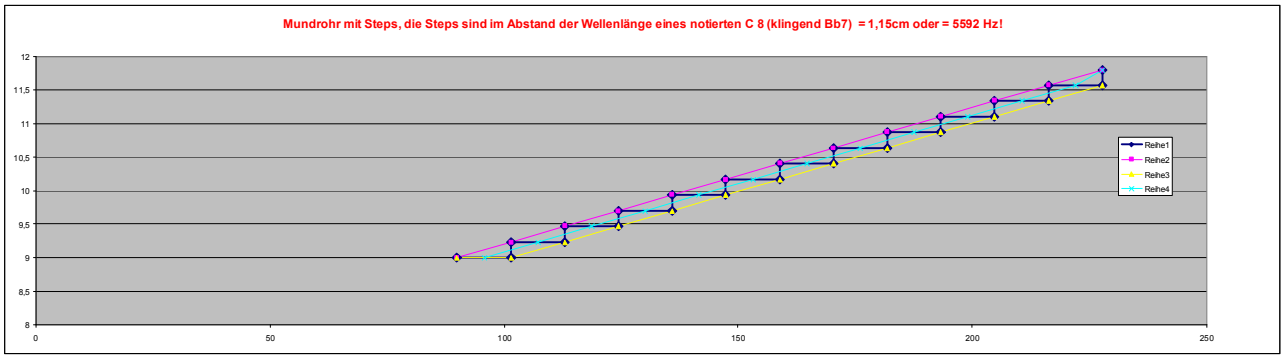
Kurzer Anteil 110mm: Mode1+2 viel weniger erhöht längerer Anteil 210mm: Mode 4+5 stärker vertieft
Bei ~½ WL der Mpc Popp Freq.=20cm ist mit Zylindern ein Potential Wendepunkt, mit Konus ein Pitch-Node.

Mundrohre mit absichtlichen Bore-Steps = Stufen

So wie beim Schallbecheranteil an der Rohrlänge variiert auch der Mundrohranteil bei Verwendung von Ventilen. Der Effekt wird mit längeren zyl. Anteilen in etwa ähnlich sein wie ein jeweils kürzerer Konus.

Eine passende, rasche Steigung (kurzes Mundrohr) bügelt die zu lange EL oberhalb Mpc Pop. Frequ. aus. Eine passende, langsamere Steigung ändert im oberen Bereich fast nichts mehr, hat eventuell bereits negative Auswirkungen (Pot. Canceling), im unteren Bereich aber dafür viel mehr Pitch Pot up!

Durch einen Fehler der sich bei einer Fomel für das Pilczuk Design eingeschlichen hat, bin ich eher zufällig auf eine Eigenschaft gestossen, die ich hier kurz festhalten muß.



Dia 9 auf 11,8mm gibt eine MR Länge beim letzten Step von 137,7mm. Durchmesser Diff /12 =0,233mm
Dia 9 auf 11,0mm ....selbe Länge, selbe Pos. letzer Step 137,7mm Stufenhöhe Diff /12 =0,166mm

Man muss betonen, daß die MPC Popp. Frequenz bei Bb-Stimmung nur eine geringfügig längere WL hätte. Die phys. Mundstücklänge von Trompeten entspricht ~ einer ¼ WL von Mode 8 = (C3 bei Bb-Trompeten).

Das Mundrohr hat hier 12 Segmente, ein 13. Segment ist nach der letzten Stufe der „zyl. Teil“ ohne Stufen. Durch die gleich hohen Stufen (=Durchmesserdifferenz / 12) = Oktave oder jeweils Verdoppelung der Frequenz und somit jeweils Halbierung der Wellenlänge hat das Mundrohr eine fixe Länge, die von der gewählten Wellenlänge vorgegeben ist, die Stufenhöhen sind vorgegeben vom Durchmesser Unterschied.

Bei einer kleinen Durchmesserdifferenz (ein linear konisches Mundrohre wäre kürzer) wäre das gestufte Rohr aber genauso lang (12* WL Grundstimmung), hätte dann aber eine geringere „Steigung“.

Im Vergleich zu einem linear konische Rohr mit selber Länge (rosa) ist das stufige Rohr insgesamt immer enger, mit Enlargements nach jeweils einem Bruchteil einer höheren Wellenlänge der Grundstimmung (Bb.)

Ein engeres konisches Rohr mit selber Steigung (gelb) hätte zu Beginn auf der Stufenläge den End-Durchmesser des Mundstücks wie das gesteppte Rohr, wäre dann um diese 1 Stufenlänge länger
+ 11,5mm = 149,2 mm

Auf der folgenden Zusammenstellung erkennt man, daß sich dieses Mundrohr mit Enddurchmesser 11,8mm gegen der konischen Variante mit 11,8mm systematisch anders verhält.-> Ähnlich engerer Konus 150mm

1. ist es viel kürzer, hat also effektiv mehr Steigung. 137,7mm zu 210mm im Vergleich. – 72,3mm
(es ist länger als die Variante mit End-Dia 11,0mm 137,7mm zu 110mm im Vergleich. + 27,0mm)

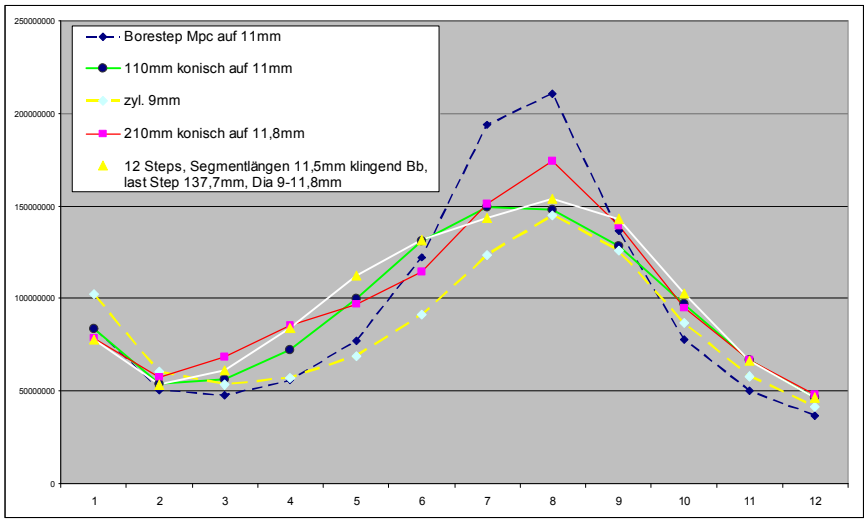
2. Die Magnituden sind mit Ausnahme Mode 8 im interessanten Bereich höher als beim längeren konischen MR, im unteren Bereich weniger angehoben, aber über den Werten des kürzeren lin. Konus. (auch Mode8) Insgesamt verläuft die Hüllkurve wesentlich ruhiger als beim längeren Konus.

3. Die Stimmung ist im oberen Bereich ausgeglichener, Mode 4+5 liegen höher als beim längeren MR. Verhältnisse von Mode 4:8, Mode 3:6, 5:10 liegen somit besser, nur Mode2 ist geringfügig tiefer.

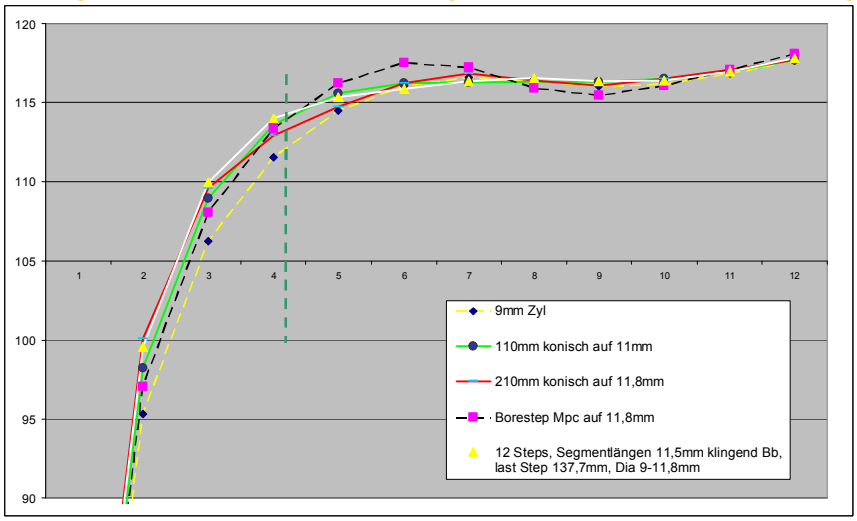
4. Es zeigt sich vorab kein einziger gravierender akustischer Nachteil gegenüber den linear konischen Formen, zumindest ohne Ventilverlängerungen und somit andere Wellenlängen über eine Oktave!
Im tiefen Bereich + Mode 8 verhält es sich wie die Variante kurzes MR + enge Bore-Size.

Gegenüberstellung Mundstück+ linear konische + gestufte Mundrohre + Zylinder:

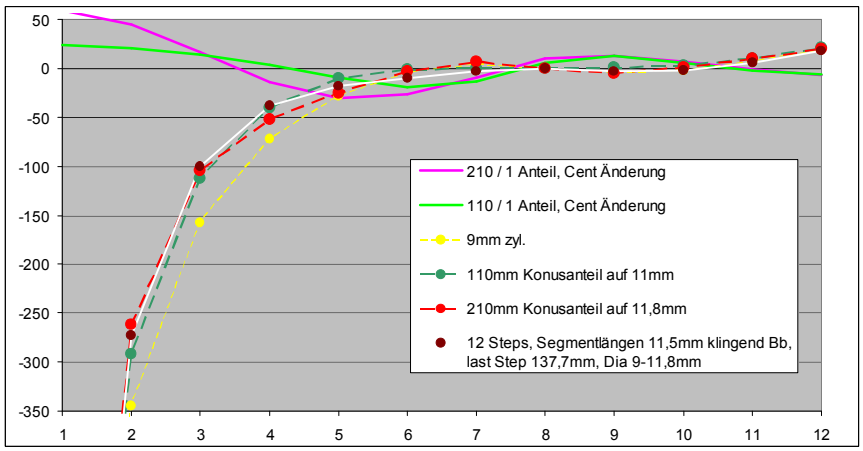
Inklusive der experimentellen Grundstimmung – Stufenvariante, Gesamtlänge inkl. Mundstück: 1350mm



Generell werden bei passenden konischen Anteilslängen die Magnituden angehoben. An der Frequenz mit der längsten akustisch wirksamen Länge des Mundstücks aber am wenigsten. = Dafür Pitch-Pot. aufwärts.



EFP: Erkennbar eine Transistion beim längeren konischen Anteil von 9mm Zyl im oberen Bereich zu 11,8mm im unteren Bereich über ~ Bereich Mode 4. Hier ist eine ~ ½ WL der MPC Popp. Freq.

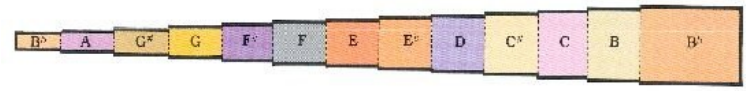


Cent Abweichung jeweils auf den resultierenden Mode #8 bezogen, dieser ist relativ wenig versetzt.
Mode 1 bleibt ~10 Halbtöne zu tief (1000 Cent), Mode 2 bleibt 3,5 Halbtöne zu tief, Mode 3 -> ½ Halbton.
Die ungewollte ~ Kurve um die MPC Popp. Freq. wird bei passenden konischen Längen reduziert, mit dem kurzen konischen Anteil oberhalber der MPC Popp. Frequ. aber besser. (Remember: 100 Cent =1/2Ton ET)!
Den Rest an Korrekturen müsste nun ein passender Schallbecher bewerkstelligen und dieser müsste wie man erkennen kann sehr unterschiedlich sein. Das Bell Skirt wird die obersten Frequenzen noch absenken!

Accusonic © Leadpipe (und Schallbecher) Patent, Gene Pilczuk 1985

Fürchtet euch nicht vor Stufen! Die Stimmung und Ansprache werden dadurch nicht „eckig“ und krumm, speziell wenn solche Stufen ganz gezielt platziert werden. Eher sollte man vor jeglichen linear konischen Formen Respekt haben! Siehe die vorangehenden Teile meiner Arbeit, ebenso bei großen Sprüngen, die nicht gezielt platziert werden / können. Die (Mode-matching) Problematik ist beim Konus am stärksten!

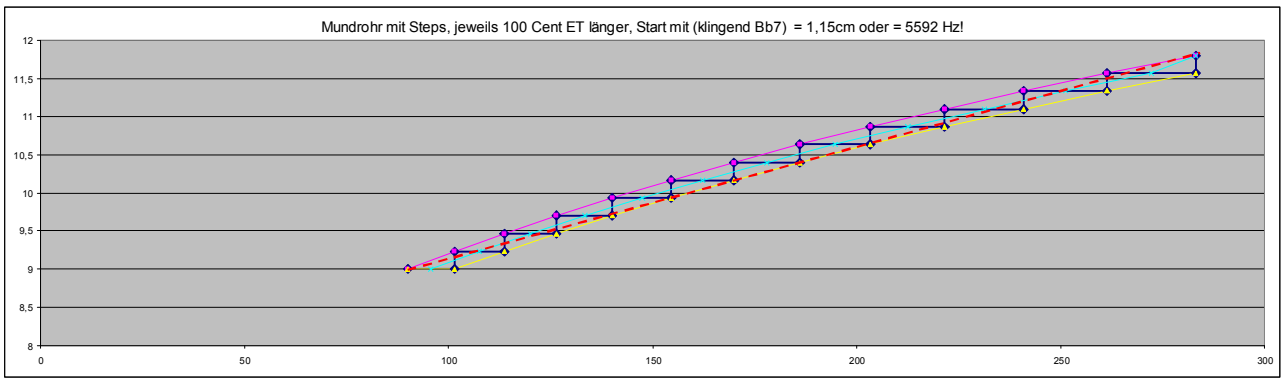
Die Stufenhöhe wurde im vorangehenden Beispiel konstant gehalten. Durchmesser Differenz/12 (Halbtöne). Die Länge der Segmente war die sehr kurze WL einer vielfachen Oktave der gewollten ET Grundstimmung!



->Bb=13. Segment=Boresize und viel länger!

Beim Patent von Pilczuk verhält es sich genauso, aber mit dem Unterschied, daß Pilczuk **die Länge** der Stufen anhand der gleichmäßig temperierten Stimmung wählt. Jedes der Segmente entspricht 100 Cent ET der vorgegebenen Länge des 1. Segments, also jeweils ein Zuwachs von 100 Cent = 1,059463 Längen- bzw. Frequenzfaktor des jeweils vorherigen kürzeren Segments. Er bildet quasi die chromatische Tonleiter der Grundstimmung (jeder beliebigen Oktave) auf das Mundrohr - als Ersatz zum konischen Verlauf – ab, in der Hoffnung, daß dies dann den größten Vorteil bei Ventilkombinationen auf die (ET Wellenlängen) hat! Er geht davon aus, daß die Schallbecher Proportionen quasi – ideal? sind, Mpc Eq. L gibt es nicht!

Eine Accusonic © Leadpipe, rechts oben „die Overpipe / der Mundstückreceiver“, darin sind Segment 1+2.



Start Durchmesser 9mm, Enddurchmesser 11,8mm nach 193mm (+90mm MPC + Gap) = Pos. 283mm.

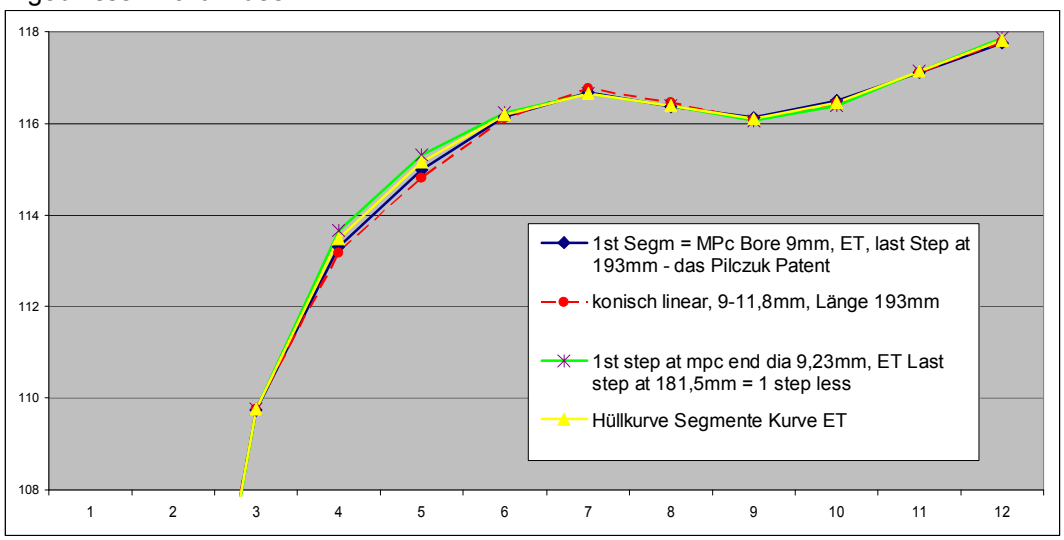
Es ergibt sich dadurch eine bauchige / bogenförmige Gestalt gegenüber einem linear konischen MR (rot) mit selben Enddurchmessern und selber Länge. Die Länge ist beim Pilzcuk Mundrohr wiederum fix definiert anhand der Frequenz für das 1. Segment. Er wählt dafür die ET Grundstimmung des Instruments.

Wir betrachten die lange, amerikanische Variante lt. Patent: Notiert c2*12 = 5592 Hz. WL C8=14,78mm. Für eine Bb-Trompete ergibt sich dadurch eine Länge von **193mm** Mundrohr, wo der finale „Step“ wäre.

Ein 13. Segment = zyl. Bohrung bis zum Schallbecher Beginn - soll dann eine exakte (Wellen-)Länge der Grundstimmung (hier klingend Bb) haben. Hier kommen dann nicht mehr viele Möglichkeiten in Frage. ET 36,73cm wäre ¼ **WL des Grundtons** ET klingend großes Bb und ergibt eine kombinierte physische Länge von Mundstück + Mundrohr + zylindrischer Teil = 67,33cm. Hier sollte laut Pilczuk der zyl. Bore-Teil enden. Aus anderen Versuchen ist ersichtlich, daß bei ~67cm die XM-Pitch Position von V0 liegt. Also kein Voodoo! Eine akustisch wirksame Becherlänge selbst variiert dann anhand der Hornform, Skirt-Form + Frequenz.

Je nachdem ob man das 13. Segment als zyl. Bore betrachtet oder als letztes Segment ohne Stufe, wäre im 2. Fall das 13. Segment vorerst 2* so lang wie das 1. Segment, = 14,78mm*2=29,56mm, ergibt also wieder Längen, die traditionelle Mundrohre haben und ohne diese Sprünge auskommen. Wir wissen, es braucht keine Sprünge, diese können auch „geglättet“ sein. Die folgenden Versuche sollen Aufschluß geben!

Ergebnisse Pilczuk Ideen:

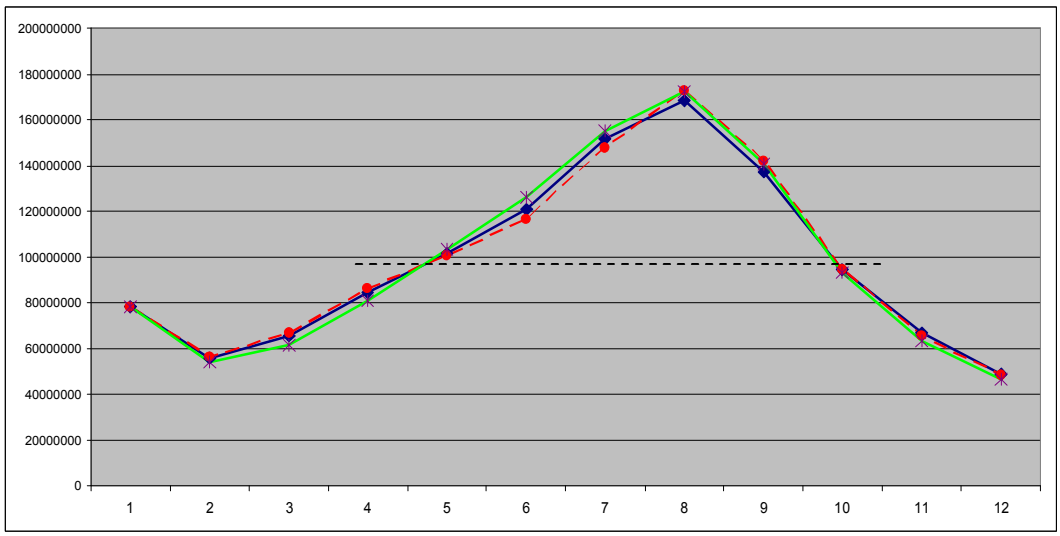


Das Pilczuk Patent hat mit Mode V0 de facto keine erkennbaren Vorteile (auch keine Nachteile) gegenüber einem vergleichbaren linearen Konus. Der hier gezeigte Konus (laut Skizze auf der Vorseite) hat die selben Start und Enddurchmesser und die selbe Länge, ist daher am Beginn weiter, in der Mitte enger, am Ende wieder weiter als das Pilzcuk Patent (blau). Das Pilczuk ist bei Mode 4,5,6,7 etwas höher 7 und 8 mininmal tiefer, 9 und 10 min höher. Diese beiden sind in der E.T. Stimmung je 15 Cent höher als Just Intonation. Zufall? Das Pilczuk Patent-Stufen Mundrohr korrigiert die MPC Equival. Länge ebenso überhaupt nicht.

Anhand Recherche in Internet-Foren wurden Pilczuk Mundrohre dann auch mit 7 oder 18 Stufen verkauft.

Grün: Hier habe ich die 1. Stufe weggelassen, d.h. wieder Bb-Abstände, länger werdend anhand Equal Tuning, aber mit Start-Dia 2. Stufe Pilczuk = 1 Stufe „fehlt". Das wirft natürlich das ganze Patent über den Haufen, schade. Abhängig vom Schallbecher könnte es so ev. sogar etwas besser irgendwo hin passen.

Gelb: Wenn die Anfangspunkte der Pilczuk Stufen zu 12 linear konischen Segmenten unterschiedlicher Steigung verbunden werden, ist das Ergebnis ein Mittelwert, bzw. etwas „larger" Pilczuk Rohr ohne Stufen.



Erkennbar: Ein am Beginn weiteres „konisches" Mundrohr hebt Frequenzen Mode 4+5 stark, 6 weniger und vertieft ab 7 etwas mehr. Mode 2 und 3 sind im 0 Cent Bereich geändert.
Differenz hier +0,23 mm „Step" zu Beginn bei 90mm. Impedanz Peaks Modes 6-9 sind dann höher.

Das Patent ist in dieser Form leider vorerst keine Bereicherung. Was wir aber lernen: Eine Mundrohrlänge (12 Segmente für jeden Halbton) + ein 13. Segment, daß die ¼ WL des ET Grundtones ergibt bilden die Gesamtlänge bis zu einem Punkt XM-Pitch, dies ist die akustische Mitte des Instruments.

Um die MPC Equiv. Längen ~ Kurve besser in den Griff zu bekommen, werden keine kurzen Zylinder und auch keine einzelnen langen linear konischen Segmente in einer Endform Verwendung finden können.
Die Perturbation=(Potential-Theorie) zeigt: Das Problem könnte nur im Mundstück selbst entschärft werden!

Ein völlig neues Mundrohr Konzept ensteht, Perturbationen als Ausgangslage:

Ich greife nun auf Teil 4 meiner Dokumentation vor/zurück: Auswirkungen von lokale Perturbationen. Als Ausgangslage wäre hier eine Mundrohrgeometrie gut, wo die Moden zwischen C2 und C3 bereits zu hoch sind, ~ G2 am meisten und am besten noch etwas mehr zu hoch als der Bereich Eb3 zu tief. Warum?

Es bilden sich Pitch-Node Linien, die Rohr abwärts wandern umso tiefer die Pitch Node Frequenz ist. Notiertes C3 hat seine 1. Position auf dieser ersten Pitchnode Linie bei theoretischen 2cm = in der Mundstückseele. Es liegt daher so hoch, daß es erst mit einer 2. Pitch-Node-Linie fixiert werden kann, und zwar bei ~11cm nach dem Mundstückstart. D. h. 3cm nach dem Mundrohrstart wird eine hier zentrierte Einengung oder Erweiterung des Querschnitts die Frequenz von notiert C3 =klingend Bb2 nicht ändern.

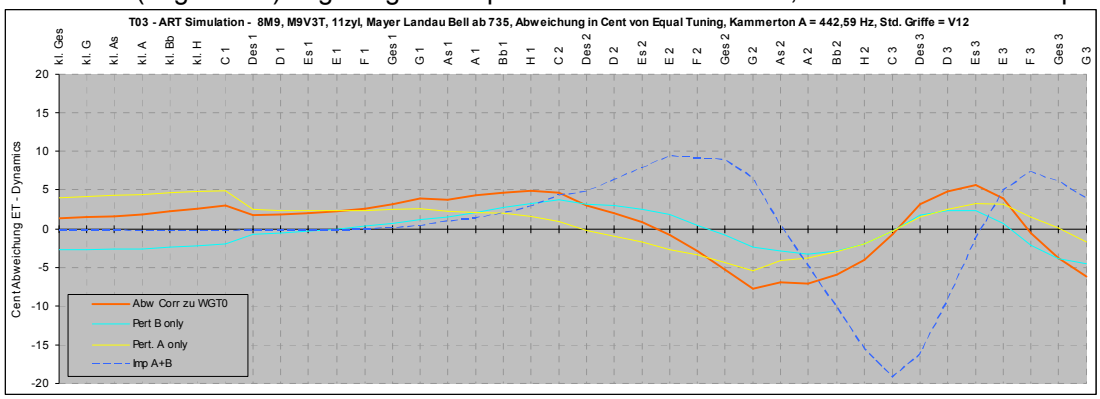
Es gibt aber darunter die schon erwähnte 1. Pitch Node Linie wo ebenfalls keine Pitch Änderungen stattfinden und hier ebenfalls fixiert wird. Diese ist bei 11cm auf Db2 gewandert. (Beinahe 1 Oktave entfernt)

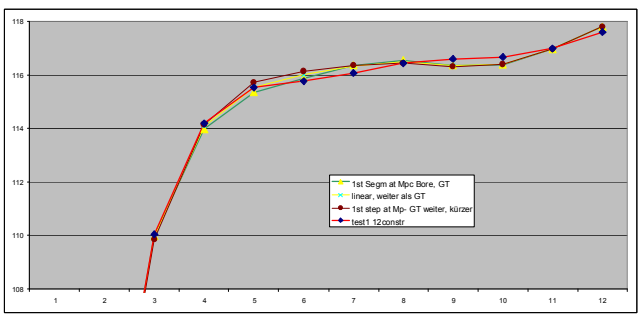
Oberhalb der 2. Pitch-Node Linie gibt es eine höhere 3. Pitchnode-Linie und hier befindet sich der höchste Pitchnode im Spielbereich bei 11cm: Gb3. Auch diese Resonanzfrequenz wird bei Querschnittänderungen zentriert bei Position 13cm vom Mundstückstart nicht geändert.

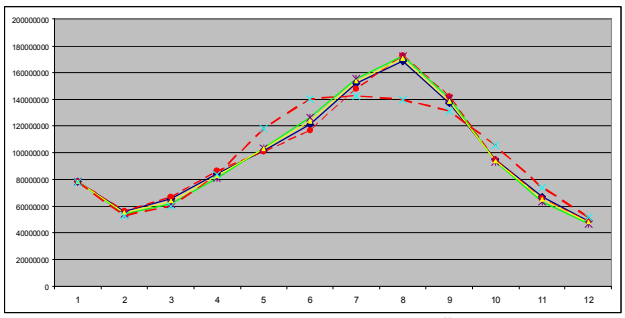
Zwischen diesen 3 Pitchnode Linien befinden sich die Positionen mit maximalen Pitch-Änderungspotential. Mit einer Einengung bei 110mm TL werden sich Frequenzen zwischen Db2 und C3 vertiefen, max. bei G2, oberhalb werden sich Frequenzen zwischen C3 und Gb3 erhöhen, mit einem max. Pitch Potential um Eb3! Das Pitch Potential zwischen den unteren Pitchnode-Linien ist immer **etwas stärker**, daher sollte G2 etwas höher sein. Es wird mit einer single Perturbation mehr vertieft also der Bereich ~Eb3 erhöht werden kann.

Das klingt nun möglicherweise sehr verlockend, aber:
Bei einer lokalen „single“ Perturbation soll eine Position gefunden werden, wo sich Mode 8 = dann als Pitch Node nicht mehr verändern soll. Dieser wird durch eine Single Perturbation „fixiert“. Wenn sich bei Mode 8 aber die Frequenz nicht ändert, wird sich die Input Impedanz Magnitude in diesem Bereich stark ändern. Mit einer Constriction auf Pitch-Node Linie 2 wird diese boshafterweise reduziert, und das können wir – in einem starken Ausmaß nahe der „höchsten Stelle“ der MPC Resonanz Frequenz absolut nicht wollen!

Beim 2. möglichen Punkt mit Pitch Pot für Eb3 ~TL 200mm ist es nicht anders. Die Magitude C3 wird nochmals reduziert, wir bekommen einen ähnlichen Effekt wie beim Verschieben des Boresize Step auf TL 16cm. Das (ungewollte) neg. Magnitudenpotential NT8 addiert sich, wenn beide Bereiche perturbiert werden:







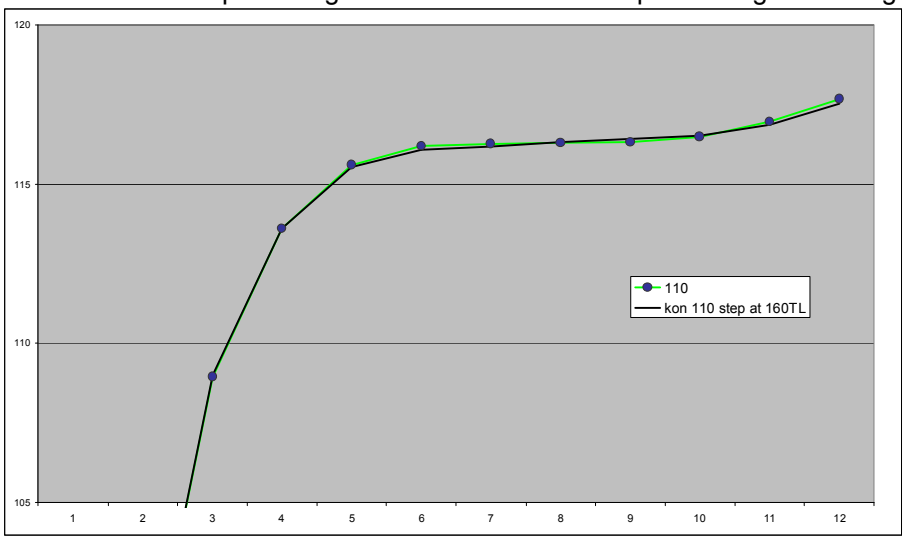
1. Versuche mit den Grundton Segmenten; das kleine Ende wurde drastisch reduziert. Imp. Änderung hoch! Eine „Single“ und auch eine „Double“ Perturbation für das MPC Equiv. Längen Problem ist nicht die Lösung.
Part of the Game & Ergebnis: Es gibt keine physische Lösung das Problem mit einem Mundrohr vollständig zu eliminieren, ohne auf Magnitudenhöhen um das hohe „C“ zu verzichten!

Bore-Steps verhalten sich anders als lokale Perturbationen – Single Step:

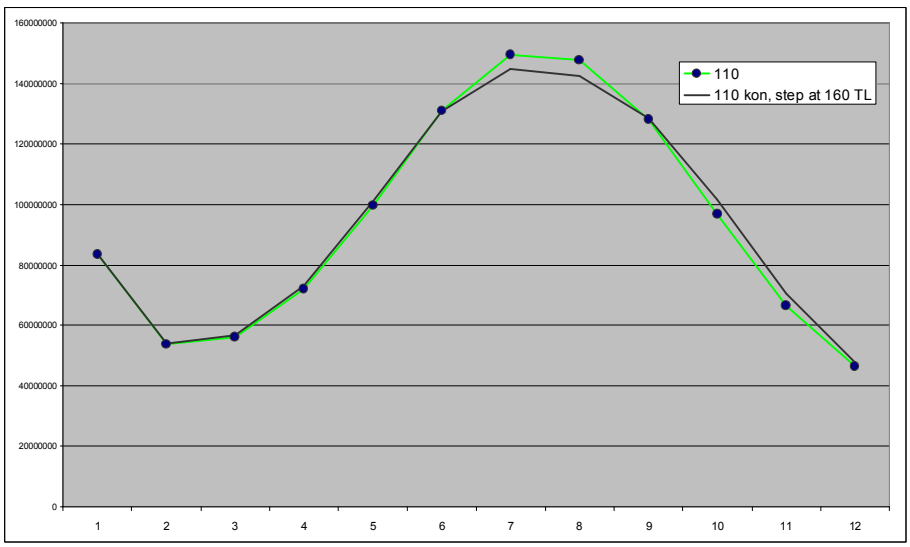
Wir wissen mittlerweile, daß es eine äquivalente Länge des Mundstücks überhaupt nur dann gibt, wenn an das Mundstück eine röhrenartige Verlängerung angesetzt wird und daß eine Begradigung dieser äqiv. Länge nur mit Magnitudenverlust von Mode 7+8+9 machbar ist. Das bedeutet der Einfluß des Mundstückmagnitude auf die Resonanzen = der Q-Faktor sinkt. *Wenn das so ist, dann soll das möglichst kontrolliert geschehen!*

Die Double-Perturbationen Constr. at TL ~120mm und Enlargement at TL ~200mm sind anhand des starken Magnitudenverlusts nicht die 1. Wahl. Bei 2. Betrachtung ist diese aber gar nicht so viel geringer als beim konischen Mundrohr. Es wäre ev. eine gar nicht so schlechte Konstellation für eine „Anfängertrompete“ oder 2. Stimme, wo dieser sicher und gut „stimmend“ auf ein G2 heranüben könnte.

Nimmt man den Abstand der Perturbationen C+E ~ 80 mm und setzt in der Mitte anstelle der Perturbationen einen Borestep, dann erhalten wir das „schwarze“ Ergebnis. Pos. ~160mm TL ist jene Position, an der auch der Bore-Size Jump die Magnituden um die MPC Frequenz am gleichmäßigsten „reduziert“.



Test A: Das konische Mundrohr L110mm 9-11mm und ein erster gezielter, 0,5mm Borestep nach 70mm (160mm TL)



Test A: Das konische Mundrohr L110mm 9-11mm und ein erster, gezielter 0,5mm Borestep nach 70mm (160mm TL)

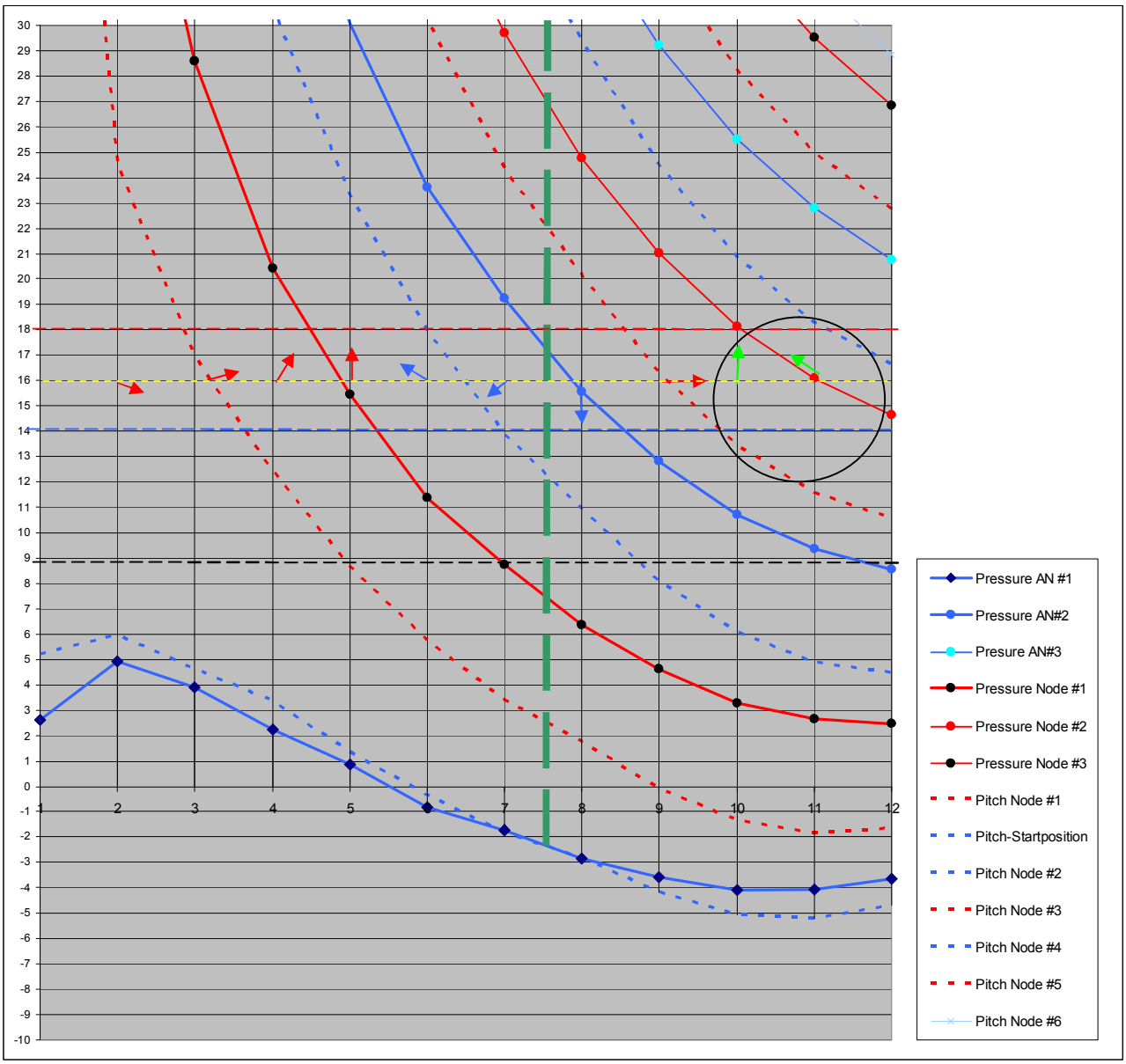
Als Basis wurde hier das konische Mundrohr gewählt, weil es ansonsten schon eine gute Abstimmung haben könnte, Mode 6 aber durchaus erniedrigt werden kann. Geometrie vorab: Konisch 9-10mm über 70mm, Borejump auf 10,5mm und konisch 10,5 auf 11,0 mm über 40mm ergeben ein kontrolliertes, gleichmäßiges Absenken um die MPC Popp. Frequ., Mode 9 wird erhöht, Mode 10 aber noch nicht.

Wenn es eine kontrollierbare Bore-Step Position für die Mpc Popp. Frequ. gibt, dann sollte es für jede abweichende Frequenz / Wellenlänge auch kontrollierbare Bore-Step Positionen geben!

Bore-Steps im Mundrohr gezielt platzieren:

Bei lokalen Perturbationen (hier Enlargements) bilden sind Pitch-Nodes zwischen Druckbäuchen und Flußbäuchen der Resonanzfrequenz.

Um die MPC Popp. Fr. liegen diese nahezu in der arithmetischen Mitte (1/8 WL Mode# ohne extra Versatz).
Höhere Frequ. haben einen + Versatz = längere equiv. Länge, diese soll kürzer werden (weniger Versatz)
Tiefere Frequ. haben einen - Versatz = kürzere equiv. Länge, diese soll aber individuell geändert werden, anhand des finalen Designs aus Zylinder + Schallbecher.



ART Test Trompete in Bb mit Mundstück 8M9, ART-Mundrohr und Schallbecher, V0, Pos. TL cm vs. Mode #

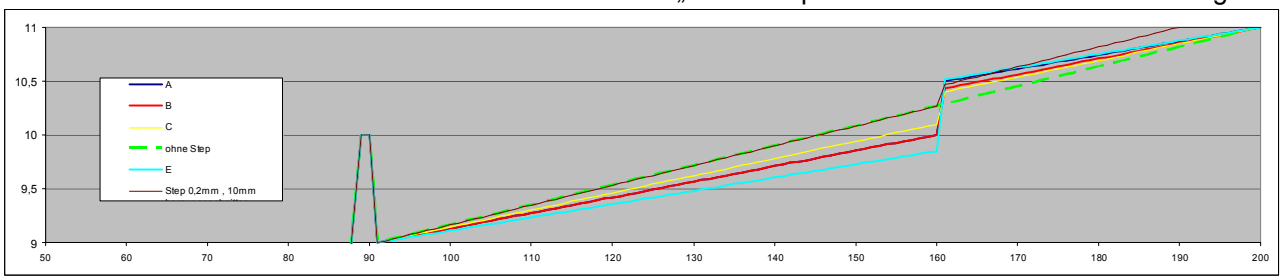
Lokales Enlargement: Pitch Pot. max down an Pressure Antinodes (Druckbäuchen)
(lokale Perturbation) Pitch Pot. max up an Pressure Nodes (Flussbäuchen)

Borestep Enlargement: Pitch Pot. up / down (wo sonst Pitchnodes sind) =strichliert.
Magnituden Pot. max down (nun~ Pitch Nodes) an Druckbäuchen
Magnituden Pot. max up (nun~ Pitch Nodes) an Flussbäuchen

Step at ~160mm = Druckbauch Mode 8 Magn. controlled lowered = Pitch-Node
kein Druckknoten Mode 10 Magnitude raised? = Pitch-Node ?

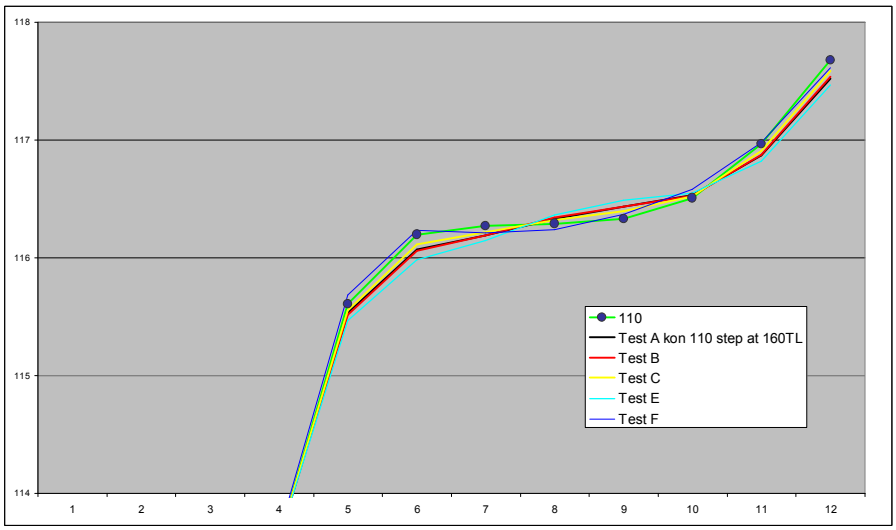
*Für den Borestep bei TL 160mm sind **"Peak-Zeiger"** eingezeichnet, diese drehen sich alle ein Stück weiter: In Richtung Mundstück: Im Uhrzeigersinn, in Richtung offenes (größeres) Ende: Gegen den Uhrzeigersinn.*
Für eine ½ Zeigerdrehung benötigt jeder Zeiger ~¼ seiner Wellenlänge, für eine ¼ Drehung ~ 1/8 WL.
Hohe Modes drehen also viel schneller als die MPC Popp. Frequ. und als die tieferen, „langsamen" Modes. Wollten wir den Bereich Es3-E3 max. hochtreiben, müssten wir ~ den Step 1/16 WL von E3 Richtung Mundstück versetzen = - ~18 mm auf ~142 mm.

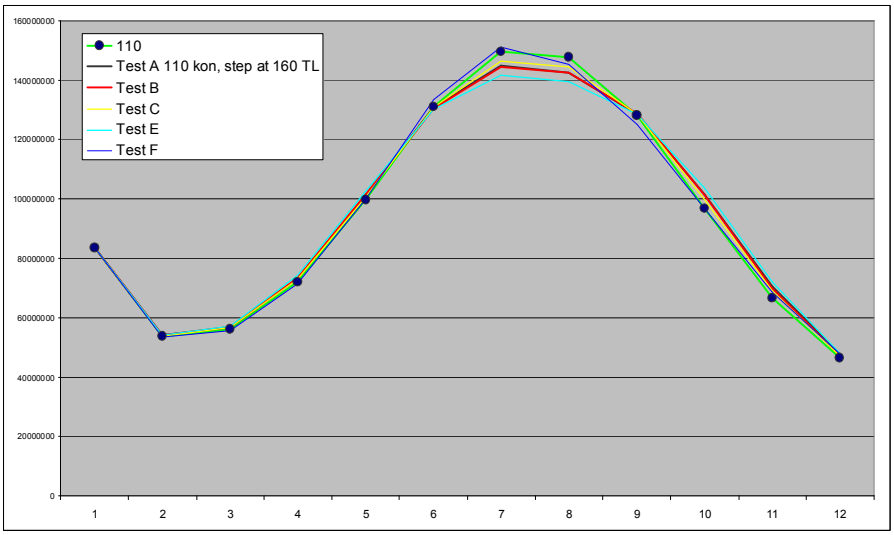
Mode 10 offenbart sich aber als „Pitchnode, d. h. die Pressure Node #2 Kurve wäre effektiv näher am Mundstück. Dieser „effektive „Pitchnode", den wir aber nicht wollen und die vertieften höheren Modes sind aber das Ergebnis der „lokalen" Perturbation, durch den Step fällt die Steigung und der Durchmesser. Siehe Test F! Bei tieferen Moden ist diese Pressure Node Linie „out of scope" und hat daher keine Auswirkung!



A: konisch	9-10,0 mm	Step 0,5	dann konisch auf 11mm.	1. Steigung größer als 2. Steigung
B: konisch	9-10,0 mm	Step 0,432		beide Steigungen sind gleich groß
C: konisch	9-10,1 mm	Step 0,3		beide Steigungen sind gleich groß
E: konisch	9-09,85 mm	Step 0,66		beide Steigungen sind gleich groß
F: konisch	9-10,25 mm	Step 0,2	Winkel wie Konus,	beide Steigungen sind gleich groß

Hinweis: eine höhere 1. Steigung (kleinere 2.) mit mit Step > als 0,5 bringt nicht den gewünschten Effekt.





Test F = eine ungewollte Perturbation:
Wird vom Konus nur ein Teil entfernt damit der Sprung entsteht, ändern sich die Winkel nicht und es ist eine Perturbation (Enlargement) mit einem zylindrischen Anteil am Ende. (Mode 6+8 in falsche Richtung!)

Wird die 1. Steigung etwas höher gewählt (Test A), steigt Mode 6, fällt Mode 9 minimal mehr.
Werden die Steigungswinkel kleiner, aber wie beim Konus ohne Step gleichgehalten, liefert die Stephöhe das Potential am Zentrum der Mpc Popp. Frequenz,
etwas unterhalb Mode 8.

Mode 6+9 sind Magnituden Nodes und haben maximales Pitch Pot bei einem Borestep bei 160mm.

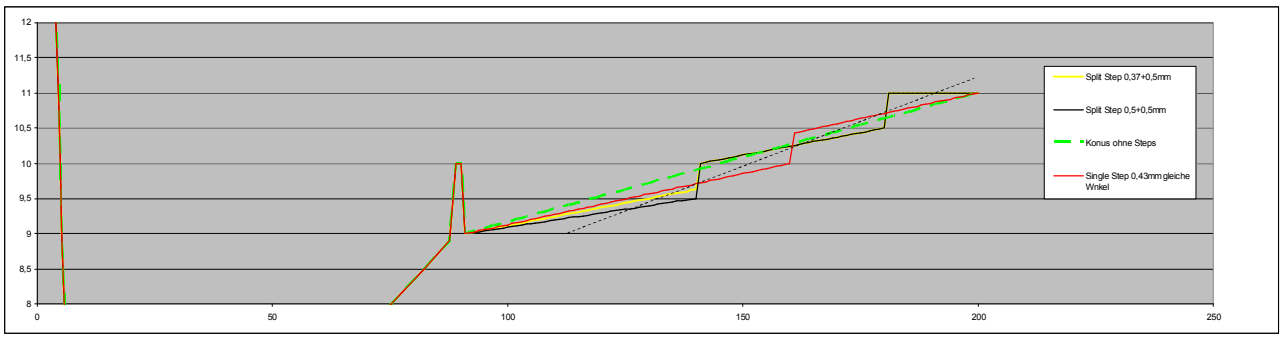
Eine Stephöhe von Dia 0,4-0,5mm reicht aus um die Magnitudenverteilung gut kontrollieren zu können, höher sollte der Step nicht sein. Winkel müssen kleiner werden!

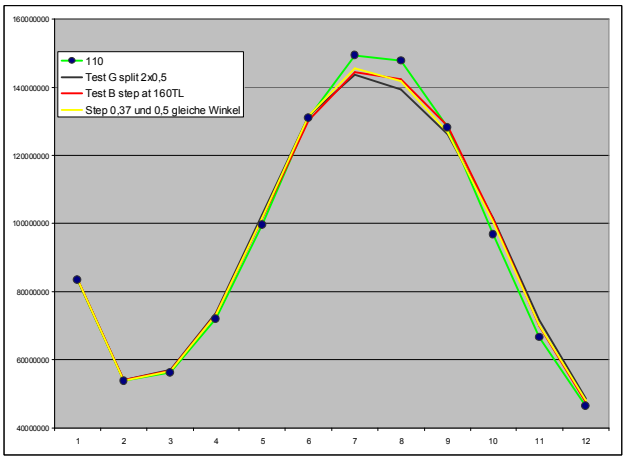
Step-Splitting:

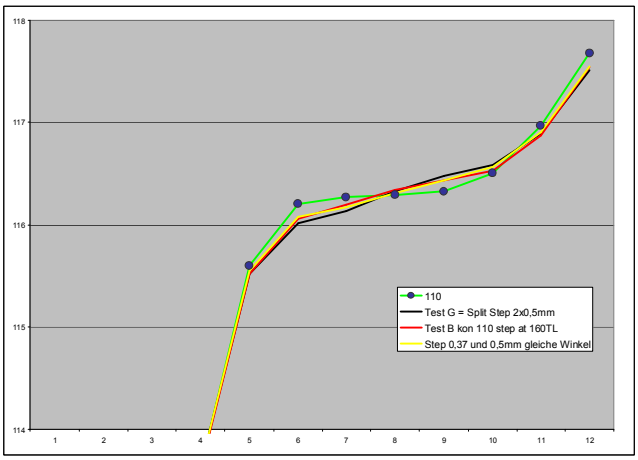
Idee: Genauso wie bei Perturbationen kann man auch den „Step splitten“. Splitting bei Perturbationen soll die Magnituden weniger beeinflussen bzw die Verluste etwas breiter machen. Die ungewollte Perturbation Mode 10 würde sich auch anders verteilen. Wir teilen den Step so, daß er ca. 1/16 WL vor und 1/16 WL der WL zw. c3 und e3 anstelle des single Stepp liegt. Alle oberen Modes würden 2*1/8 Drehung machen, c3 weniger und e3 mehr.

Die Steps könnten gleich hoch sein, die Steigung ist dann unterschiedlich wegen unterschiedlicher Längen.
Die Steps könnten unterschiedlich hoch sein, gibt 2 verschiedene Winkel oder zb. 2 gleiche oder ungleiche!

Der 2. Steps wäre der Stimmzug-Step beim kurzen Mundrohr, Sprung auf Boresize = 11 mm. Vorteil des 2. Steps als Stimmfunktion bedeutet, daß keine weiteren Änderungen durch Stimmzug Gaps hinzukommen! Das 3. Segment des Mundrohres ist die komplette zylindrische Bohrung des Instruments danach!







Grün: Konus 9-11mm L110mm, Rot: Single Step Versuch B, Steigungen 0,82 + 0,82 Grad
Schwarz: Split Step -20 +20 mm, Stephöhen 0,50 +0,5mm, Steigungen 0,57 + 0,72 Grad
Gelb: Split Step -20 +20 mm, Stephöhen 0,37 +0,5mm, Steigungen 0,72 + 0,72 Grad

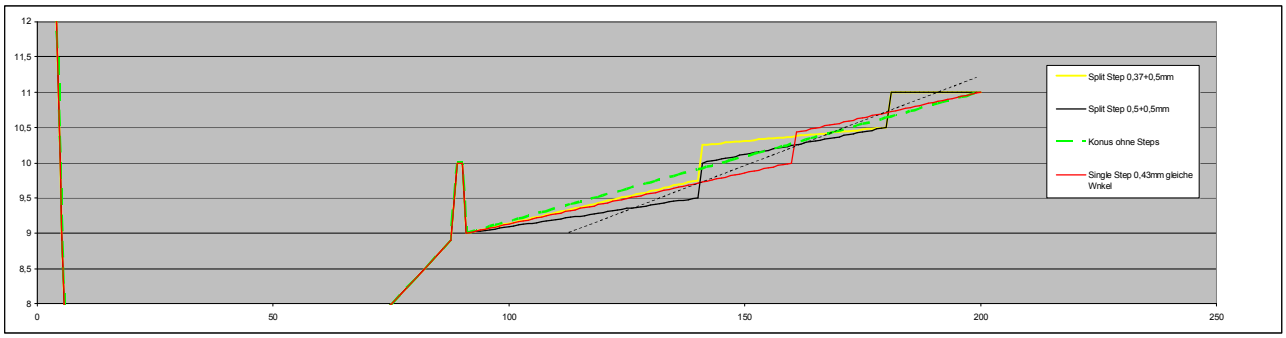
Änderung Split Steps gegenüber Single Step: Steigung 1 = Qerschnitt vor Step 1, Stepsize:

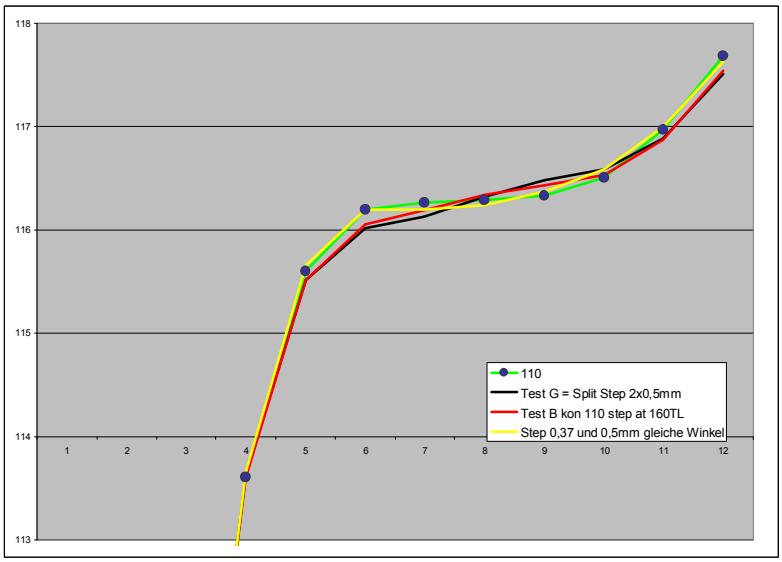
Hier wurde nur das Segment vor dem 1. Step geändert, kleinerer Step = weniger Magn. Verlust Mode 8. Gegenüber dem Singlestep brauchen wir zum Erreichen der Ziele einen größeren 1. Step und der Querschnitt bis 140mm TL muß kleiner sein = eine geringere Steigung als Single Step.

Ist die 1. Steigung kleiner = größerer Step1 und max. enger bei 140mm, Pitch: 6(+7) dn 9(+10!) up
sind die Steigungen gleich = kleinerer Step1 u. etwas enger bei 140mm, weniger Pot, Magn. less down.

Je nachdem wie hoch Mode 5 und 6 anhand des Schallbechers gesetzt werden müssen ist hier bereits eine Design-Variable. Wir erreichen
mit 2 gleichen Winkeln / Steigungen: ~ Das Resultat wie Singlestep,
mit 2 gleichen Steps: Eine stärke Kurvenkorrektur.

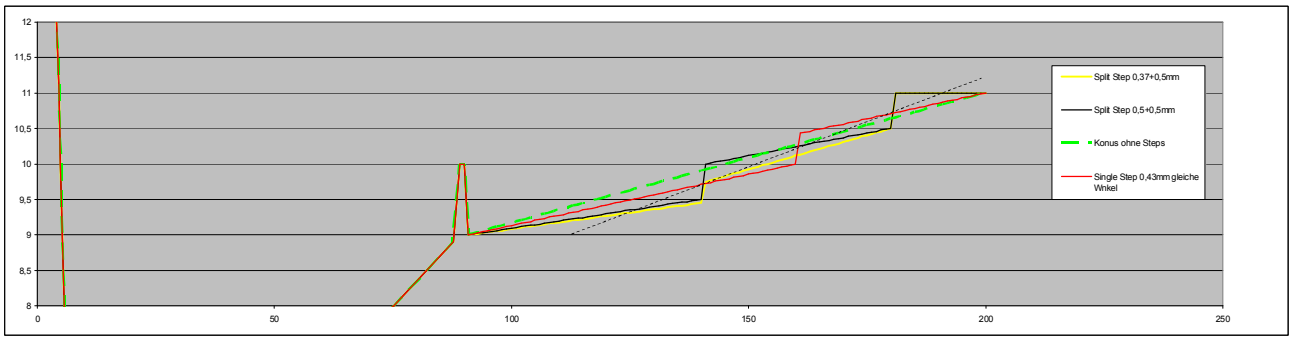
Wir sehen, es geht vorerst in die richtige Richtung, daher sollte für das weitere Desing dieser erste Abschnitt unverändert bleiben. D. h. Versuche weiterer Querschnitt Segment 1 = höherer Winkel, bringen nicht die gewünschten Effekte, dennoch zum Nachschlagen:

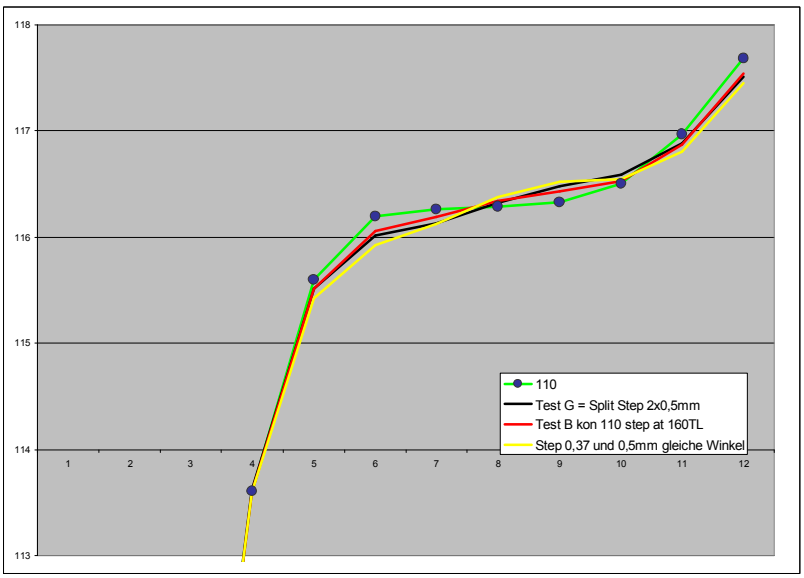




Hier hat das 1. Segment die selbe Steigung und Querschnitt wie beim Single Step., + 2. Segment zu Beginn viel weiter. Der letzte Step und somit Durchmesser am / ab Step2 bleiben fixiert.

Mode 8 ist nicht mehr fixiert! Mode 6 +9 gehen nun in ungewünschte Richtungen





Hier ist das 1. Segment bei 140mm wieder enger, kleinerer Step ergibt 2. Segment, dieses ist nun auch zu Beginn viel enger.

Der letzte Step und somit Durchmesser am und ab Step2 bleiben fixiert.

Mode 8 ist nicht mehr fixiert.
Mode 10 wird wieder ein Pitch-Node,

d.h. die durch (beide) Split-Steps erfolgreich bei Mode 8 + oberhalb Mode 10 fixierten Pitch-Nodes wandern zu tieferen Frequenzen, wenn der Querschnitt nach dem 1. Step nicht größer ist als beim Single Step!

Das Zwischenergebnis um die Design-Ziele zu erreichen:

Der Querschnitt vor dem 1. Step muß kleiner +
der Querschnitt nach dem 1. Step muß höher als beim Single Step sein.
~ in etwa der Querschnitt Konus o Steps!

Der 1. Step kann somit unterschiedlich hoch sein, er entscheidet das effektive Änderungspotential.
Umso kleiner die Querschnittänderung umso stärker verschieben sich die fixierten Pitchnodes wieder nach unten, der Step sollte also in einer Größenordnung Dia 0,5 mm beim kurzen Mundrohr betragen.

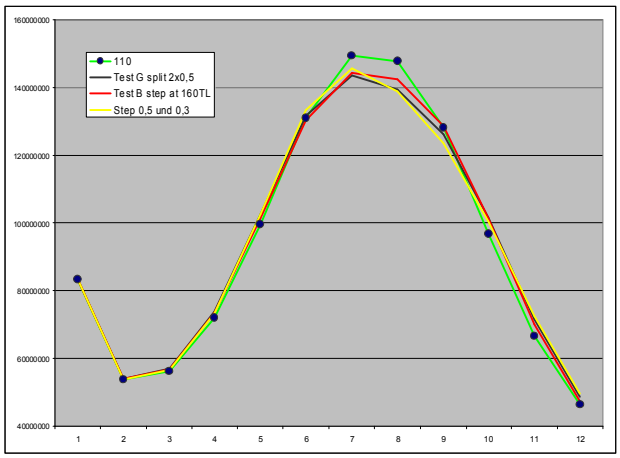
Ich will das Konzept des Splitting konsequent fortsetzen, ev. „Perturbationen“ sollen zum Schluß kommen.
2 Punkte zu fixen Startdurchmesser 9mm und Enddurchmesser 11mm sind nun vorerst einmal fix:

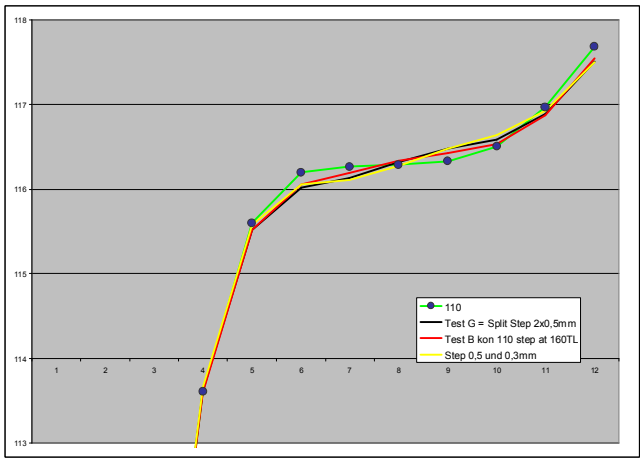
Startdurchmesser	9,0mm	bei TL 90 mm
Durchmesser vor dem 1. Step: kleiner als 9,75mm	-> 9,5mm	bei TL 140 mm
Durchmesser nach dem 1. Step größer als 9,75mm	->10 mm	bei TL 141 mm

Das weitere Ziel wäre nur noch ein Feintuning anhand Step 2: Es fehlt nun noch:

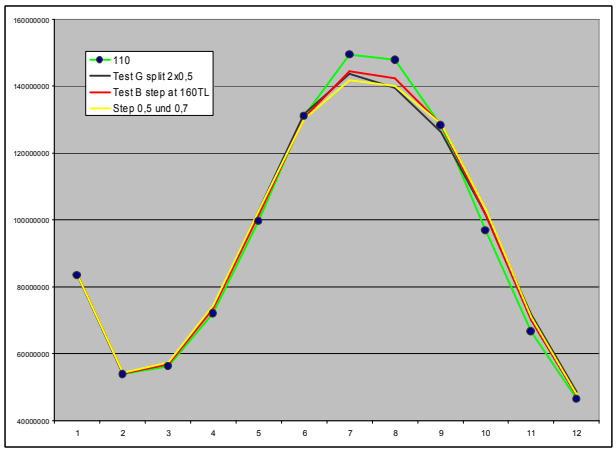
Durchmesser vor dem 2. Step – ergibt den Winkel Segment 2 -> variabel		bei TL 180 mm
Durchmesser nach dem 2. Step = Boresize = fix	->11 mm	ab TL 181 mm

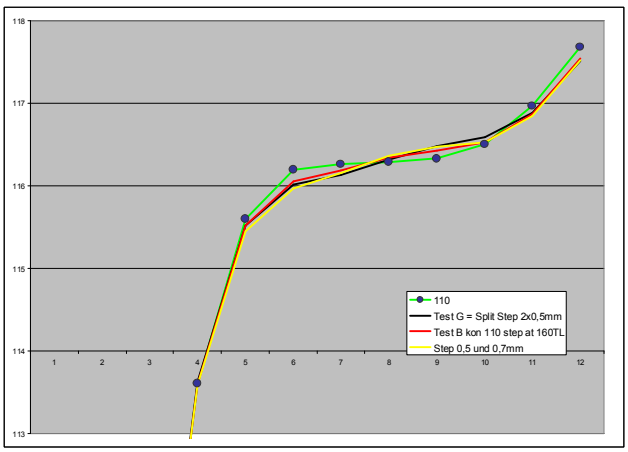
Belassen wir den 2. Step bei 0,5mm so haben wir als Vergleichsgeometrie die Variante
2 x gleiche Stephöhe 0,5mm. Hier ist der max. Durchmesser **vor Step2 = 10,5mm** = Test „G“.
Ich ändere diesen auf weiter=10,7mm -> 2. Stephöhe =0,3mm und enger =10,3mm, 2. Stephöhe = 0,7mm:



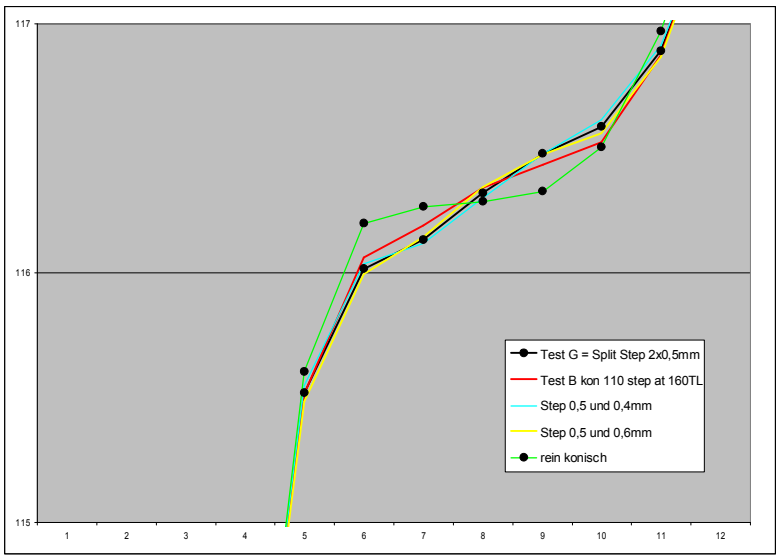


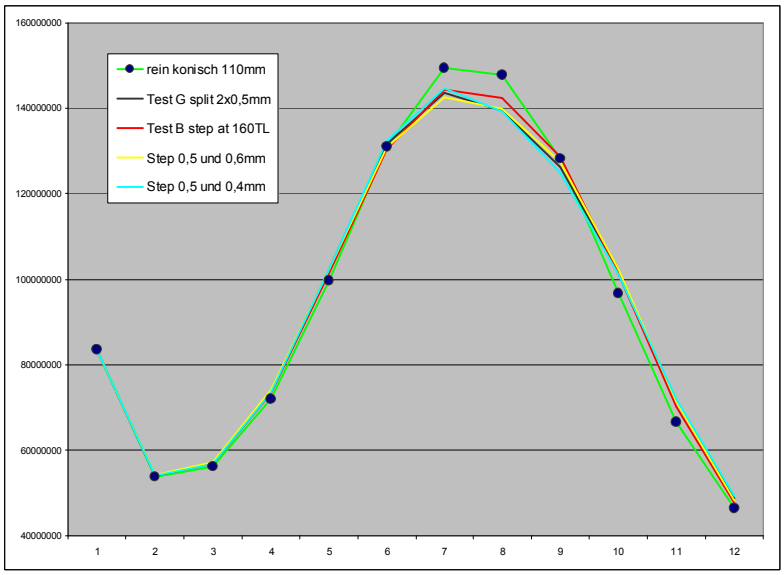
Mundrohr Segment 2 hat nun einen höheren Winkel, Step 2 Höhe = 0,3mm
Das weitere Segment 2 erhöht die Freqz. von Mode 10, allerdings auch Mode 6+9, Magn. 9 down.



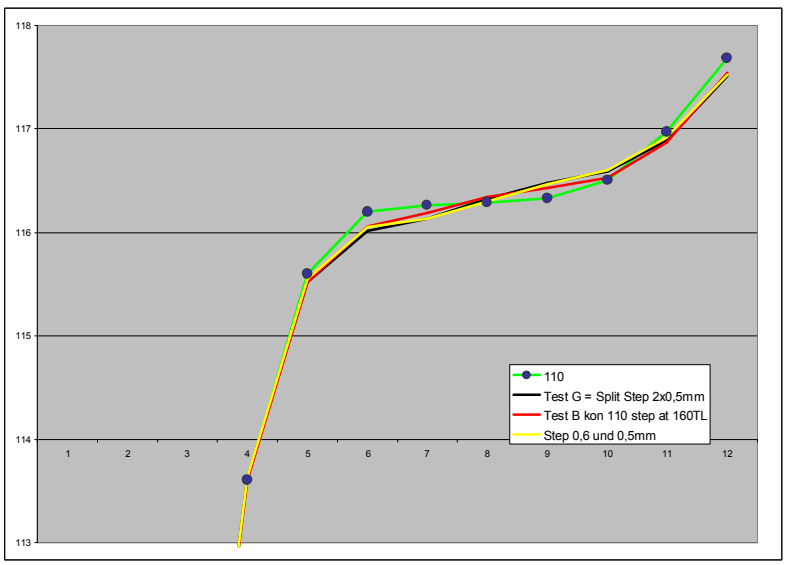


Mundrohr Segment 2 hat nun einen kleineren Winkel, Step 2 Höhe = 0,7mm
Das engere Segment 2 vertieft Mode 6, allerdings auch Mode 10 wieder,
erhöht aber Mode 8 = Fixierung ist nicht mehr bei Mode 8 sondern unterhalb Mode 7.





Kleinere Unterschiede Stephöhe 2 +/-0,1mm größer/kleiner ändern nichts am erkennbaren Trend.



Ein 0,1mm größerer 1. Step 0,6mm und 2. Step 0,5mm = 2. Segment zu Beginn weiter ändert 9 und 10, Mode 6 aber nach wie vor etwas nach oben. Ist also keine Verbesserung.

Mit 2 ~ gleichgroßen Steps a 0,5mm ist das maximale mögliche Änderungspotential hier in etwa erreicht!

Bore-Step Splitting – passende Abstände der zentrierten Steps:

Ich habe beim Splitting 40mm genommen. Dies enstpricht einer 1/8WL einer Frequenz zwischen notiert D3 und Eb3, bei der in etwa die ~ größte akustisch wirksame Länge des Mundstücks in Kombination mit einem Zylinder vorliegt. Andererseits sind 40mm die Differenz der ¼ Wellenlängen von notiert~G2=123mm und ~D3=83mm. Jenen Positionen, die bei einem reinen Konus mit 110 Länge und der gewählten/definierten Durchmesser 9 und 11mm besonders stark vom gewollten Stimmungsbild abweichen. Desweiteren sind ~40mm die akustische wirksame Länge um die hohe Modes tiefer sind, tiefe Mods höher!

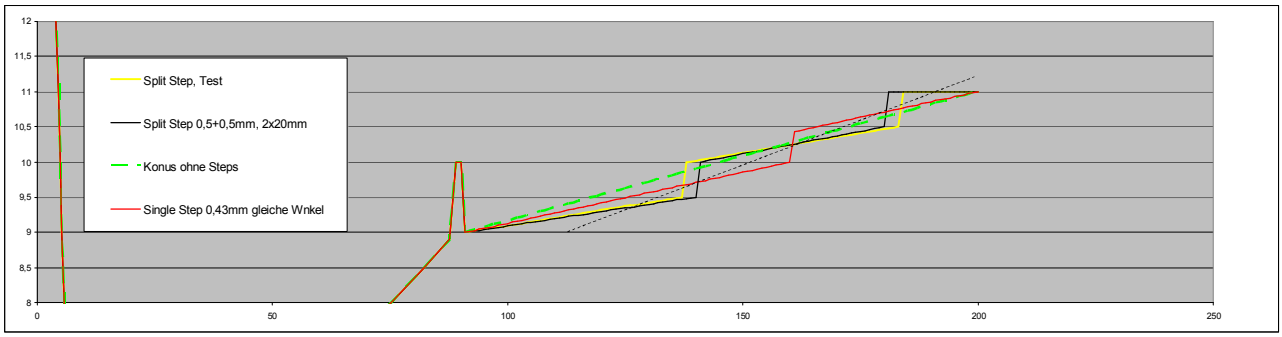
Mode 5 + Mode 10 haben aber die größte Abweichung JI gegen ET: -15 Cent. D. h. Mode 5+10 sollen diese (bis zu 15 Cent) höher sein als physikalisch anhand von Frequenzfaktoren bestimmbar. Die Abstände zwischen diesen beiden Frequenzen sind höher, diese sollten in der Frequ.-Kurve immer etwas höher sein!

Beim Step-Splitting ist der Effekt gegenüber einem gezielten Single-Step ein vermehrtes Pitch-Potential: Eine akustische Verlängerung unterhalb der gewollten Pitch-Node = großes Magnituden Potential down, eine akustische Verkürzung oberhalb aber innerhalb eines relativ kleinen Bereichs der durch die Abstände der Steps dominiert ist, wobei der Einfluß der Single-Step Position mit größerem Abstand reduziert wird.

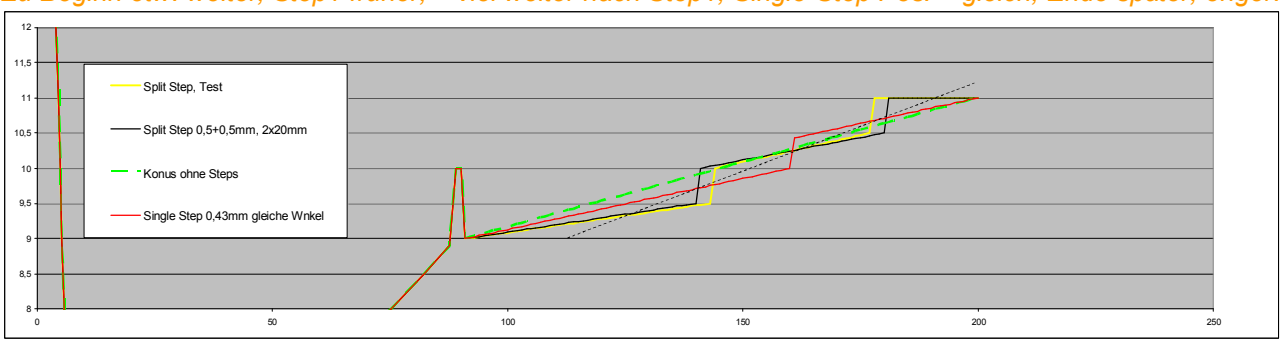
Nimmt man eine etwas höhere Frequenz ist auch deren Wellenlänge kürzer, wird der 2-Step Abstand kürzer, somit wird Segment 1 länger, Segment 2 zwischen den Steps kürzer und Segment 3 länger. Dadurch muß sich auch beim Step-Splitting eine andere Verteilung ergeben, bei Perturbationen ist es jedenfalls so.

Die Steps bleiben weiterhin bei 160mm TL zueinander zentriert, Position C3 soll ein Pitchnode bleiben.
Versuch 1: = 4,6cm: +0,6cm = Step 1 bei 137mm und Step2 bei 183mm.
Versuch 2: = 3,4cm -0,6cm = Step 1 bei 143mm und Step2 bei 177mm.
Dies entspricht jeweils einem Unterschied der ¼ WL von ~ Bb2-C3.
oder ~1 Ganzton oder ~100 Cent um die MPC Popping Frequenz nahe rundherum.

Um die gleiche Steigung von Segment 2 zu erreichen, müssten bei die Steps bei größerem Abstand etwas kleiner werden, bei kleineren Abständen etwas größer. Da die Unterschiede minimal sind, lasse ich für einen Vergleich die Step Höhen bei dem „bewährten" Modell mit 2 x 0,5 mm.

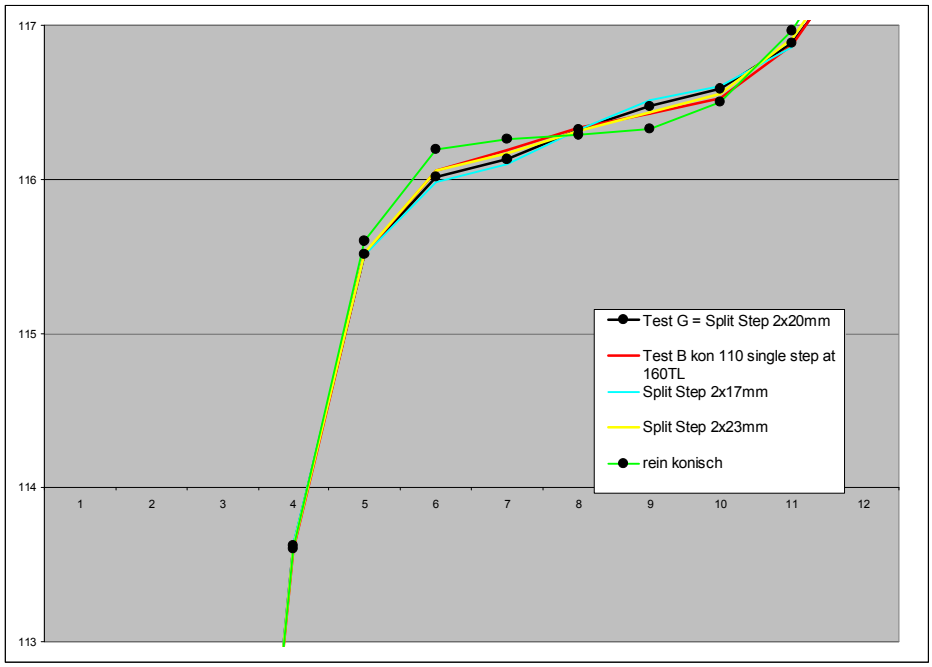


Versuch 1: Abstand jeweils 3mm länger zum Zentrum TL 160mm. = 4,6cm Gesamtabstand statt 4,0cm
Zu Beginn etw. weiter, Step1 früher, = viel weiter nach Step1, Single-Step Pos. ~ gleich, Ende später, enger.



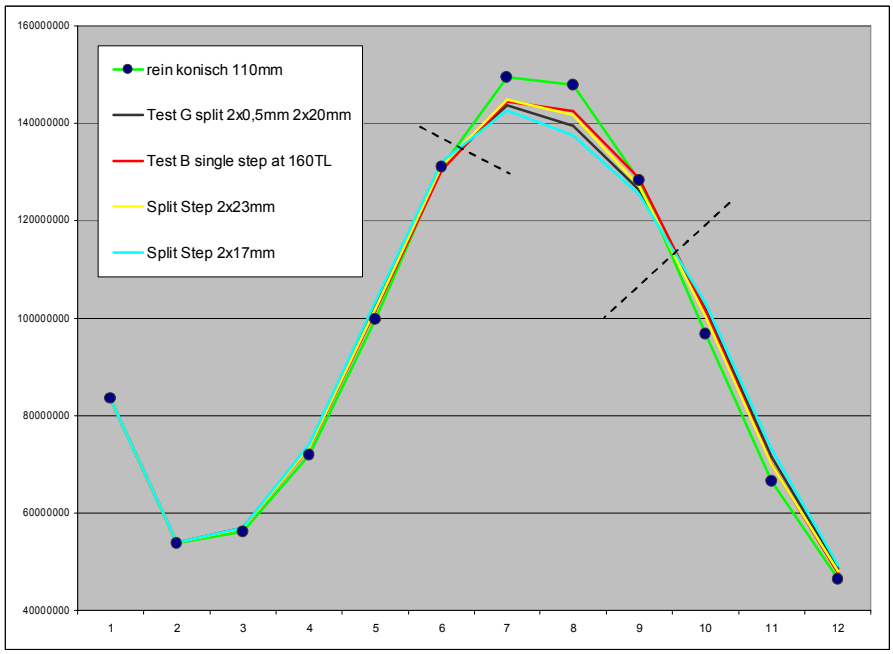
Versuch 2: Abstand jeweils 3mm kürzer zum Zentrum TL 160mm. = 3,4cm Gesamtabstand statt 4,0cm
Zu Beginn etwas enger, Step1 später, so enger nach Step1, Single-Step Pos. ~ gleich, Ende früher, weiter.

Der Querschnitt bleibt an der Single Step Position (mit selber Steigung der beiden Segmente) gegenüber dem Konus ohne Step ~ gleich. Man sollte bei den folgenden Experimenten einen max. Unterschied in einer Größenordnung eines Abstands von 2 Ganztönen erkennen können, z.B. notiert Bb2 =NT7 gegen D3 =NT9.



Kleinerer Abstand: Die Kurve bleibt bei C3 zentriert, wird steiler, Modes davor tiefer, danach höher
Der „Längenunterschied Bb2-D3 wird „größer“ spez. Bb2 soll nicht tiefer werden!

Größerer Abstand: Die Kurve bleibt bei C3 bleibt zentriert, wird gerader, Modes davor höher, danach tiefer
Größer: die Kurve nähert sich dem Single Step an, Vorteile des Split Step bei Mode 10 verschwinden.



kleinerer Abstand: Der größte Magnitudenverlust um C3 / Mpc Popp. Frequ., Magn. Mode 10 vergleichsweise hoch. Größerer Abstand 4,6cm: Annäherung single Step.
Magnitude Nodes bleiben unterhalb der Mpc Popp. Freq. bei ~ Mode 6, = großes Pitch Pot,
Magnitude Nodes oberhalb liegen aber nach wie vor unterhalb Mode 10, Mode 9 hat viel Pitch Pot.
Könnte die Magnitude von Mode 10 gezielt abgesenkt werden, hätte es ebenfalls mehr Pitch Pot.

Auch bei diesem Versuch stellt sich heraus, daß die vorabgewählten Abstände 2x20mm ein Mittelweg sind.
Mit Hilfe der Abstandsänderung kann um den Angelpunkt der Mpc Popp. Frequ. gezielt korrigiert werden.

Mode 10 zeigt sich aber nach wie vor unbeeindruckt und man kann ergänzen: Die Stelle mit der längsten MPC equiv. Länge lässt sich am einfachsten vertiefen und am schwierigsten erhöhen. Die Stelle mit der höchster Magnitude lässt sich am einfachsten nach unten drücken und am schwierigsten nach oben – ohne das es global zu vielen Einschränkungen kommt. Es ergibt sich eine weitere Stellschraube:

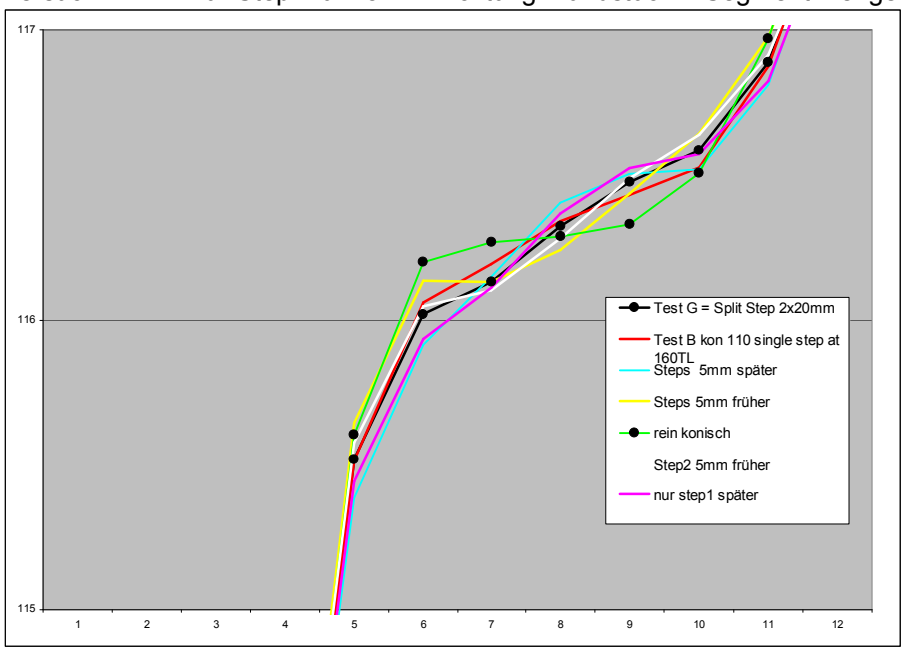
Verschieben des Perturbationszentrums inklusive der Steps.

Der Versuch beim zylindrischen Mundrohr mit 2 Steps zeigte, Step 2 nach vorne erhöht Mode 10, daher

Versuch A: nur Step 2 um 5mm Richtung Mundstück = Steps bei 140 und 175mm
(ergibt einen kleineren Abstand 35mm, und ein „Zentrum“ bei 157,5mm) Segment weiter

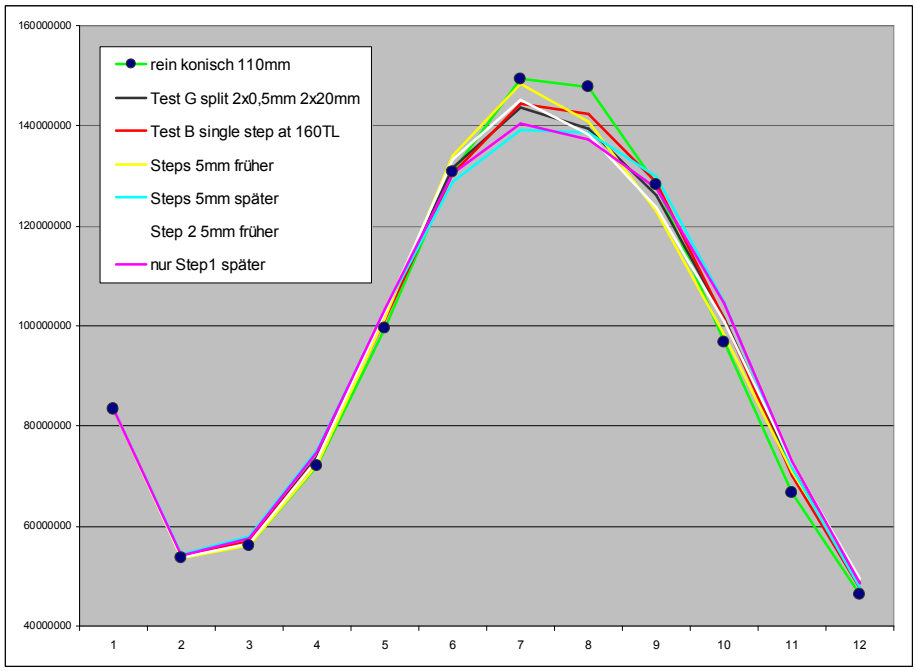
Versuch B: 5mm Richtung Mundstück = Zentrum 155mm TL =Steps bei 135 und 175mm = weiter
Versuch C: 5mm Richtung zyl. Bore = Zentrum 165mm TL =Steps bei 145 und 185mm =enger

Versuch D: nur Step 1 um 5mm Richtung Mundstück = Segment 1 enger, Segment 2 Start weiter

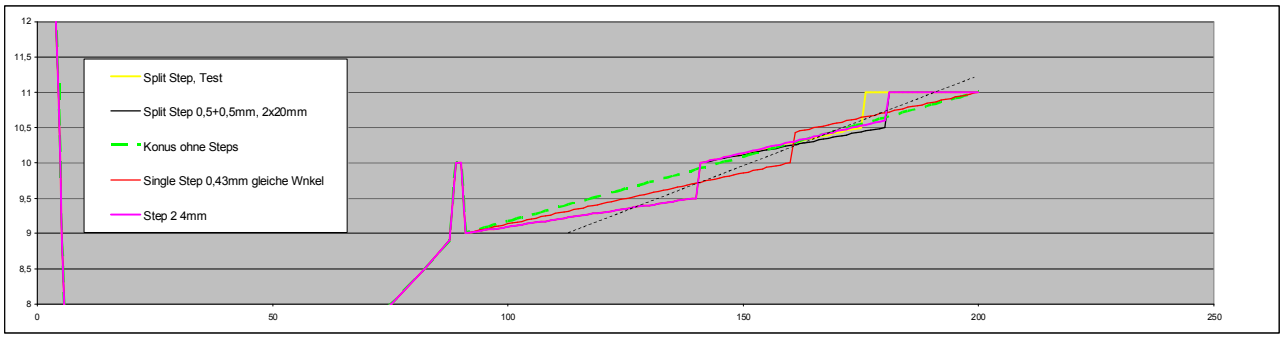


Fixierung Mode 8 aufgehoben!

Versuch A: Nur Step2: ergibt in etwa ein Ergebnis wie kleinerer Step2, Mode 6 zu hoch, Mode 10 hoch!
Versuch B: gegenüber Versuch A: vor allem Mode 6 ungewollt höher, Mode 10 nicht höher – scheidet aus.
Versuch C: Verschieben Richtung Zyl. Bore muß einen ~ gegenteiligen Effekt haben – heftig – scheidet aus.
Versuch D: Ändert Mode 6 stark, Mode 10 nicht so stark.



D. h. Step Position 1 und Höhe ändern vor allem die Frequenz von Mode 6,
Step Position 2 und Höhe Step ändern vor allem Mode 10 stärker.

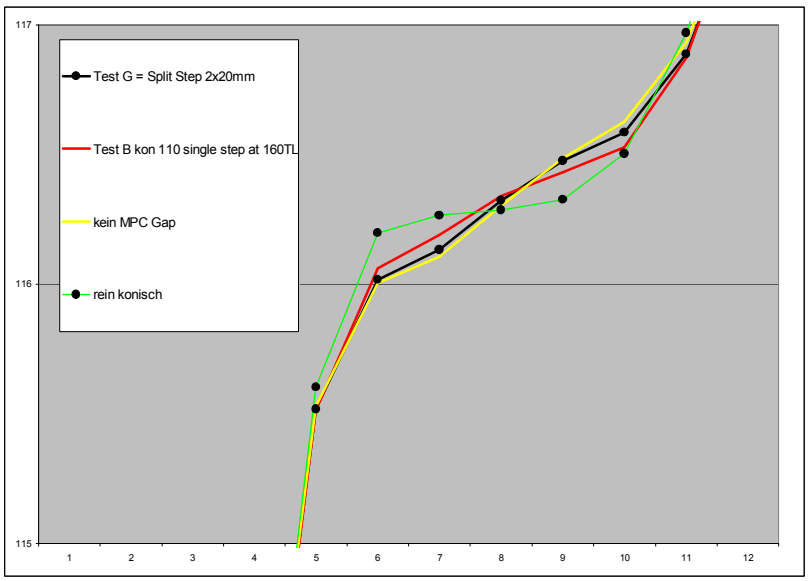


Step Pos. 2 5mm früher bzw. Stephöhe nur 0,3mm ändern exakt in die selbe Richtung bei Mode 10, Mode 6 ist bei 0,3mm Stephöhe geringfügigst höher als der frühere Step.

Wenn die Stephöhe näher am Original 0,5 liegt, dann stört eventuell der Winkel von Mode 7 zu 9. Dieser ist auch beim Split Step 2x20mm gegenüber dem Single Step schon hoch und noch nicht korrigiert. Dieser Winkel kann „flacher" gemacht werden, wenn das Perturbationszentrum bleibt, aber die Steps auseinander geschoben werden. Bei Step 1 weigere ich mich aber, dies würde Mode 10 wieder verschlechtern. Schiebt man Step 2 nach hinten, ist es das Gegenteil was ich für Mode 10 brauche.

Wird der 2. Step 5mm früher begonnen und nicht als Step ausgeführt, sondern als kurzer „Konus", dann passt sich die Kurve wieder dem Standard Split-Step an und die Frequenzanhebung Mode 10 nimmt ab. Des weiteren entspricht der letzte Step nur Std. Rohrstärke, Ein Rest >0,3mm müsste praktisch sowieso bleiben – es sei denn man würde das mit Titan oder ähnlich machen. Also nicht die Lösung. Den 2. Step minimal vorsetzen ist eine Designmöglichkeit, es braucht an am / um den letzten Step eine Querschnitterweiterung, und es muß ein „Step bleiben". Fazit: Auch am großen Ende ist bereits einem Optimum erreicht!

Perturbationen + daraus ein 3. Step am kleinen Ende sind die finale Stellschraube.

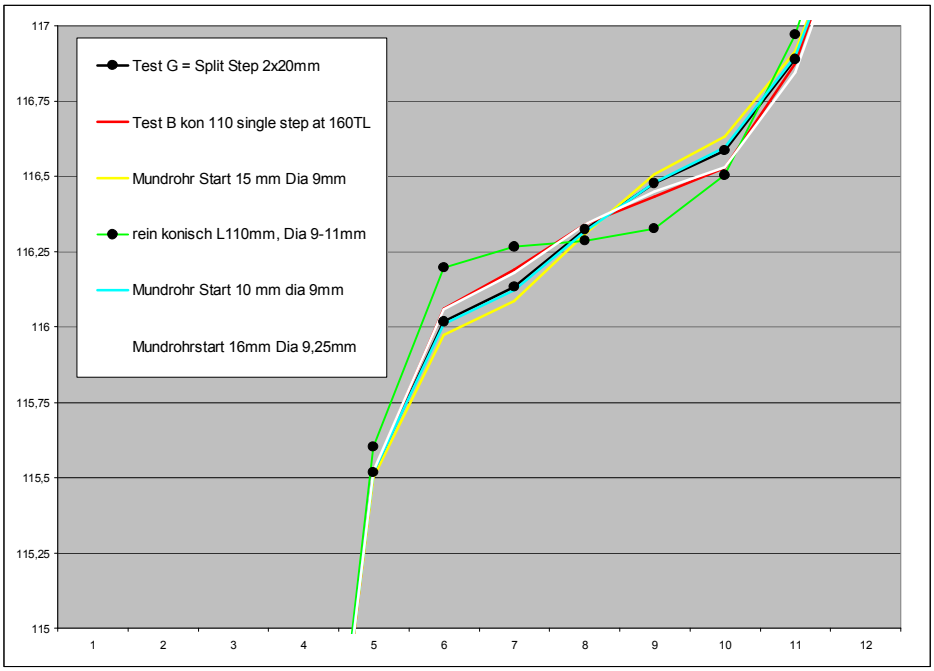


Eine Lösung für Mode 10 wäre den MPC Gap zu eliminieren, dann wäre das Ergebnis besser. Sobald aber ein nur kleiner (1mm) Gap bleibt - was in der Praxis erforderlich ist, (damit das Mundstück einen guten Sitz hat, Receiver und Schaft nützen mit der Zeit ab etc.) – ist der negative Einfluß wieder da. Aber das sind in den Tests Größenordnungen von nur ~1 Cent! – Bei den weiteren Versuchen daher wieder 2,2mm Gap. Der Gap soll aber in jedem Fall so klein wie möglich gehalten werden. Er hat eine vorgegebene Position und ist ein Störenfried. Man liest aus der Grafik, daß bei Entfernen des Gap = eine Durchmesser Reduktion am Mundrohrbeginn ein besonderer Effekt eintritt: Unterhalb MPC Popp. Freq. tiefere, darüber höhere Frequ!

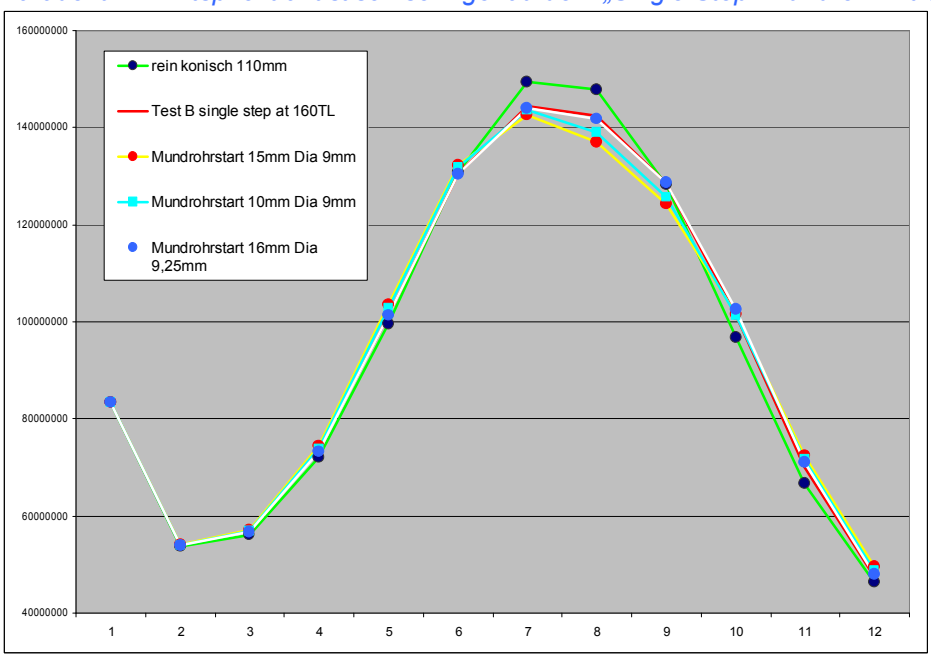
Der falsche Weg: Was passiert, wenn man ein enges Stück nach dem MPC-Gap einfügt – MPC Bore-Size ~9mm und Länge ca. 5mm? Dann verschieben sich alle Positionen nach hinten, das Mundrohr wird enger+länger, Die Frequenz von Mode 10 „stürzt ab", es entsteht ein „Knick" , ähnlich dem Versuch C: Steps + Zentrum verschieben. Beginnen Steigungen früher =weiter+kürzer, dann ist der Knick bei Mode 6 Auch Steigung Segment 1 zu ändern kann nicht gut gehen. (Grafiken dazu entfallen.)

Die Step Positionen und Größen bestimmen die Funktion dieses Konzepts besonders. Diese sind an das Mundstück angepasst und sollten nicht geändert werden, es sei denn es gibt anhand Schallbecher, Ventilen, etc. einen besonderen Grund. Bleibt also die Steigung von Segment 1 zu belassen, allerdings den ersten Teil enger oder weiter zu machen. Man kann die Kurvenform mit Zentrum bei der MPC Popp. Freq. drehen:

Test A: Dia 9mm zylindrisch über eine Länge von 10mm anstelle Konus, bei 10mm = Sprung auf 9,10mm
Test B: Dia 9mm -„- von 15mm anstelle Konus, bei 15mm = Sprung auf 9,25mm
Test C: Dia 9,25mm (weiter, Step bei TL90mm) von 16mm anstelle Konus, bei 16mm = Übergang Konus
Es entsteht dadurch jeweils ein 3. Step am ~ Mundrohrbeginn



9,00 mm zyl. Länge 10mm: Da nur 0,1mm auf 10mm max. Diff. Durchmesser de facto keine Änderung *gegenüber Konus:* Senkt Mode 6 moderat, erhöht Mode 9 + Mode 10 moderat
9,00 mm zyl. Länge 15mm: Senkt Mode 6 stark ab, erhöht Mode 9 +10 stark
9,25 mm zyl. Länge 16mm: Senkt Mode 6 weniger ab, erhöht Mode 9, nicht aber Mode 10
Paradoxum? Entspricht akustisch sehr genau dem „Single Step" Mundrohr – trotz völlig anderer Geometrie!

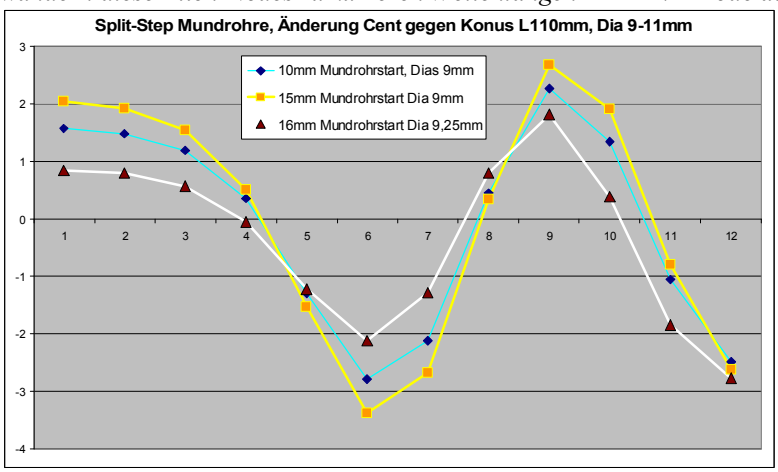


Alle Magnituden sind (mit Ausnahme 7,8,9 – was physisch bedingt ist) höher als beim konischen Mundrohr. Die größte Abweichung Peak Mode 8 und mit der stärksten Längenkorrektur liegt bei *max. nur 7% Reduktion* und ist *abhängig vom tatsächlichen Korrekturbedarf – **dieser wird üblicherweise hoch sein*** - des noch fehlenden Schallbechers, Ventilstock, Wasserklappen, vorhandener Gaps, Perturbationen und sonstiger Fehlerquellen sowie bei einem stark abweichenden anderen Mundstück.

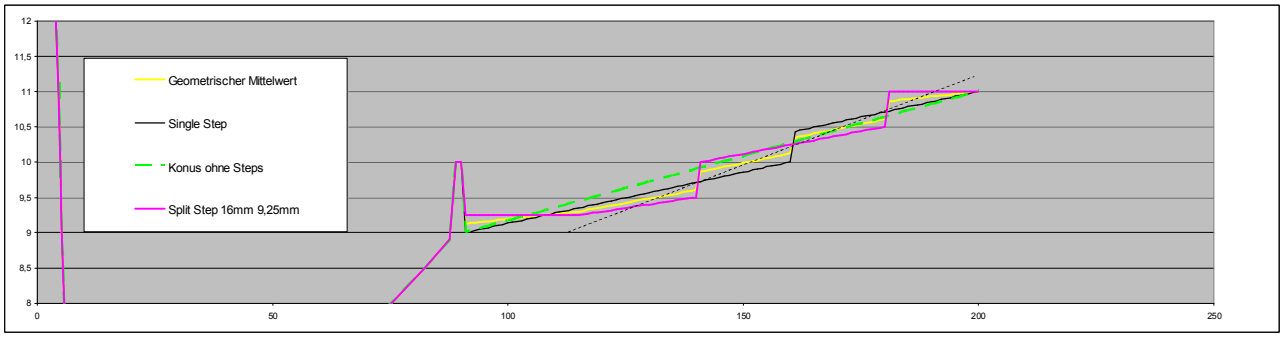
Inharmonizität bei Kombination Mundstück und dem Konus Länge 110mm:

Bei Mode 6 ist der lineare Konus in Verbindung mit dem Mundstück akustisch zu kurz / höher, bei Mode 9-10 zu lang/ tiefer. Im Bereich Stimmton (Mode 4) und an der Mpc Popp. Frequ. akustisch aber ziemlich gleich lang. Bei allen gezeigten Kombinationen sind Modes 1-4 etwas höher als der Konus. Ich habe diesen als Ausgangslage gewählt, weil hier vor und nach der Mpc Popp. Frequ. das Veränderungspot. ~ gleich hoch ist.

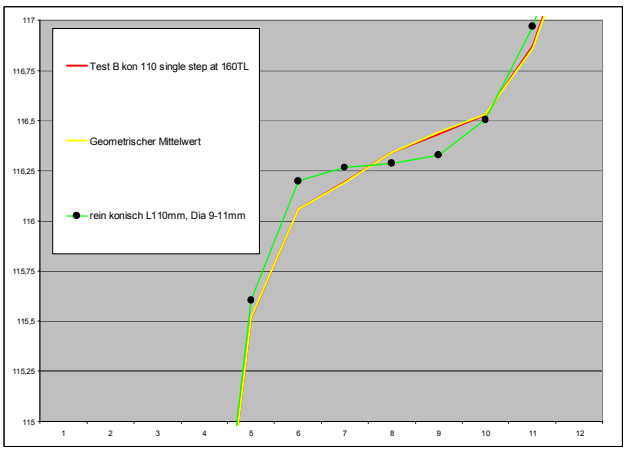
Pitch Nodes sind bei ½ WL der MPC Popp. Frequ.=~Mode 4 und der Mpc Popp. Frequ. selbst, bei starker Korrektur wandern diese Pitch-Nodes zu kürzeren Wellenlängen -> ~1/2 Mode aufwärts nach Mode ~4,5 und und Mode ~8.

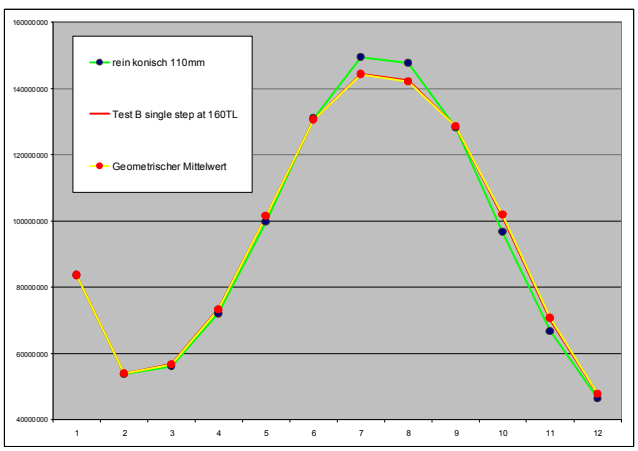


*Gegenüber dem konventionellen Mundstück + **linearen Konus mit einer gefundener optimaler Länge ~110mm**, bei Steigung von 9 auf 11mm Durchmeser + einem zyl. Rohr, das dem Enddurchmesser des Mundrohres = Boresize entspricht - die bereits ~ die beste Ausgangslage darstellen, lässt sich der Frequenzbereich um Mode 10 V0 nur mehr mit einer extremer Drehung zu Lasten einer Vertiefung Mode 6+7 erhöhen, detto nur mit Magnitudeverlust Mode 7+8, immer aber nur mit einer maximalen Erhöhung von Mode 9, ganz egal wie man das anstellt. Das konventionelle Trompeten – Kessel - Mundstück als solches hat eine „Übermacht", es dominiert, aber das wussten wird bereits.*



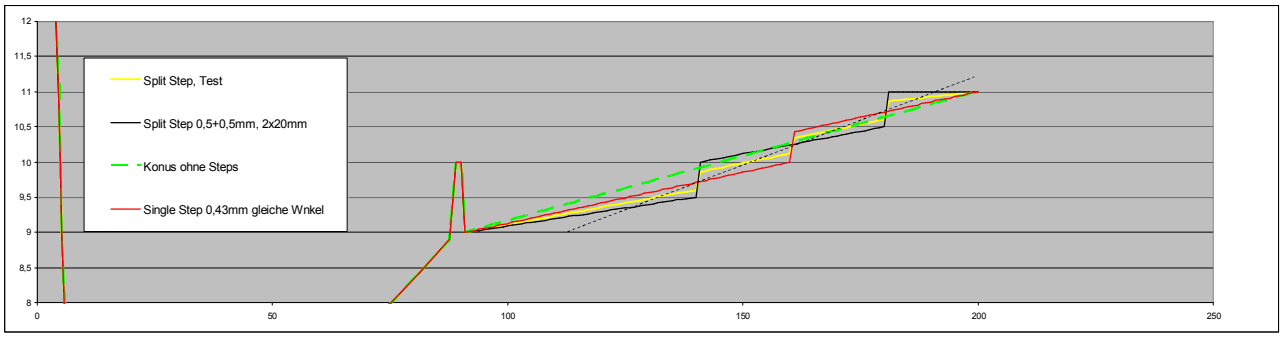
Paradoxum und Kuriosum: Diese 3 geometrisch sehr unterschiedlichen Mundrohre haben im Spielbereich idente akustische Eigenschaften – d.h. sind voneinander nicht unterscheidbar!
Gelb: Mittelwert der Durchmesser aus Test B + C



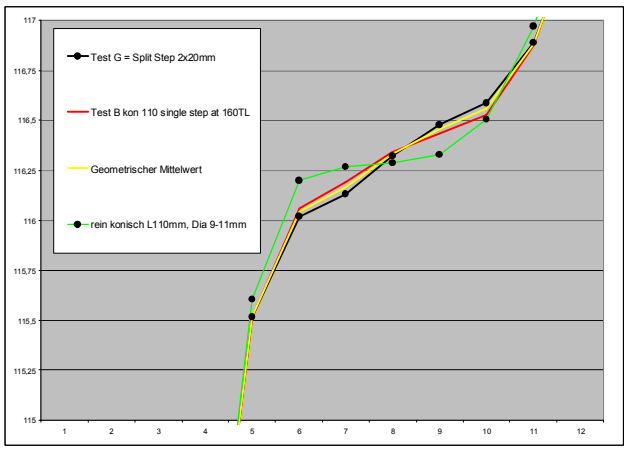


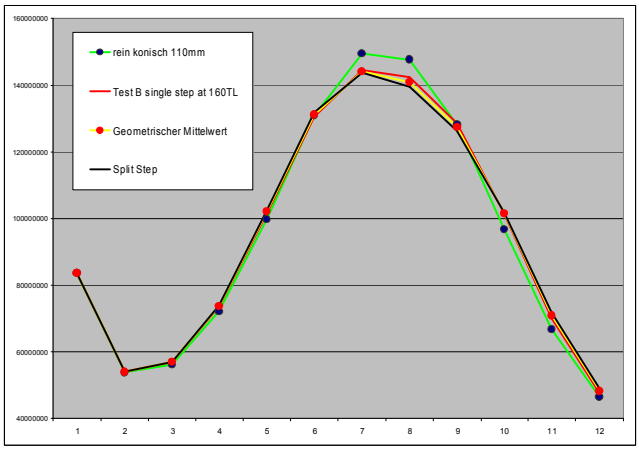
Gelb: Auch der Mittelwert Radien aus Test C: Step-Split mit Start 16mm * 9,25mm und Test B: Single Step mit Stephöhe 0,433mm = gleichen Steigungen der beiden Segmente - liefert akustisch das selbe Ergebnis! = Mittelwert aus quasi nicht mehr relevanten Abweichungen.

Mittelwerte der Durchmesser von Single Step + Split Step:



Bildet man aus beiden Varianten einen simplen Mittelwert (gelb), entsteht 1 zus. Step an der ursprünglichen Stelle. Alle Steps sind kleiner, Steigungen liegen mittig. Das Potential sollte fallen. Aber gibt es Ausreisser?



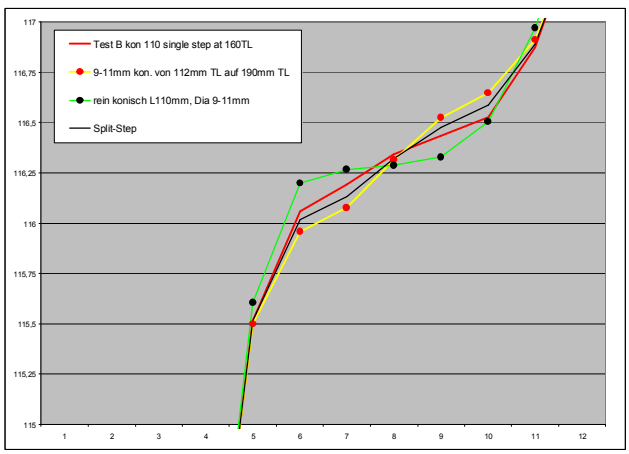


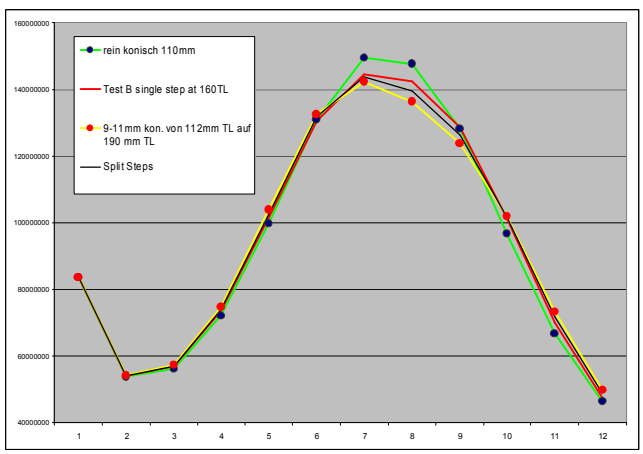
Ergebnis gelb: Alle Abweichungen liegen ebenfalls mittig, haben somit weniger Potential als der Split-Step! Ein Nachteil des Single Steps bleibt – es gibt am Ende keinen brauchbaren Step für eine Teleskopfunktion.

Die Idee der Mittelwerte der Stepvarianten kam daraus, daß man die plötzlichen Steps in Bereiche mit einer plötzlich geringeren Krümmung (kleinere Stephöhen) verwandeln könnte. Das bringt akustisch in Summe keine ersichtlichen Vorteile, aber auch keine Nachteile, abgesehen von etwas weniger Potential.

Die unscheinbare, schwarz strichlierte Linie im Diagramm ist seit dem Split Step Versuch da. Sie verläuft linear eigentlich als Hilfslinie zur Orientierung durch die Mittelwert-Punkte der Split-Steps, als auch des Single Steps. Welches Ergebnis würde ein solches Mundrohr abliefern?

Diese Form wäre am Anfang viel enger, hätte eine plötzlich positive Krümmung der Steigung bei~ 112mm TL und eine plötzlich negative Krümmung bei 190mm. Es würden alle mühevoll gesetzten Steps fehlen:





Das Ergebnis ist sehr überraschend! Die anhand der Step Positionen gefundene neue Form hat ohne Steps das doppelte Korrektur Potential gegenüber den Split-Steps! Dann aber zu erwarten die größten Impedanz

Einbußen um die MPC eq. Länge bei ~NT8. Hat man die richtigen Step Positionen, ergibt sich eine Steigung mit max. Änderungspotential, wenn die Steps weggelassen werden. Pitch-Node ~ Mode 8 bleibt aber fixiert.

Eine max. Erniedrigung der Imp. Magnitude um NT8 ergibt sich dann, wenn der Startdurchmesser kleiner gemacht wird, aber auch bei einem extra Enlargement (Kluppenzug bei ~ 200mm TL). Beide Fälle treffen hier aufeindander. Einen praktikablen Step am Ende hätte ich gerne weil damit viele andere Probleme gelöst werden könnten. Mit einer Einengung am Beginn kann ich mich durchaus anfreunden, ein zylindrischer Bereich >9mm am Start anstelle des Konus würde das Potential wieder etwas absenken.
Am Mundrohrende wäre mit dieser Form aber kein praktikabler Step (wenn erwünscht) am Ende möglich.

Gegenüber dem Basis-Konus Länge 110mm und gegenüber einem Bell-Skirt kann man beobachten:
Am Mundrohrbeginn ist nun eine höhere negative Steigung (zyl. Teil). Eine kurz danach plötzlich erhöhte (=normalisierende) Krümmung der Steigung (Beginn Konus) „beendet“ verkürzt das Rohr frequenzabhängig, (hier hohe Modes > MPC Popp. Frequ.) früher, mittlere Modes später. Das steht im Gegensatz zu einem Bell-Skirt, wo mittlere Frequenzen früher, höhere aber erst bei höherer Krümmung „beendet“ werden!

Vergleicht man den linearen Konus 9-11mm über die Länge von 110mm mit dem nun gefundenen Konus, dann ist der Durchmesser bei 160mm ~ gleich. Der korrigierende, kürzere Konus hat eine höhere Steigung. Um so geringer die Steigung wäre – aber mit Zentrum immer bei 160mm TL, d.h. längerer konischer Teil mit früherem Beginn und späterem Ende, umso mehr Korrekturpotential würde dieser Konus verlieren und sich dann dem Basis-Konus, der als Vorlage gedient hat wieder angleichen.

Ein ähnliches Korrekturpotential wird auch erreicht wenn der Abstand bei Split-Steps etwas kürzer gewählt wird, siehe vorangehenden Versuch 2. Auch hier würde ein imaginärer Konus eine etwas höhere Steigung haben. Wird der Beginn zusätzlich geringfügig in Richung 9mm eingeengt (3. Step), verstärkt sich der Effekt etwas, der letzte Step würde aber bleiben.

Das Potential kurzer Mundrohre - Zusammenfassung:

Auch „konventionelle“ kurze Mundrohre ohne Stufen reagieren auf Querschnittveränderungen am Mundrohrbeginn und am Mundrohrende in selber Art und in die selben Richtungen wie geschildert!

Kurze Mundrohre können Frequenzen und entsprechende Wellenlängen unterhalb ~ ½ Wellenlänge des Mundstückes kaum ändern, und daher auch nicht korrigieren (~ Mode 1-4). Abweichungen bei diesen Modes haben ihre Ursache daher an anderer Stelle. Mode 4 hat aber ein Potential zum Erhöhen durch die Situation am / nach dem Mundrohr Ende (Durchmessererweiterung).

Das von mir analytisch entwickelte und beschriebene Konzept für kurze Trompeten Mundrohre kann die ungewollte Z-Form der konischen Variante bei den Resonanzfrequenzen mit **exakt 3 Boresteps** gezielt korrigieren. Da es das Problem der MPC-Equivalenten Länge direkt adressiert ist es nicht auf Bb-Stimmung beschränkt. Das Mundrohr wird am effizientesten mit dem Mundstück und dem Instrument funktionieren für das es auch individuell angepasst wurde!

Der erste Bore-Step ergibt sich nach dem MPC Gap oder nahe des Mundrohrbeginns anhand der erforderlichen Korrektur des fehlenden Schallbechers, ein Bore-Step bei ca. 140mm TL sowie der das Mundrohr beendente Step bei ~ 180 mm TL sind das Ergebnis eines „Single Bore-Step“ Splittings.

Die Single-Borestep Position definiert das Zentrum und ergibt sich anhand der äquivalenten akustisch wirksamen Länge des Mundstückes das korrigiert werden soll. Mit einem zentrierten Konus erreicht man die größtmögliche, mit einem Step-Splitting eine optimale Korrektur. Der letzte Borestep kann vorteilhafterweise als Stimmzugersatz verwendet werden wo dadurch keine weiteren Gaps notwendig sind, muß aber nicht!

Es können auch Mittelwerte der Geometrie Varianten verwendet werden, die Ergebnisse sind dann ebenfalls Mittelwerte der gewählten Varianten. Ein richtig platzierter „Hauptsprung“ beim Single Step, als auch mit richtigem Abstand dazu platziere Step-Splits dominieren die Funktion dermaßen, daß restliche Segmente geometrisch sehr unterschiedlich ausfallen können, ohne das die Funktionsweise gestört wird!

Das selbe gilt für konische Mundrohre ohne Steps, wenn die passende und zentrierte Stelle und Steigung am Punkt liegt, wo die Impedanzmagnitude des Mundstücks (Popping Frequ.) am stärksten verringert wird.

Stimmvorrichtungen / Stimmzüge / Boresize in Bezug auf Mundrohre:

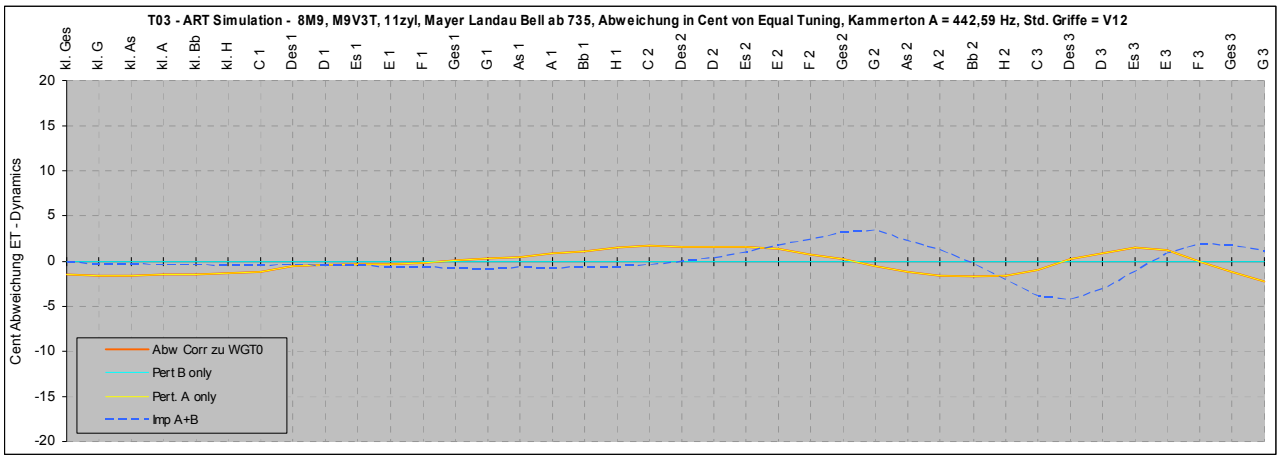
Traditionelle Anordnung von Ventilen nach (einem kurzen) Mundrohr, die Valve-Boresize ist hier dadurch vergleichsweise „klein“: Drehventil Trompeten, Drehventil Flügelhorner, Perinet-Ventil Flügelhörner. Stimmungsänderungen mit 1 einzelnen Zug brauchen den 2-fachen Auszug gegenüber Stimmzugbögen.

Teleskopische Stimmvorrichtung:

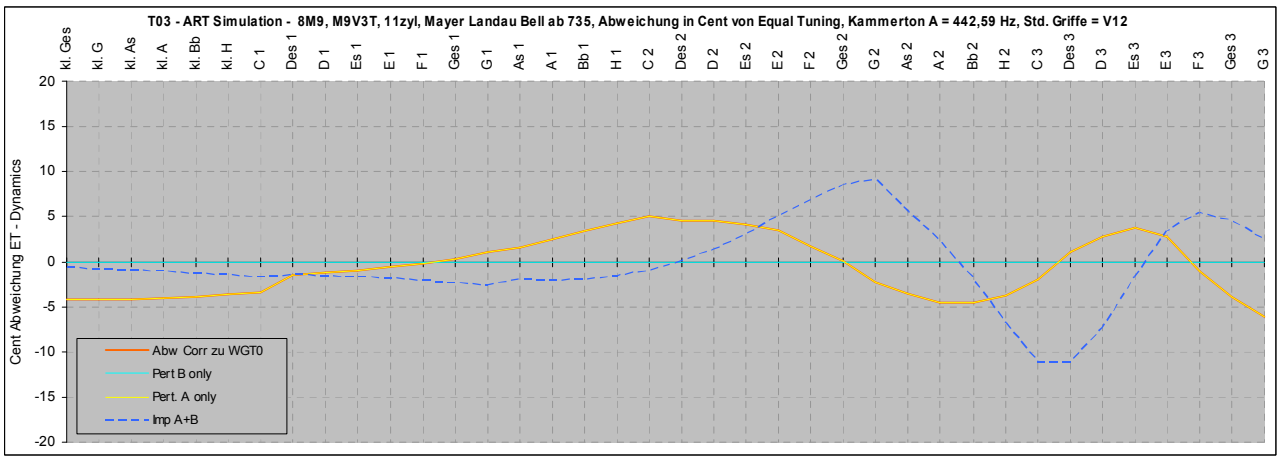
Ein letzter Step des Mundrohres auf Valve-Boresize ersetzt einen „Gap“.
Diese Anordnung ändert die Harmonizität bei Auszug des Teleskops nicht.
Die Standard Auszugslänge und Abstand zu den Ventilen spielt hier akustisch und praktisch keine Rolle.

Klassischer Kluppenzug mit „Gap“:

= Single Perturbation, sehr starkes Enlargement zwischen Mundrohr und Ventilstock:
Der Durchmessersprung ist hier Mundrohr Ende (Stärke Wandung Mundrohrende = Step)+ Rohrstärke und am anderen Ende Rohrstärke Mundrohraufnahme –Ventilohr.
Der Bereich um C2 ist durch den Gap höher, Bb2 tiefer.



Kluppenzug Gap Dia 12mm statt 11mm Bore über eine Länge von 10mm, Perturbation Zentrum bei 185mm



Kluppenzug Gap 12mm statt 11mm Bore über eine Länge von 20mm, Perturbation Zentrum bei 190mm

Abhängig von der Auszuglänge ändert sich die Harmonizität stark, bei Bb-Instrumenten:
Negativ: Der Bereich um den Stimmton C2 wird mit mehr Auszug = längere Rohrlänge gesamt --> höher!
Negativ: Die Impedanzmagnituden Bb2-C3 werden stark reduziert. **Positiv:** Eb2+Eb3 werden erhöht.

Der heftige Gap beim Kluppenzug muß beim Mundrohrdesign anhand einer Standardlänge des Gaps mitberücksichtigt werden: Design in Richtung Single Step, kleinerer Single Step = in Richung Konus, und Mundrohr zu Beginn weiter = weniger Steigung, also „zylindrischer“; bleibt ein schwieriger Kompromiss!

Immer wenn der Ventilstock nach einem einzelnen Auszug an einer beliebig anderen Position liegt, (z.B. erst vor dem Schallstückbeginn), dann kann beim Mundrohrdesign etwas gegengesteuert und korrigiert werden!

Stimmzugbögen an traditionellen Standard Positionen = Double Perturbation bzw. Splitting, Enlargements

Siehe dazu Teil 6 meiner Arbeit.

Anordnungsfolge Mundstück, (kurzes) Mundrohr, Ventilstock, Stimmzugbogen, Schallbecher:
Meist Drehventile, small Bore: „Konzert-Trompeten“

Die akustischen Auswirkungen von 2, dafür gegenüber dem Kluppenzug nur halb so lang notwendigen Auszugslängen können bei Ventilinstrumenten nicht vollständig kompensiert werden solange beide auf nur einer Seite des Valveclusters liegen! Die Änderungen liegen über den gesamten Spielbereich unregelmäßig verstreut. Leider hat die Evolution der Ventilinstrumente das nicht in den Griff bekommen. Zumindest 1 der beiden üblichen Positionen liegt immer ungünstig.

Anordnungsfolge Mundstück, (langes) Mundrohr, Stimmzugbogen, Ventilstock, Schallbecher:
Meist Perinetventile, „medium – large Bore“: „Jazztrompeten“, Kornett, aber auch „Federstecher“

Auch hier liegen beide Gaps auf einer Seite des Valveclusters und können gegenseitig nie vollständig kompensiert werden. Auch hier liegt zumindest immer 1 der beiden Positionen ungünstig, auch bei einer „reversed Leadpipe“ Anordnung.

Bleibt man bei der traditionellen Bauart von „Jazztrompeten“ und der Positionen der Stimmzug Gaps, dann liegt zumindest der 1. Gap nach dem längeren Mundrohr, bzw. bei einer „reversed“ Anordnung vor dem Stimmzugbogen und es kann dieser 1. Gap mit einer „Standard“ Auszuglänge in ein Mundrohrdesign mit einfließen. Der zweite Gap liegen meist ein kurzes Stück vor dem Valvecluster.

Anordnung Mundstück, (langes) Mundrohr, Bogen, Ventilstock, Stimmzug + Schallbecher = „Bell-Tuning“:
Hier liegt 1 (längerer) Gap nach dem Valvecluster und wirkt sich ebenfalls sehr unregelmäßig aus.

Wollte man die akustischen Änderungen durch die Stimmvorrichtung (mit Ausnahme Teleskop = Borestep) möglichst kompensieren, müsste 1 Gap vor dem - und 1 Gap nach dem Valvecluster positioniert werden!

Tuning-Slide Gaps bewirken eine Querschnittänderung der Rohrstärke des Innenzuges. Bei Instrumenten aus Metall also rund 1mm mehr Durchmesser, bei leicht gebauten Instrumenten mit dünnerer Rohrwandung geringfügig weniger. Bei Bassinstrumenten mit (viel) größerer zylindrischer Mensur wächst die Rohrstärke nicht mit an, Stimmzug Gaps haben dadurch wesentlich weniger Effekt.

Gaps an Ventilstimmzügen bewirken ebenfalls akustische Abweichungen in den gleichen Größenordnungen. Wurde ein Instrument „schlampig“ montiert, finden sich solche Gaps auch ohne Auszug des Bogens. Selten, denn es gibt Ausnahmen (Perturbationen), werden solche Gaps absichtlich vorhanden sein!

Enge Bögen in Boresize wirken akustisch etwas „weiter“ aber „kürzer“ und haben daher ebenfalls akustische Auswirkungen. Daher macht es einen Unterschied, wo sich solche Bögen (z.B. bei Ventilscheifen) aber auch in Ventildurchgängen befinden. Bei Ventilinstrumenten haben wir es mit sehr vielen engen Bögen zu tun!

Schlecht konzipierte Plastik-Instrumente haben meist wesentlich stärkere Plastikrohre > ~2mm und solche „Monster“-Gaps haben daher auch sehr heftige akustische Auswirkungen!

Reynold Schilke, Meinungen eines Instrumentenmachers – Brass Clinics:

Er geht davon aus, daß durch Änderung der Steigung = dy/dx an Positionen der Pressure Antinodes von einzelnen Tönen die Intonation verändert werden kann, er sagt in seinen Mundrohren sind 14 solcher Korrekturen. Einige solcher Korrekturen sind aber nur am Schallbecher machbar. Er findet, daß Töne im zylindrischen Bereich nicht geändert werden können, sondern nur in „tapered/flaring" Sections und auch im Stimzugbogen, deswegen sind seine Mundrohre viel länger als die der restlichen Mitbewerber.

Meine Vermutung: Indem die Stimmzugaufnahme im oberen Bereich reversed gebaut wird meint er damit den Übergang von Mundrohr zum Stimmzugbogen. Der Gap ist dann kurz vor dem Bogen. Da Schilke einige Trompeten mit Bell-Tuning designed hat, sollte da kein oder nur ein kleiner Gap sein, aber es könnte auch ein kleiner Borejump, oder auch ein leicht konischer Stimmzugbogen gemeint sein.

An einigen Stellen wird die Frequenz eines (zu korrigierenden) Tones um beinahe 25 Cent geändert, wenn die Steigung auf ¼ Inch = 6,4 mm um nur 1/1000 Inch = 0,0254mm abweicht – das ist etwas sehr klein?

Auf MPC Equiv. Längen geht auch er nicht ein, meint aber die Positionen von „Pressure Points" = Pressure Antinodes und „Rarefractions" = Pressure Nodes mit einem Kontaktmikrophon an der Rohraussenwandung gefunden zu haben, während auf der Trompete von einem Musiker Töne ausgehalten wurden.

Wenn nur ein Ton gespielt werden muß, und das Rohr an einer Stelle eines Druckknotens entfernt wird, hat das keinen Einfluß auf diesen Ton. Er gibt ein Beispiel anhand der Wasserklappe seiner C-Trompeten:

G1 hat hier ~ einen Druckbauch. Wird die Wasserklappe geöffnet, stoppt der Ton G1.

C2 ist hier „off-taper" = zwischen Druckbauch und Druckknoten; Dieser Ton wird um ~ 1 Ganzton höher, man kann die Wasserklappe für diesen Ton als „Trillerklappe" vewenden.

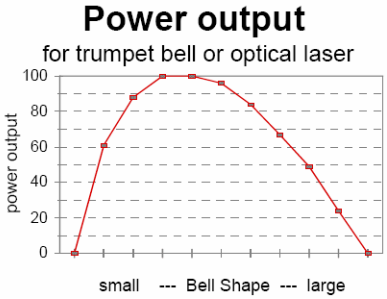
E2 hat hier eine Rarefraction = Druckknoten = Pressure Node = Flußbauch: Frequenz E2 ändert sich nicht. Das ist in etwa die Funktion von „Wiener Klappen" bei Drehventil-Konzerttrompeten.

Stützen und Streben sollen auf keinen Fall an Positionen liegen, wo viele Pressure Antinodes zusammenfallen. – Er geht nicht auf die damit verbundenen Effekte ein. Am Mundstück und Munstück-Receiver fallen aber alle stark zusammen. Alle seiner (auch Sliding Bell) Modelle haben hier eine Stütze.

Dr. Richard Smith, England – wenn ein Wissenschaftler Instrumente baut:

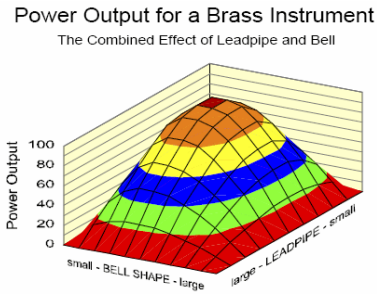
Exzellente Online Recource, und wie Blechblasinstrumente funktionieren. Er stellt Grafiken zu Mundrohren online, wo einige Abweichungen erklärt werden, zu einer Referenz, die aber niemand außer Hr. Smith kennt. Stimmungsänderungen durch eine geänderte MR-Geometrie verschweigt Dr. Smith.

Er schildert, daß wenn man Konusse mit verschiedenen Winkeln anbläst, dann sind solche mit großen Winkeln unspielbar, werden die Winkel kleiner dann werden sie besser spielbar, werden aber ab einem gewissen Punkt wieder schwer spielbar. Ähnlich verhält es sich mit Mundrohren. Die „Boresize" hat als Bindeglied eine untergeordnete Bedeutung. Ein „weiter" Schallbecher braucht ein engeres Mundrohr und umgekehrt. Extreme zu beiden Seiten sollte man meiden. Becher+Mundrohre müßen zum Bläser passen!



© Dr. Smith

theor. zu enge und zu weite Schallbecherformen
Nur ~ 1% werden im Idealfall überhaupt abgestrahlt!
Bei einem Laser über Spiegel sind es nur ~0,1%



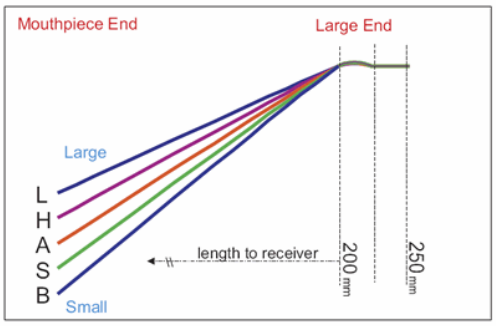
© Dr. Smith

Eine ideale Abstimmung von Leadpipe und Bell liegt auf diesem Berg oben (jeweils ~ in der Mitte) und hängt vom Bläser + Mundstück ab.

Schaut man auf das Instrument als Ganzes, so „hält“ die Bohrung einen Anteil der Energie, die durch den Bläser zugeführt wird, diese wird aber graduell durch den Schallbecher und das Mundrohr verloren.

Sind die Verluste durch einen großen Schallbecher und / oder Mundrohr zu groß, wird der Bläser schnell ermüden oder keine Resonanz hervorbringen. Umgekehrt sind Schallbecher und / oder das Mundrohr zu klein, dann wird das Instrument schwer zu spielen und weniger Schall wird abgestrahlt (weniger Lautstärke).

Irgendwo dazwischen findet sich eine optimale Balance für die Größe des Schallbechers und der Leadpipe für jeden Spieler, abhängig von seinem Ansatz, Mundstück-Setup und Spielumgebung. (Studio, Orchster, Quintet, Outdoor, etc.) Seiner Erfahrung nach werden von seinen professionellen Kunden eher engere Formen und Kombinationen gegenüber weiten Formen bevorzugt, da diese leichter zu spielen sind.

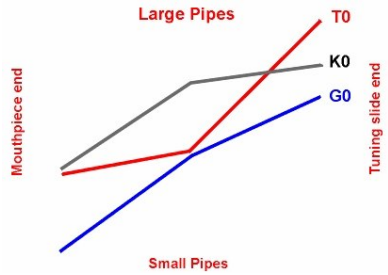


This is applicable to the following instruments

C Trumpets
E-flat Trumpets
E-flat Cornets
Tenor Horns
Soprano Fanfare Trumpets (default = H200)
Melody Fanfare Trumpets (Default = H200)
Herald/Cavalry Trumpets (Default = B200)
Post Horns (default = H200)

© *Smith-Watkins*

Mundrohre für “smaller” Instruments; interessanterweise ist hier auch ein Tenorhorn dabei;
Melody Fanfare Trumpets sind in Bb, der Becher hat mehr Flare als bei den ventillosen Herald Trompeten, diese sind in tief Eb, haben viel zyl. Anteil und das Mundrohr braucht daher eine höhere Steigung (B).
Soprano = hoch Eb und Melody = Bb haben standardmäßig die selbe Form = ~ selbe Mundstück EL!

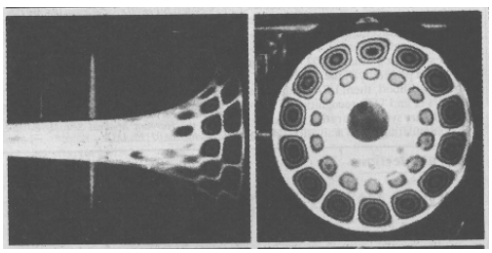


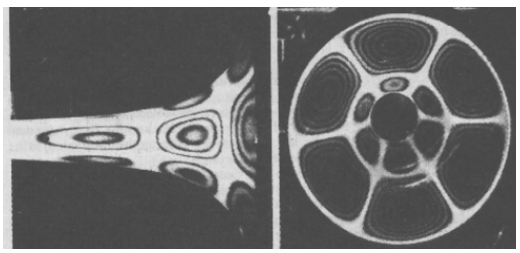
Bb Kornett Mundrohre – Schema, © *Smith-Watkins*
(Abweichungen von einem Mundrohr, das wir nicht kennen)
G = smaller für „lighter“ Sound with ease of playing; weiter: “fuller” -> K
K = “mellower” als G; versatile = oft gewählt; weiter: anstrengender
T = „darker“ als K, speziell tiefer Bereich und mit kleineren Mundstücken

ist die Form T „trompetiger“ mit einem Kornettmundstück
und in der höheren Lage schwieriger zu spielen ?

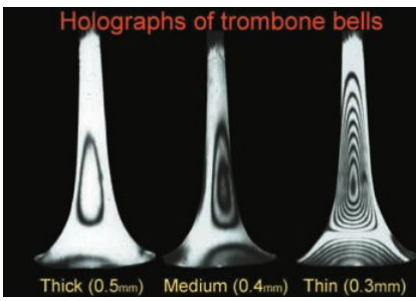
- *Playing can become harder/stuffy with an instrument combination which is too large or too small.*
- *A large pipe often makes the sound darker; a smaller pipe can make the sound brighter.*

Schallbecher – Material und Wandstärken - Mechanische/parasitäre Schwingungen:





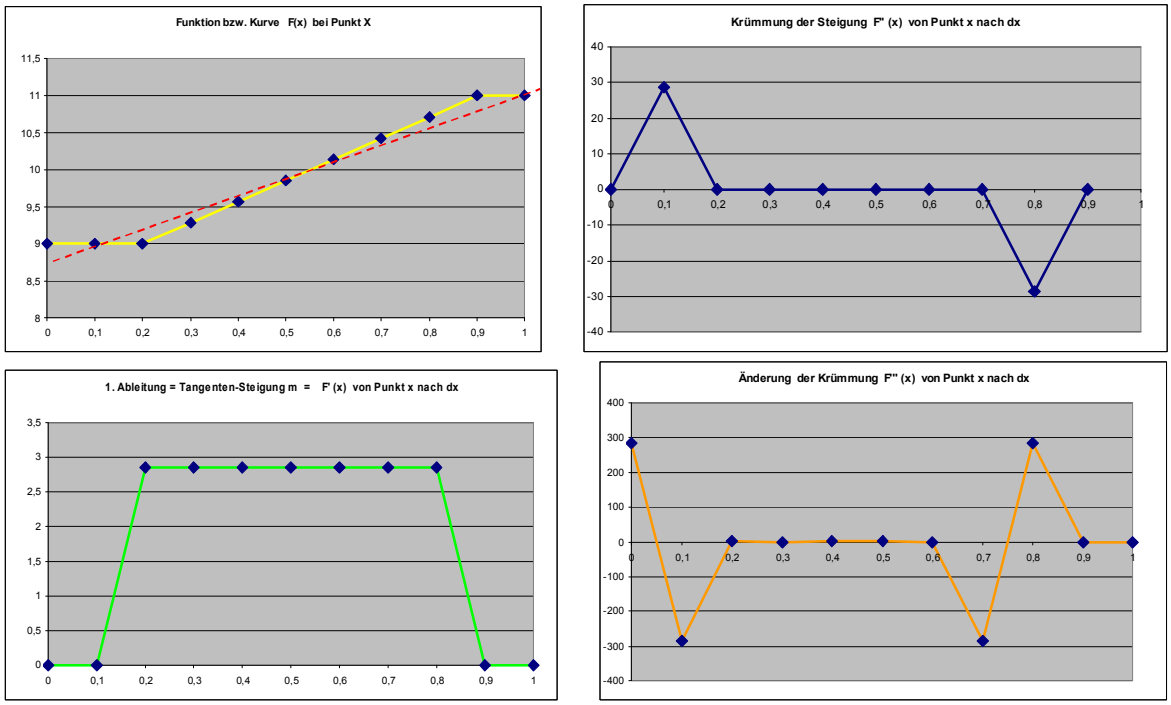
© *Smith-Watkins*



Oben links: Posaunenschallbecher bei 1000 Hz, rechts bei 630 Hz

Links:
Posaune, 250 Hz bei unterschiedlicher Wandstärke,
sehr dünne Becherwände vibrieren wesentlich stärker.
Bei Blindtests wurden von Bläsern keine Unterschiede festgestellt,
(Es wurde hier Gewicht + Balance künstlich beibehalten)
Ein etwas anders mensurierter, zusätzlicher sehr dünner elektrolytischer reiner Kupferbecher wurde ebenfalls nicht erkannt!

Die Krümmungen der Steigungen F''(x) im Mundrohr:



Ein sehr simplifiziertes Schema Differenzen-Rechnung Mundrohr: MPC-Bore -> konischer Teil -> Valve-Bore
Ein Konus gegenüber einem Zylinder ohne Steigung gibt: Eine positive Steigung, Krümmung der Steigung am Beginn positiv + am Ende negativ, detto stärkere Änderung der Krümmung am Anfang und Ende.

Ein kürzerer zentrierter Konus gegenüber Konus (rot strichliert mit einer Steigung) gibt aber: Zuerst negative Steigung, dann positive Krümmung, dann höhere Steigung F'(x), vor dem Ende eine negative Krümmung der Steigung und am Ende negative Steigung. Die Punkte mit starker Krümmungsänderung F'''(x) sind dann zueinander verschoben. Im Zentrum keine geänderte Krümmung aber ein Nulldurchgang / Schnittpunkt in der Funktion F(x) (Querschnitt).

Wenn man den Schilke Beitrag aufarbeiten will, stellt sich die Frage, was passiert bei einer punktuell geänderten Steigung – und somit Krümmung im Mundrohr? Er sagt geänderte Steigung, nicht Step. Bei Steps weiß ich die Positionen bzw. die zentrierte Position für die MPC Equiv. Länge wo ich ansetzen kann.

Reduziert man die Stephöhe = größere Steigungen zuvor und danach, verliert man Korrekturpotential für die MPC-Equiv. Länge, gleichbedeutend mit einem längeren Konus und daraus resultierender geringerer Steigung und Öffnungswinkel.

Wie sollte das mit winzigen Änderungen der positiven oder negativen Steigung = F'(x) dann funktionieren? Wir brauchen den Durchmesserwechsel, daher macht es keinen Sinn dies mit einem Zylinder zu versuchen, denn hier fehlt der Durchmesserwechsel auf Boresize.

Als Basis für Vergleiche muß daher wie in den vorangegangenen Versuchen ein linearer Konus mit seiner konstanten Steigung dienen. Dieser hat am Ende eine starke negative Krümmung der Steigung, am Beginn ist der Öffnungswinkel in der Praxis aber auch kleiner als der des Munstück Backbores, also auch negativ.

Kleinste Änderungen bei Schilke gehen offenbar von einer ~ solchen Grundkonstellation aus, die Änderung gibt er aber scheinbar gegenüber einen Zylinder und somit keine Querschnitt Erweiterung an, anders kann ich die genannten Größenordnungen nicht nachvollziehen.

Bei lokalen Perturbationen (Enlargements) und Boresteps habe ich ja bereits passende Antworten:
Bei lokaler Einengung oder negativem Borestep sinngemäß umgekehrt.

Mundrohr – anstelle eines linearen Konus: Steigung:	lokale Erweiterung: lok. höher, dann kleiner	positiver Borestep: global kleinere Steigungen!
an einem Flußbauch	➲ Pitch Pot up	↶ Pitch-N, Magn. up
an einem ~ ½ Punkt vor einem Druckbauch	↶ Pitch-N	⊂ Pitch dn
an einem Druckbauch	⊂ Pitch Pot dn	↷ Pitch-N, Magn. dn
an einem ~ ½ Punkt nach einem Druckbauch	↷ Pitch-N	➲ Pitch up

Alle Vorgänge laufen vom Mundstück aus gesehen gegen den Uhrzeigersinn und bei den globalen Effekten am Mundstückende sind Boresteps lokalen Perturbationen 1/8 Wellenlänge „voraus“. Zudem sind höhere Moden aber tieferen Moden voraus. Wir nehmen als Referenz Step bei TL 160mm, = nahe Druckbauch NT8.

Eine lokal geänderte positive Steigung + Krümmung ist das simple Ergebnis einer Single Perturbation:
Ein lokale Querschnitterweiterung gegenüber dem Konus.

Eine lokal negative Steigung und Krümmung ist das Ergebnis einer Einengung gegenüber dem Konus.
Die Länge und die „over-all“ Steigung sind nicht geändert. Es greifen daher die Effekte von Perturbationen, Querschnittdifferenz zum Konus.

Das angewendete Beispiel der Frequenz-Fixierung der MPC Popp. Frequenz liefert das Ergebnis einer entgegengesetzen Doppel-Perturbation, es greifen daher auch hier die Effekte von Perturbationen.

Eine Einengung vor und eine Erweiterung nach einem definierten Zentrum ergeben ein höhere Steigung dazwischen, mit Nulldurchgang der Funktion F(x) = Querschnitt ~ im Zentrum.

Eine lokal nicht geänderte Steigung + Krümmung ist das Ergebnis entweder keiner Änderung oder das Ergebnis eines Boresteps – und somit gelten die Regeln von Boresteps!
Boresteps bedeuten dann kleinere globale Steigungen davor und danach, keine Krümmung.

Beim Mundrohr sind Anfang- und Enddurchmesser mehr oder weniger vorgegeben und nicht sehr variabel. Variabel ist vielmehr die Länge die das „tapered“ Mundrohr einnehmen kann und somit eine globale Steigung (globaler Öffnungswinkel). Verbindet man diese Punkte ergibt sich ein linearer Konus mit einer gewissen Steigung, aber Krümmung 0. Es gibt aber am Anfang des Konus eine plötzliche Krümmung der Steigung, am Ende eine plötzlich negative Krümmung der Steigung zum zylindrischen Teil.

Ein Borestep verbraucht „Steigung“; diese muß bei Teilung in 2 konische Segmente abgezweigt werden.
Die Steigungen vor und nach dem Borestep sind damit geringer und sind wichtiger Bestandteil des „Steps“.
Die Steigungen sollten vor und nach dem Step ~ gleich sein. Stephöhe entscheidet über Potential des Steps.

Ein Borestep bedeutet eine plötzlich geänderte lokale Impedanz. Die Funktion F(x) macht einen Sprung und ist an seiner Stelle nicht mehr differenzierbar. Beide Steigungen davor und danach müßen geringer werden. Die Krümmungen der Steigungen am Beginn und End nehmen dadurch aber im selben Ausmaß ab.

Bei Druckbäuchen an Boresteps (Erweiterung) ist der linke Teil des Druckbauches an einer höheren Impedanz weil enger, der rechte Teil plötzlich weiter. Die Magnitude fällt global, die Frequenz bleibt (global).

Bei einer lokalen (kurzen) Perturbation als Enlargement ist nur das Zentrum des Druckbauches an einer geringeren lokalen Impedanz. Die globale Frequenz fällt, die Magnitude am Mundstückende ~ bleibt.

Bei XM-Pitch (in der akustischen Mitte): Boresteps haben beinahe kein Magnitudenpot. down dafür stark up.

Beim Schallbecher weiß ich bisher:
Eine plötzliche erhöhte Krümmung der Steigung „beendet“ das Rohr frequenzabhängig, tiefe Modes früher, hohe später. Eine fortlaufend höher werdende Krümmung der Steigung erhöht tiefe Modes stark, hohe weniger = das Pitch Potential hängt an der Frequenz. Beim reinen Konus = keine Krümmung der Steigung sind tiefe Modes dennoch stark angehoben, obwohl sie erst am Ende des Konus reflektiert werden.

Insofern könnte man die höchsten Modes „nahe an Pitch-Nodes“ sehen, es gibt aber keine „Nodes“. Es gibt ein sehr hohes Pitch Potential für tiefe Modes und es gibt ein sehr geringes Pitch Potential für hohe Modes.

Die Magnituden hoher Modes werden stark reduziert – da stärker abgestrahlt, späterer Reflektionspunkt = längere Roundtrip Time und Verluste; Wo viel Magnituden Pot. – hier nur down, da bleibt dafür kaum Pitch Potential. Tiefe Frequenzen haben viel Pitch Pot und dafür sehr wenig Magnituden Potential down.

Nimmt man allerdings die Effekte des „Skirts“ mit in das Konzept auf, dann ergibt sich durch das Skirt wieder eine Vertiefung, hier sind aber hohe Modes stärker betroffen als mittlere, es gibt frequenzabhängig schon einen Frequenz-Bereich, der in Summe am wenigsten geändert wird (um die MPC Popp. Frequ.), wo sonst! Hier bleibt das stärkste Magnituden Potential = kleinste Pitch-Pot. bestehen und überwiegt am MPC-Ende.

Alle Rohrteile an Blasinstrumenten sind nichts anderes als (viele kleine) Steps!

Alle Flaring – Geometrien: Werden um so höher gesampled unzählig viele kleine Boresteps.
Eine kleine Steigung sind sehr niedrige Steps. Tiefe Frequ. in Richtung Zyl. bleiben / werden tiefer
Eine große Steigung sind höhere Steps. Tiefe Frequ. werden gegenüber Zylinder höher.
Hörner beginnen mit sehr niedrigen Steps und enden mit hohen Steps, die Steigung hat eine Krümmung!

Warum werden tiefe Frequenzen bei hoher Steigung im Bell Stem ungleich höher als hohe Frequenzen?
Weil hohe Modes ungleich mehr Druck- und Flußbäuche haben und daher Änderungen durch einseitige Erweiterungen (Mundrohr oder/und Schallbecher) viel stärker ausgecancelt werden als tiefe Frequenzen!

Bei einer „large“ Boresize wird bereits ein größerer Teil der notwendigen Steigung durch das – längere Mundrohr erreicht. Der Schallbecher braucht daher tiefere Frequenzen weniger weit anheben und somit weniger Steigung/Flare, als ein Schallbecher bei einem „small“ bore Instrument mit kürzerem Mundrohr. Der zylindrische Anteil wird kürzer und weiter, large Bore Instrumente neigen daher weniger zum „Schmettern“. Der abgegebene „Klang“ wird sich bei unterschiedlicher Lautstärke weniger ändern.

Längere Mundrohre vs. kurze Mundrohre, Perinet- vs. Rotary-Valves:

Globale Steigungen praktikabler Mundrohrlängen:				dy	/ dx	= F'(x)	Öffnungswinkel Global
TL Pos.	Länge Konus						
200mm	78mm	von Dia 9 auf 11,0mm	=	2,0	/ 78	= 0,0256	1,469 Grad*
228mm	138mm	von Dia 9 auf 11,8mm (Bb-Steps)		2,8	/ 138	= 0,0203	1,162 Grad
200mm	110mm	von Dia 9 auf 11,0mm	=	2,0	/ 110	= 0,0182	1,042 Grad
300mm	210mm	von Dia 9 auf 11,8mm	=	2,8	/ 210	= 0,0133	0,764 Grad
300mm	210mm	von Dia 9 auf 11,7mm	=	2,7	/ 210	= 0,0128	0,737 Grad
310mm	220mm	von Dia 9 auf 11,7mm	=	2,7	/ 220	= 0,0122	0,703 Grad

* zentriert bei 160mm TL gibt höchstes MPC-Equiv. Längen Korrekturpotential

Eine höhere Steigung sollte tiefe Modes stärker erhöhen. Das wäre auch der Fall, wenn nur das Mundrohr selbst betrachtet wird. Im Fall von Blechblasinstrumenten reduziert sich aber der zylindrische Anteil anhand der Länge des Mundrohres. Daher verursacht das lange Mundrohr mit 210mm und dem ~ ½ Öffnungswinkel von 0,73 Grad ca. 10 cm weniger zylindrische Längenanteile gegenüber dem kurzen Mundrohr. Zudem ist der Restzylinder „weiter“ = etwas „höher“. Es entstehen zudem Mode-Matching Effekte am Übergang zur mehr oder weniger zylindrischen Bohrung. Diese Effekte wirken auf tiefe Modes stärker, Modes #1-3 werden daher mit dem langen Mundrohr stärker angehoben. Eine am Beginn weitere Leadpipe erhöht Mode 4+5 zus. stärker.

Das 1. maximale Pitch Potential für den Mode #4 V0 = Stimmton C2 466 Hz liegt bei rund TL 220 mm, für Mode #3 V0 = G2 ~350 Hz bei rund TL 300mm und Mode #2 V0 ~233 Hz bei rund 440mm. Diese Positionen sind mit steigender Wellenlänge zunehmend immer erst etwas nach der 1. Pressure-Node Linie (Pitch-Versatz). Mit dem kurzen Mundrohr können also tiefere Frequenzen ~ < 1/2WL Mpc Popp. Frequ. kaum beeinflußt werden.

Salopp gesagt – mit dem kurzen Mundrohr = TL 200mm lässt sich C2 nur erhöhen, mit dem langen Mundrohr lässt sich G1 nur erhöhen, aber ein beiden Fällen durch das Mundrohr selbst nicht gezielt vertiefen. Die Erhöhung geschieht eigentlich auch erst nach dem Mundrohr z.B. in Form von „Tuning-Gaps“, sofern solche hier platziert sind. Die genannten Wellenlängen sind also im jeweiligen Mundrohr eigentlich „out of scope“. Beim kurzen Mundrohr sind es somit rund 1 ½ Oktaven die gezielt manipuliert werden können, beim langen Mundrohr sind es beinahe 2 Oktaven oder eine Quart mehr oder Faktor 1,33.

Beim kurzen Mundrohrkonzept habe ich die Tatsache genutzt, daß nur Modes ab #4 gezielt gesteuert werden können um die MPC Equiv. Länge möglichst korrigieren zu können. Eine generelle „Drehung“ der Intonation für tiefe Modes ist zu einem Teil durch Startdurchmesser Änderungen möglich.

Soll eine Korrektur der MPC-Equv. Länge möglichst gut gelingen, braucht es daher Schallbecherformen, die diesem Ansatz entgegenkommen müssen. Diese müssen die Modes #2-5 möglichst passend anheben. Das gleiche gilt für Schallbecherformen bei langen Mundrohren. Diese müssen aber vergleichsweise etwas „schlanker“ im „Flare“ sein, die tiefen Modes in Kombination also passend etwas weniger anheben.

Bei langen Mundrohren kommt nun einerseits der Frequenzbereich Bereich von ~ G1-C2 mit ins Spiel, der nun kontrolliert werden kann / muss und andererseits die Tasache, daß im längeren „flaring“ Teil höhere Modes bei einseitiger „Perturbation“ = hier eine Aufweitung bereits beginnen sich zu drehen und gegenseitig teils wieder auscanceln. Darüberhinaus haben wir immer weiter werdende Intervall-Abstände der unteren Modes, zwischen diese kommen durch die Benützung von Ventilen immer mehr „Fülltöne“, dann mit anderen zyl. Rohrlängenanteilen und somit Modematching – Effekten, falschen Ventilschleifen-Längen, Bögen, etc.

Außer Mr. Cardwell wird vermutlich niemand versuchen, einen Schallbecher nach einem vorgegebenen Mundrohr zu designen, es wird wenn dann immer ein wechselseitiger Prozess sein, bis ein akzeptables Ergebniss erreicht werden kann. Im Großteil der Fälle wird es aber natürlich so sein, daß ein Mundrohr an eine vorgegebene Schallbecherform und an den / die Bläser samt MPC angepasst werden kann. Wir wissen aber auch mit einem langen Mundrohr können grobe Abweichungen bei tiefen Modes, als auch bei der MPC Equivalenten Länge und hohen Modes (Bell Skirt Effekt) nicht vollständig korrigiert werden.

Es macht daher wie beim kurzen Mundrohr keinen Sinn, nun ein ideales Mundrohr zu ertüfteln, es muß einfach zum Mundstück, Schallbecherdesign, Musiker und Einsatzbereich passen! (Das ist schon viel!) Zusätzlich muß rein sachlich festgestellt werden, daß ein kurzes Mundrohr betreffend Funktionalität weniger zum Bläser passen muß und kann, als ein längeres. Erinnern wir uns an Dr. Smith: Ein „schlanker“ Schallbecher braucht ein etwas „weiteres“ Mundrohr und umgekehrt, will man eine optimale Abstimmung ohne Extreme für den individuellen Bläser erreichen.

Der Typus der französich-angloamerikanischen Bauart hat sich zu Beginn des 20 Jahrhunderts immer mehr dem eines Kornetts angepasst und später das Kornett dann dem der bereits angepassten Trompeten. Oftmals sind nur das kürzere Mundstück mit etwas größerem Kessel (tiefere MPC Popp. Frequ.) und zwangsläufig kleinerem Mundrohrdurchmesser am Beginn die einzigen Restunterschiede.

Die Becherformen haben sich gegenseitig stark angenähert, oder es werden sogar die selben Schallbecher verwendet. Was zwangläufig zu sehr identen Mundrohrgeometrien und Bohrungen führen muß. Zwar kennt man „Peashooter“ Trompeten, auf die das nicht zutrifft, aber diese gehören ja aus diesem Grund mittlerweile zur ausgestorbenen Rasse. Vielleicht wird aber ein „greller“ Ton wieder einmal modern und gefragt.

Der allergrößte Klangunterschied wird vor allem durch die Mundstückwahl, ein Teil durch die Mundrohr Geometrie erreicht. (Siehe Grafik. Dr. Smith „K“ hat zuerst mehr Steigung ist „mellower“)
Aber natürlich gibt es nicht 1 Konzerttrompete, 1 Jazztrompete und 1 Kornett – und so soll es ja auch bleiben! Es lebe die Artenvielfalt! Ein Vergleich ist so selbstverständlich nur sehr oberflächlich möglich.

Umso kürzer der zylindrische Anteil ausfällt, (Mundstück, Mundrohr und Schallbecher überwiegen), umso klanglich weniger unterscheidbar werden Kornette von Trompeten, etc., haben weniger „Brassiness“, verlieren aber dadurch auch ein Potential an klanglicher Gestaltbarkeit durch den Bläser! Das gilt für hohe Blechblasinstrumente umso stärker (Hoch Eb, F, A/Bb).

Die Art der Ventile, ob Drehventil, modernes Perinetventil oder andere obsolete oder exotische Varianten haben keinen akustischen Vor- oder Nachteil bei angestossenen oder ausgehaltenen Tönen, solange diese sehr dicht sind, und keine groben Querschnitt-Änderungen hervorrufen. Bei Bindungen gibt es Unterschiede. Ein halve-valve glissando oder bending, usw. gelingen und klingen sehr unterschiedlich!

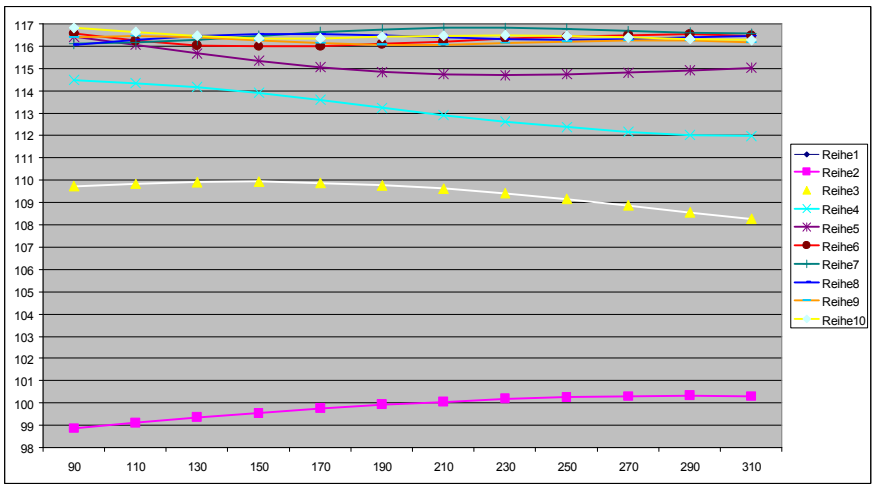
Perinet-Ventile:
Der gesamte Mantel ist Reibungsfläche, Ventile sind daher mechanisch ungleich anfälliger als Dreh-Ventile. Bei Perinetventilen wurde für einen kurzen Drückerweg irgendwann begonnen, die Ports „einzudellen“, in jedem Ventil ist das meist bei 2 Ports zugungsten des mittleren kürzeren Durchgangs der Fall. Diese Stellen sind meist nicht an akustisch optimalen Stellen.

Drehventile:
Haben in Verbindung mit einer „kleinen“ Bohrung den mechanischen Vorteil kurzer Fingerwege und wenig „Reibungsfläche“. Das ist auch der Ansatz, warum sich Rotary Valves bei langen Mundrohren und „Large Bore“ Instrumenten nicht durchgesetzt haben. Die mechanischen Vorteile würden teilweise eingebüsst.

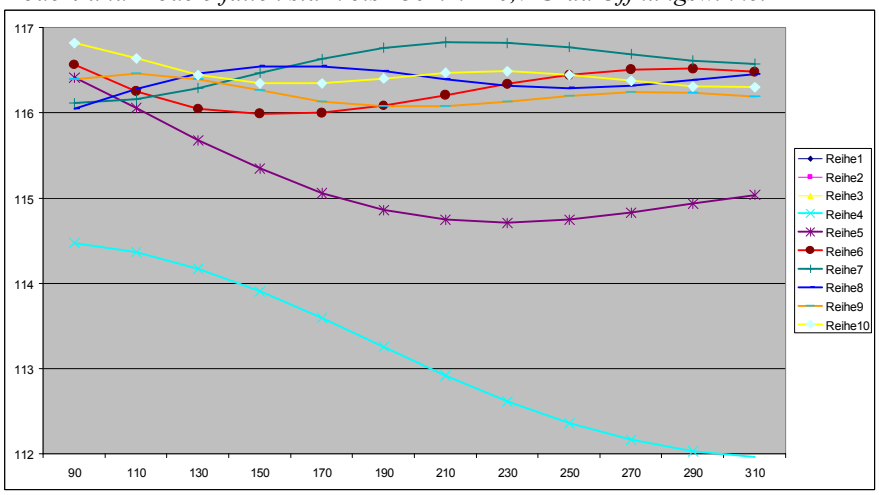
Die Abstände der 2 Ports sind aber klein und daher anfällig für Undichtheit (innerhalb der Ventilbögen). Wenn die Buchsen einmal abgenutzt sind hilft nur ein Höhersetzen des Wechsels oder elektrolytisches Beschichten. Ein Einziehen der oberen und unteren Lager beseitigt eine solche innere Undichtheit leider nicht. Des weiteren gibt es im Rohrverlauf Ecken und Erweiterungen. All dieses wird für einen kurzen Drückerweg in Kauf genommen und daher ist es akustisch signifikant, wo die Ventile eingebaut werden.

Einzelne konische Segmente als Mundrohre in Verbindung mit größerer Boresize:

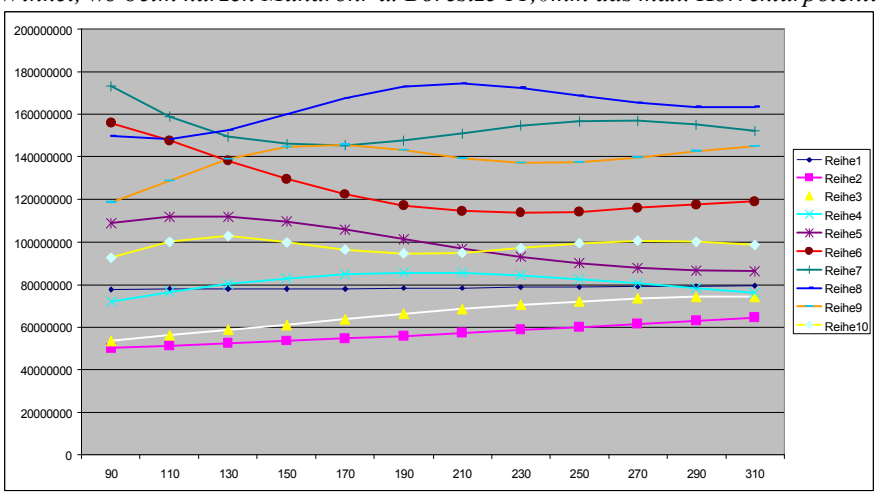
Konus 9 auf 11,8mm Mpc+Konus+zyl. Rohr, TL 1350mm, Konuslängen 90-310mm, (kein Tuning Slide Gap) gibt globale Öffnungswinkel zwischen 1,78 Grad (90mm) und 0,52 Grad (310mm)



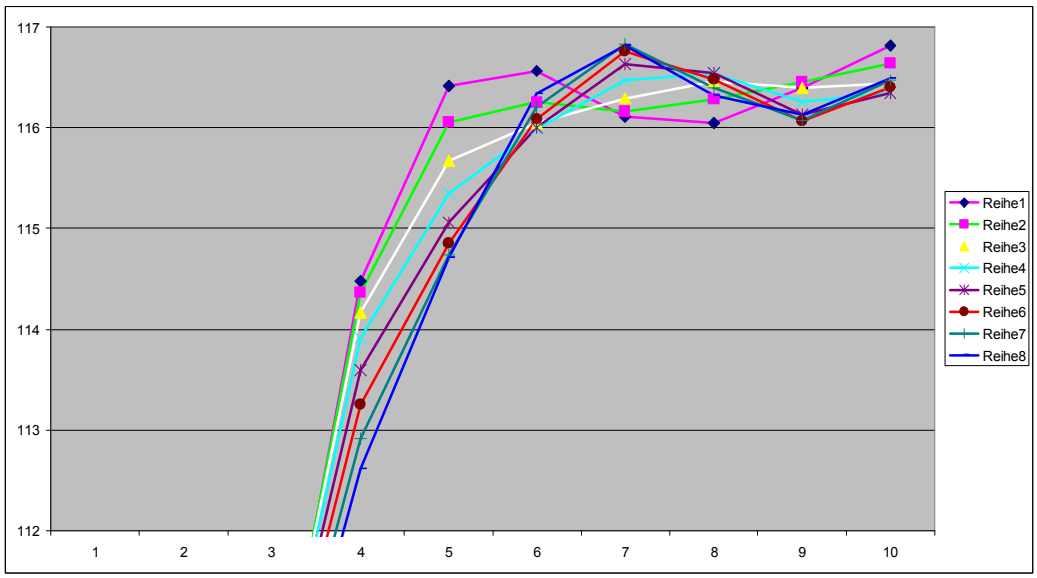
***EFP Änderung mit Konuslänge**, Mode1 + Mode 2 steigen leicht, Mode 3 fällt kaum, Mode 4 und Mode 5 fallen stark bis 230mm = 0,7 Grad Öffnungswinkel*



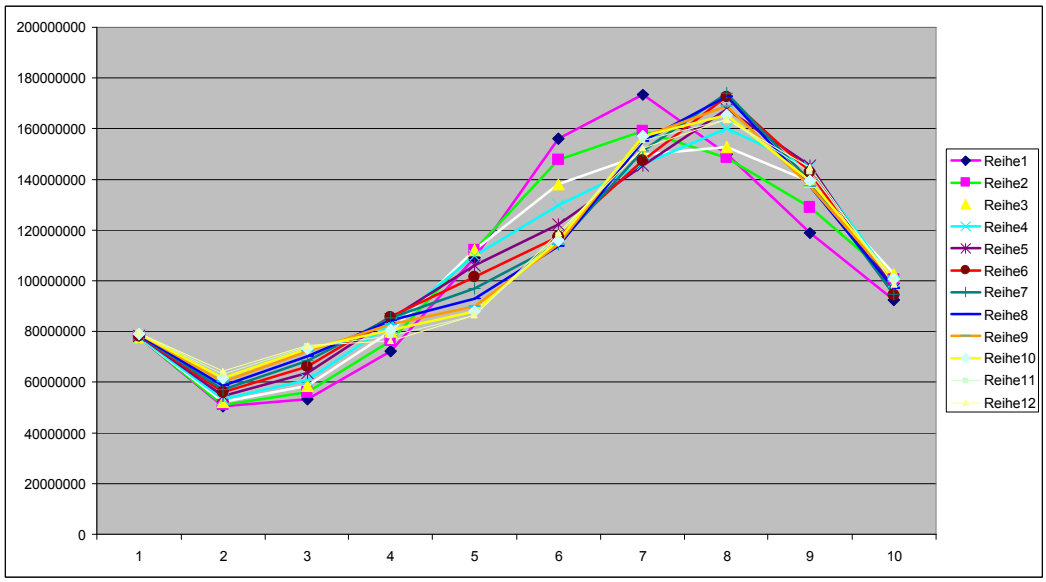
***EFP:** Bei einer Länge um 110mm liegen Modes >8 wie gewünscht höher, Mode 4 (und 5) aber am höchsten. Ein ausgeprägt langes Mundrohr vertieft Mode 4+5 stark. 110mm gibt einen Öffnungswinkel = 1,45 Grad, also ~ den Winkel, wo beim kurzen Mundrohr u. Boresize 11,0mm das max. Korrekturpotential für die MPC Equiv. Länge vorliegt.*



***Änderung der Impedanz Peaks mit Konuslänge / fallender globaler Steigung**. Mode 8 und 9 werden mit 110mm am stärksten reduziert. Bei einer Konuslänge um 160mm ~ 1,0 Grad wären die Magnituden der höheren Modes in einer Art Balance; oberhalb MPC Popp. Freq. angehoben, kurz darunter moderat abgesenkt. Es sollte ein Teil des Mundrohres einen max. Winkel von ~ 1,5 Grad haben, ein weiterer Teil einen Winkel von 1,0 Grad die Restlänge dann weniger.*

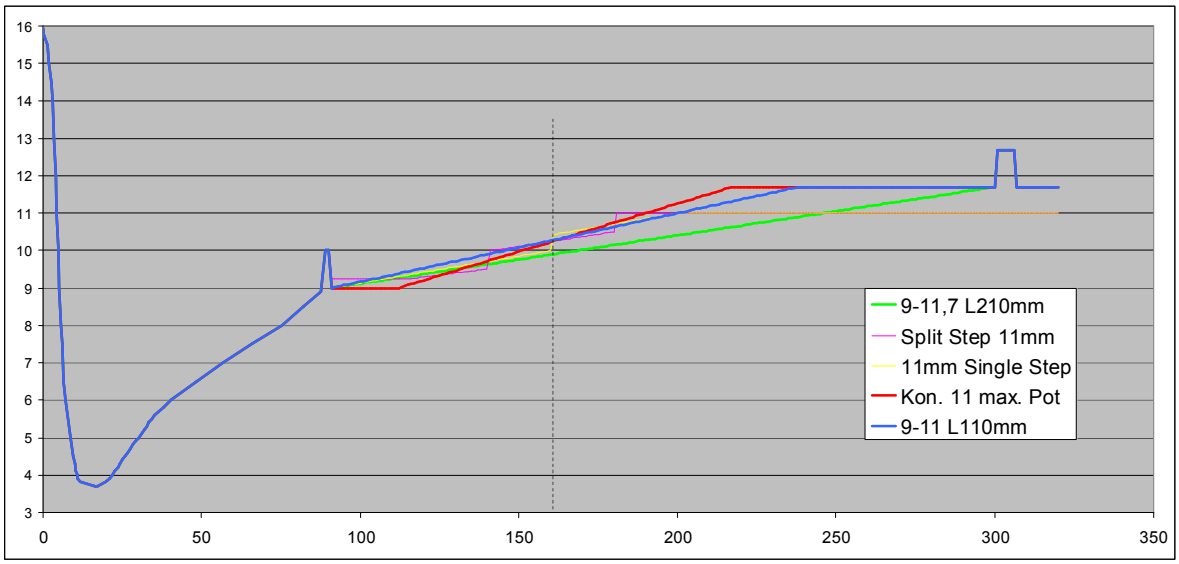


EFP: Starke Änderungen der Modes durch unterschiedliche Konuslängen, Winkel, und zyl. Restlängen
Reihe 1 rosa = 90mm, Reihe 2 grün = 110mm, Reihe 3 weiß = 130mm, Reihe 8 blau = 230mm

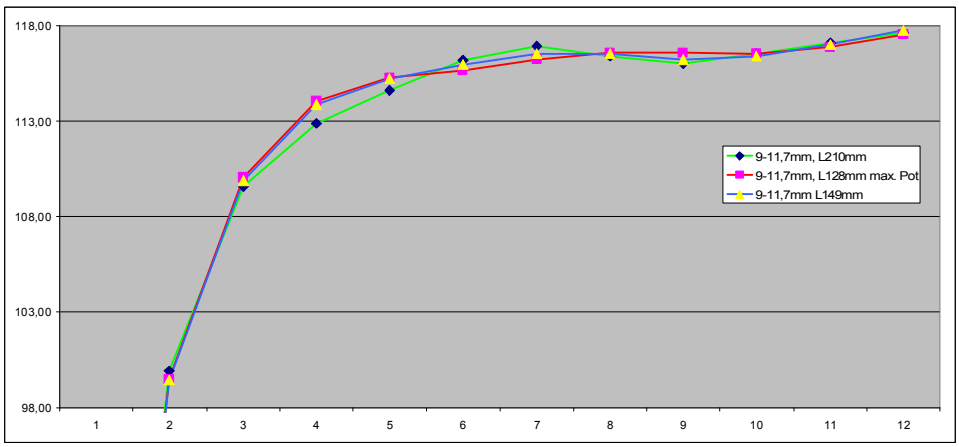


Input Impedanz Magnituden Änderungen durch unterschiedliche Konuslängen, Winkel, und zyl. Restlängen
Reihe 1 rosa = 90mm, Reihe 2 grün =110mm, Reihe 8 blau =230mm

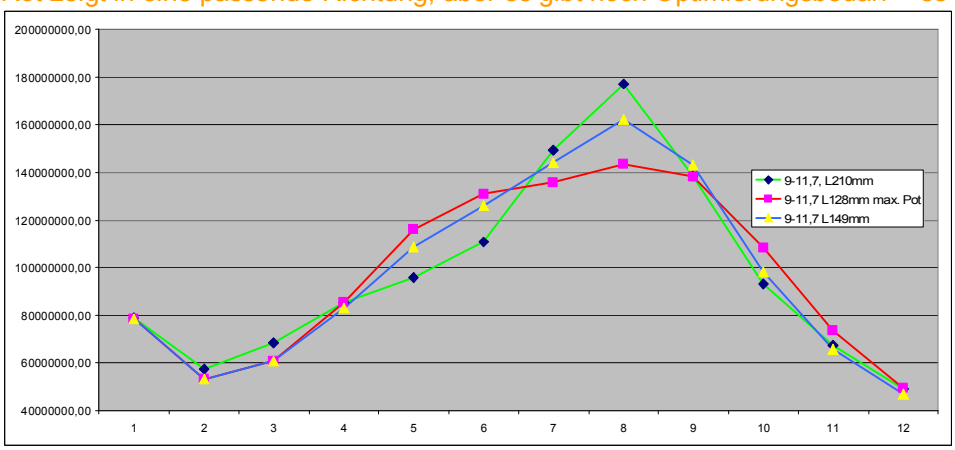
Korrekturversuche der MPC Equ. Länge bei langen Mundrohren:



Basierend auf den Ergebnissen des kurzen Mundrohres einige erste Versuche. MR L210mm, 9 auf 11,7mm. Mit berücksichtigt und eingezeichnet ist ein Tuning Gap bei TL 300mm, L=5mm, TL mit Zylinder 1350mm Blau: 1,04 Grad, Rot: 1,47 Grad, Grün: 0,74 Grad. Single Step (gelb) bei TL 160mm und Split Steps (rosa) sind als Orientierungshilfe mit eingezeichnet.



Grün 9-11,7mm über 210mm L=210mm, 0,74°
Blau: 9-11,0mm über 110mm + linear weiter verlängert, L=149mm, 1,04°
Rot: 22mm Dia 9, dann konisch 9-11mm über nur 78mm + linear weiter verlängert L=128mm, 1,47°
Rot zeigt in eine passende Richtung, aber es gibt noch Optimierungsbedarf + es ist ein kurzes Mundrohr!



Immer wenn der Steigungswinkel bei ~ TL 160mm größer ist, leiden die Impedanzpeaks um Mode 8 besonders. Die „Streckungsfuntion" vor und nach der Mpc Equiv. Länge wird bei kurzen Mundrohren am effizientesten mit einer gezielten Einengung nach dem Mundstück erreicht, aber auch hier haben Modes im Bereich Einbußen.

Erinnern wir uns an Dr. Smith – Extreme bei „Größen“ sollten wenn möglich vermieden werden. Diese können kein gutes Gesamtresultat ergeben. Das grüne Expemplar, das über die ganze Länge konisch verläuft ist sogar anhand der in der Impedanzmagnituden Hüllkurven ersichlich extrem „eng“. Mode 5 und 6 wären sehr kräfteraubend, Mode 8 sticht heraus, die Mundstückeigenschaften werden nicht korrigiert.
Das rote Exemplar ist nicht das weiteste, es ist am Beginn sogar etwas enger, dann aber wesentlich weiter.

Versuche mit verschiedensten „bauchigen“ Varianten bringen nicht die notwendigen Effekte zur gezielten Korrektur der MPC Equiv. Länge. Grüne und rote Kurven zeigen in etwa die Grenzen die möglich sind.
Frequenzen V0 Modes 3-4-5 sowie 7 und 9 werden am meisten durch Formänderungen beeinflußt.

Einige Auswirkungen habe ich bei den ersten Vergleichen langer Mundrohre und größerer Boresize schon beschrieben. Die Basislänge 210mm wäre eine Länge, wo die Magnituden der Modes um die Mpc Popp. Frequ. wiederum am wenigsten abgesenkt würden.

Diese Länge entspricht auch in etwa üblichen Standardlängen bei „Jazztrompeten“. Ist das Mundrohr am Beginn bereits und insgesamt weiter, (Öffnungswinkel bleibt), dann werden Modes 5-6 stark erhöht.

Wird dagen nur der allererste Teil gleichzeitig eingeengt (der zentrierte Winkel wird größer),
können Mode 6-10 in die gewünschte Richtung gedreht werden ohne dass sich Mode 3-5 ändern.
Wird das Erweiterungspotential um TL 200mm nicht genutzt, ist es verloren.

Das stellt natürlich eventuelle Vorteile von langen Mundrohren generell in Frage.

Besonders auffällig wird, daß jedes Änderungspotential in die gewünschte Richung auf den vorderen „Abschnitt“ abzielt. Jede Korrektur die hier nicht gesetzt wird, kann in späteren Bereichen nicht aufgeholt werden. Das betrifft Stimmung und Ansprache. Der erste Teil (wie beim kurzen Mundrohr) ist also besonders wichtig. Der letzte Teil mutiert zum notwendigen Anhängsel um auf die größere Bohrung zu kommen.

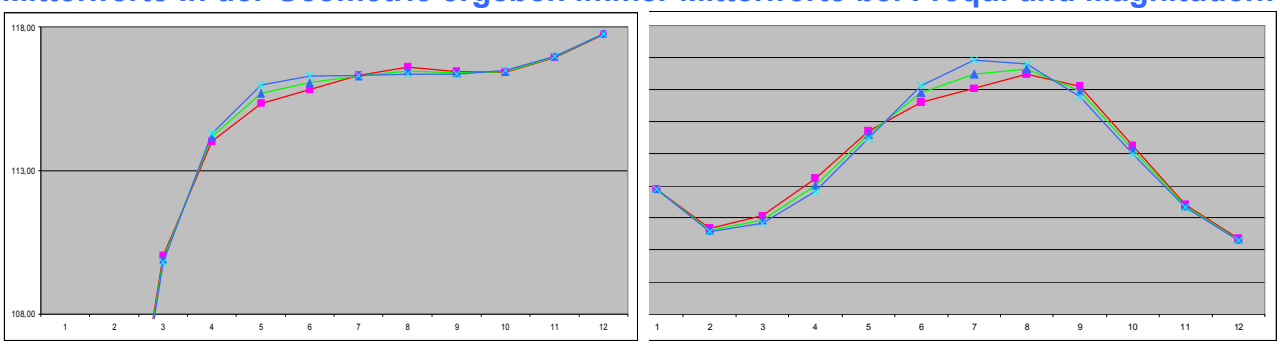
Die Effekte von kurzen Mundrohren können nicht 1:1 auf längere „stufenlose“ Mundrohre übertragen werden. Grund genug um eine neue Testreihe zu starten, die insbesondere auch die großen Frequenzänderung von Mode 4-6 mit einbezieht. Es bleibt bei der Gesamtlänge Mpc+MR+Zyl. =1350mm.

Es braucht keine Steps, es braucht nur passende Steigungen am richtigen Ort.

Die kuriose Idee mit den Grundton Steps auf Basis klingend Bb gegenüber dem Konus lieferte ebenfalls schon Ergebnisse in eine passende Richtung und eine Steigung von 1/12 der Durchmesserdifferenz über 11,5mm. Bei einer Boresize von 11,7mm entspricht 1/12 der Differenz von 2,7mm = 0,225mm dy / Länge dx 11,5mm*12 = 138mm und gibt somit einen Öffnungswinkel von 1,12 Grad.

Eine Basis Länge von nur rund 130mm scheint daher ein guter globaler Startpunkt, ist „noch“ kein langes Mundrohr und ergibt einen Öffnungswinkel der Basis Steigung vom rund 1,25 Grad.

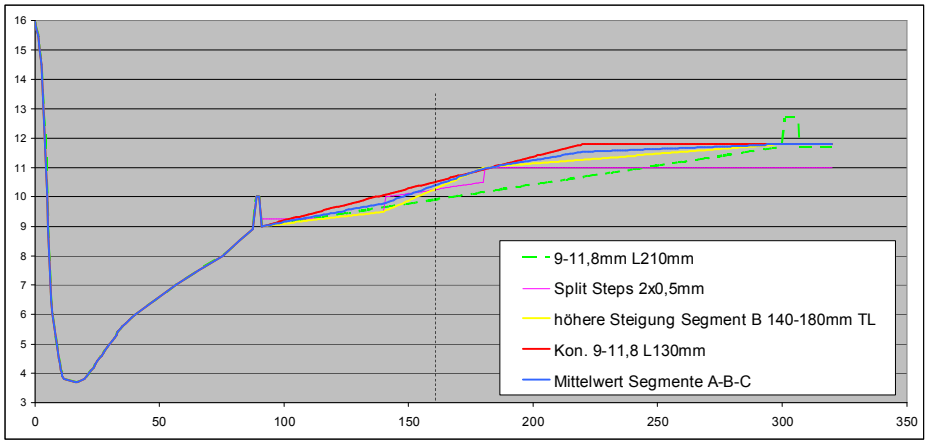
Mittelwerte in der Geometrie ergeben immer Mittelwerte bei Frequ. und Magnituden!



Grün: Länge 130mm konisch 9-11,8mm; 1,25 Grad.
Blau: Mundrohr ist weiter, der Konus beginnt mit 9,2mm (~8mm früher) Mode 5+6 up, Mode 8 down.
Rot: Mundrohr ist enger, der Konus beginnt mit 8,8mm (~8mm später)... das Gegenteil, denn grün=Mittelwert.

Würden die Querschnittflächen nur halb soweit verschoben, bzw. abgeändert, so sind die Abweichungen effektiv auch nur halb so groß und somit auch ein Mittelwert. Dieser Umstand gilt und hilft auch bei den folgenden Versuchen!

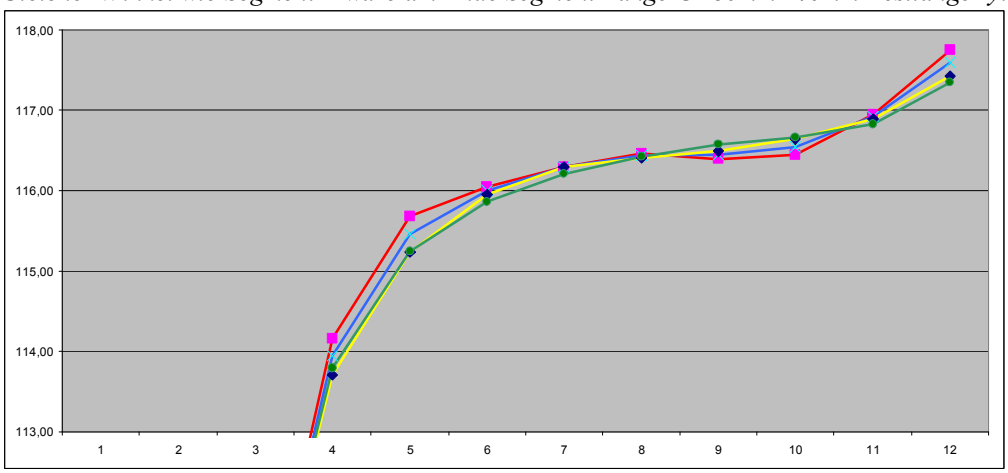
Imaginäre Steps sind ein erster Lösungsansatz für 3 passende Segmente!



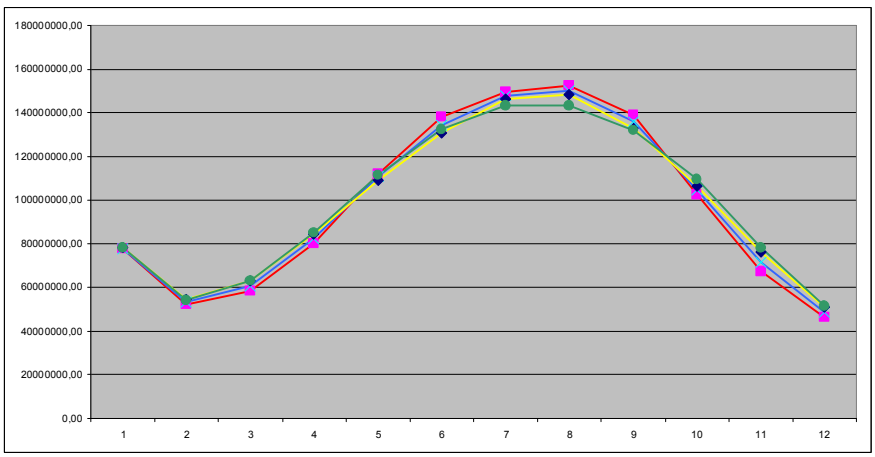
Verfolgt man den Ansatz, der schon beim kurzen Konus zu den passenden Korrekturen geführt hat und platziert einen „imaginären" Step bei TL160mm, splittet dieses wiederum in 2 „imaginäre" Split Steps bei TL 140 und 180mm, ergibt sich in diesem Bereich eine höhere Steigung, zuvor und danach eine geringere Steigung.

Es bilden sich 3 Segmente A + B + C mit unterschiedlichen Längen und Steigungen, wobei Segment B die generelle Schlüsselfunktion anhand der höheren lokalen Steigung liefert. Die Höhen der imaginären Split Steps werden vorab bei je 0,5mm belassen. Die Längen von Segment A mit 50mm und Segment B mit 40mm bleiben fixiert, die Länge von Segment C ist vorerst die Restlänge des Mundrohres = 210-90mm = 120mm.

Die Steigungen betragen vorab für Segment A: 0,57 Grad, Segment B: 2,15 Grad, Segment C: 0,38 Grad.
Gleicher Winkel wie Segment A wäre am Ende Segment Länge C=80mm+40mm Restlänge zylindrisch (nicht so gut)...



Werden die Steps auf 2x 0,6mm erhöht= mehr Korrekturpotential, (grün), (9,4mm Dia bei 140mm TL und 11,1mm bei 180mm TL) ist das Limit der Modes 5 und spez. Mode 10 erreicht, Steigung Segment B = 2,43 Grad.
Man kann auch Mittelwerte aller Segmente – oder nur einzelner bilden und die Abweichungen (Änderungspotential) verfolgen. Das ergibt dann z. B. (blau) z.b. eine geänderte Form und Steigungen auch im hinteren Mundrohrbereich.



(Blau) ist weniger Frequ. Pot.;

Man könnte natürlich auch die gefundenen Optima nochmals mitteln, z b. (grün und gelb),

man könnte auch (grün) als Ansatz nehmen und die entstandenen Knicke „abrunden", das hätte in etwa den selben Effekt.

Die gefundene (gelbe) Kontur liefert praktisch ein Optimum mit noch etwas Reserve.

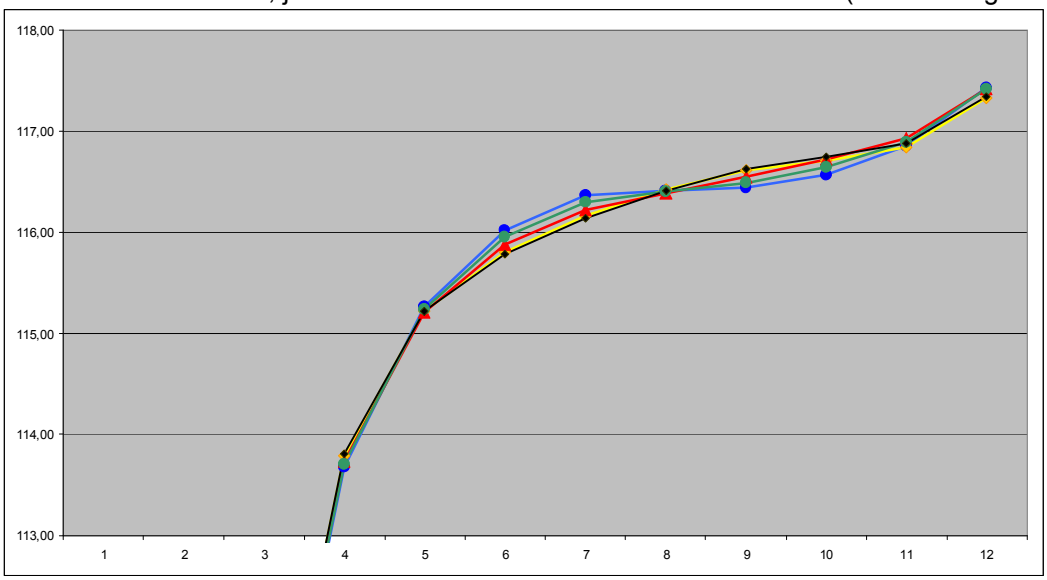
Möglichkeiten durch Anpassungen – Segment A + Segment B:

Beim kurzen Mundrohr habe ich die Effekte von Boresteps herausgearbeitet und versucht diese konsequent umzusetzen. Am Beginn des kurzen Mundrohres kann so ein zusätzlicher „Borestep“ genutzt werden um letzte Anpassungen zu bewerkstelligen. Die Steigung des 1. Segments selbst wurde daher nicht geändert.

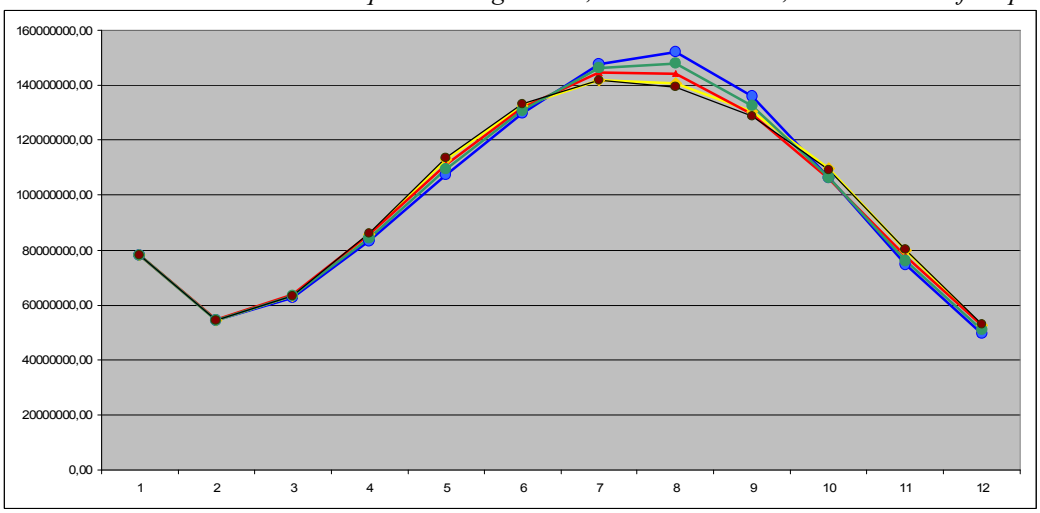
Bei einem langen „stufenlosen“ Mundrohr soll es keine Stufen geben, es sollen nur mehr oder weniger ausgeprägte Knicke bleiben oder sich bilden, was im Umkehrschluß eine geänderte einseitige Steigung von Segment A bedeutet. Der Enddurchmesser von Segment A (~9,5mm) ebenso der weitere geometrische Verlauf soll nicht geändert werden.

Hier werde ich nun auch die Möglichkeit nutzen, etwas unter die „9mm“ Diameter Schranke zu gehen, was bei langen Trompeten Mundrohren durchaus nicht ungewöhnlich ist. Wiederum soll erwähnt bleiben, auch hier soll der MPC Gap möglichst kurz gehalten bleiben. Bei den Versuchen bleibt es bei 2,2mm.
Es bleiben somit 5 Varianten:

Blau: Startdurchmesser wird etwas größer, ~ 9,2mm (geringere Steigung).
Grün: Ausgangslage Startdurmesser 9mm, Segmentende 9,5mm, Segment B 2 x 0,5 Stepts.
Rot: Startdurchmesser wird etwas kleiner, ~ 8,8mm (höhere Steigung, (Dia 9,0 nach 15mm)
+2 Var. bei denen die Steigung von Segment B erhöht wurde, Segmente A+C dafür weniger Steigung:
Schwarz: Startduchmesser 8,8mm; Segment B mit Stephöhen 2x 0,6mm (geringere St., Dia 9,0 nach 18mm)
Gelb: wie schwarz, jedoch Startdurchmesser Dia 9mm über 18mm (etwas weniger Pot.)

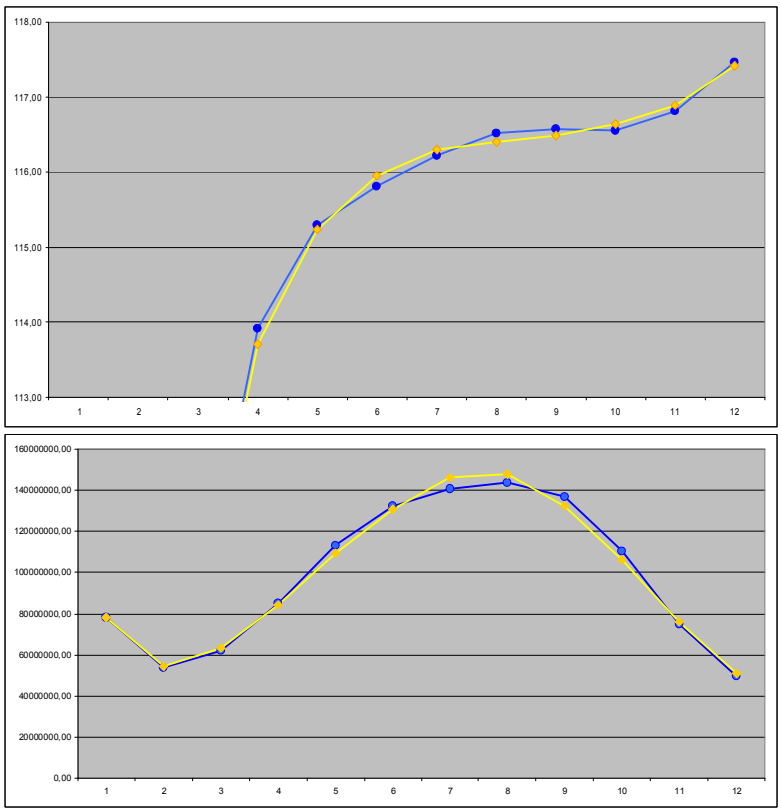


Mode 5+8 +11 werden in der Frequenz nicht geändert, sind Pitch-Nodes, Mode 1-3 out of scope

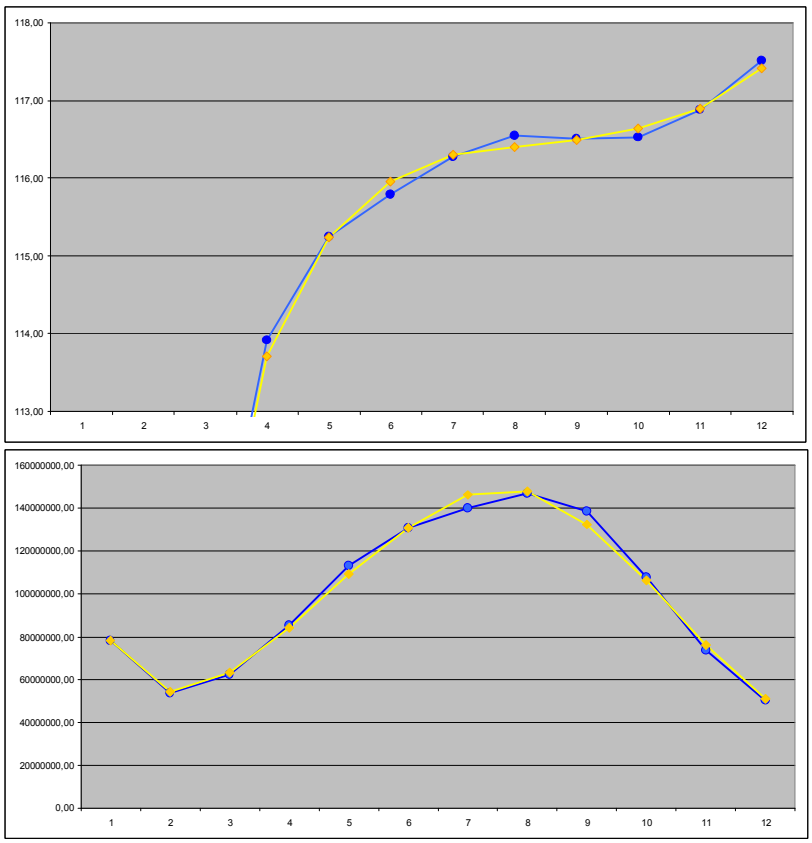


Grün: Startdurchmesser 9mm bleibt ein „Mittelwert“; dieser kann abgeändert werden.
vor Mode 7 und vor Mode 10 bilden sich Magnitude Nodes, Modes 7-9 haben wie prognositizert die max. Verluste.
Eventuell gebildete Mittelwerte ergeben ebenfalls Mittelwerte bei den Korrekturen.

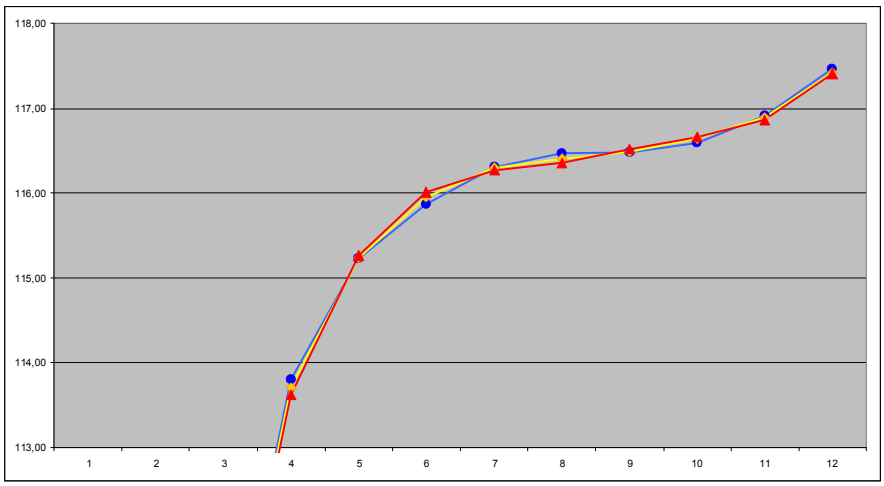
Möglichkeiten Anpassung – Segment C, Tuning Slide Gaps, Boresize:

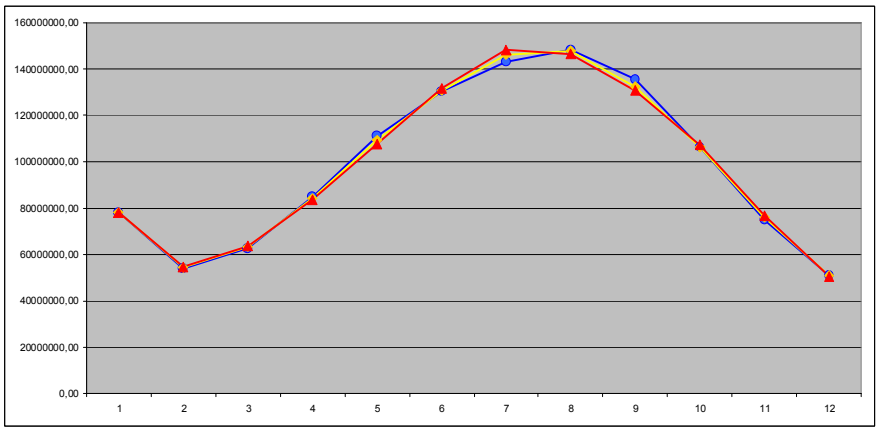


Segment A+ B sind hier die gelbe, zentrierte Variante, Segment C dann aber der Mittelwert lt. Skizze (blau), dh. ein weiteres Mundrohr mit max. Knick bei 220mm, ist keine gute Idee für mein Vorhaben.



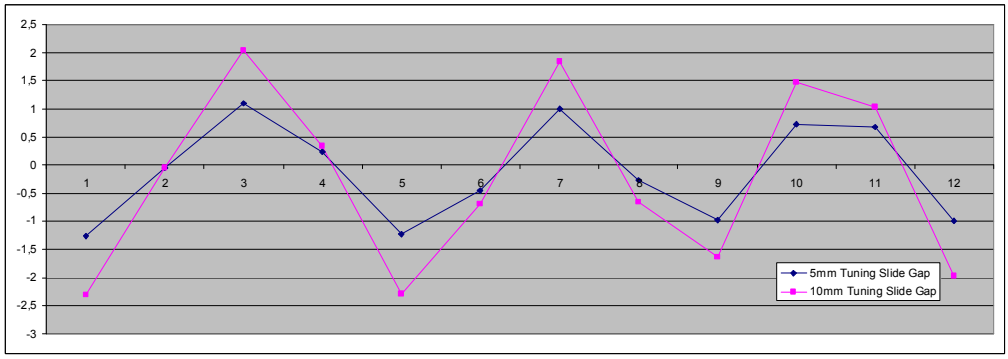
Segment A+ B sind hier die gelbe, zentrierte Variante, Segment C nun Länge -40mm = Steigung wie Segment A, dh. ein weiteres Mundrohr mit TL 170mm, geht ebenso in die falsche Richtung. Eine einseitig, geänderte höhere Steigung = „Enlargements" nach Segment B verschlechtern die Korrekturmöglichkeiten.



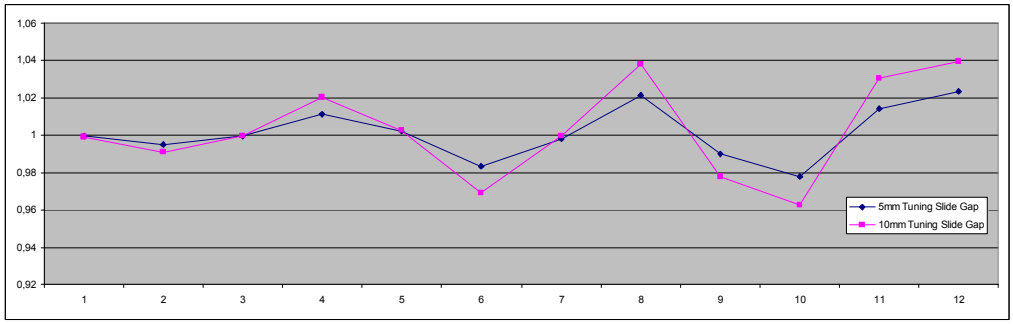


Segment A+ B sind hier die gelbe, zentrierte Variante, Segment C Länge -20mm = weiter, (blau),
geht auch hier in eine verkehrte Richtung, aber Mode 4/6/8 können gesteuert werden, -10mm wäre ein Mittelwert!
Segment C Länge +20mm = enger (rot). Geht ev. in eine positive Richtung; NT8 ist so kein Pitchnode mehr!
20 mm sind etwas viel, +10mm wären wieder ein Mittelwert und die „quasi" Standardlänge bei Jazztrompeten.
Das etwas längere Segment hätte ev. geringe Vorteile, wenn danach ein Tuning Gap folgt: (->Mode 8 up, 10 down!)

Die akustischen Auswirkungen eines Tuning Gaps auf die Modes von V0, Gap Start bei 300mm TL:



Abweichung in Cent gegenüber dem Rohr ohne Tuning Slide Gap 3, 5, 7, 9



Abweichung Input Magnitude Peaks, Faktor gegenüber dem Rohr ohne Tuning Slide Gap 4, 6, 8, 10

Die Abweichungen sind hier deswegen so „systematisch“, weil wir bei TL 300mm kurz vor einem „Magic Spot“ für V0 sind. Für andere Ventillängen sind diese Abweichungen bunt verteilt. Das Instrument verstimmt sich ev. umso mehr, als der Gap größer wird, was aber nicht bedeutet, daß das Instrument mit diesem Mundrohr ohne Gap stimmen würde!
Nur: Dieses Muster könnten wir zusätzlich zur MPC Eqiv. L mit dem Mundrohr nicht korrigieren. (Mode 3+5) V0.
Wir wissen aber noch nicht ob wir das überhaupt wollen. Ist der Gap etw. später, sind die Abweichungen stärker.
Der 2. Tuning Slide Gap fehlt nocht, dieser wird ebenfalls bunt verstreute Abweichungen liefern.
Man sieht aber ev.wieder gut: Wo Pitch Pot. – da wenig Magnituden Pot.; tiefe+hohe Modes haben dazu ein Offset!

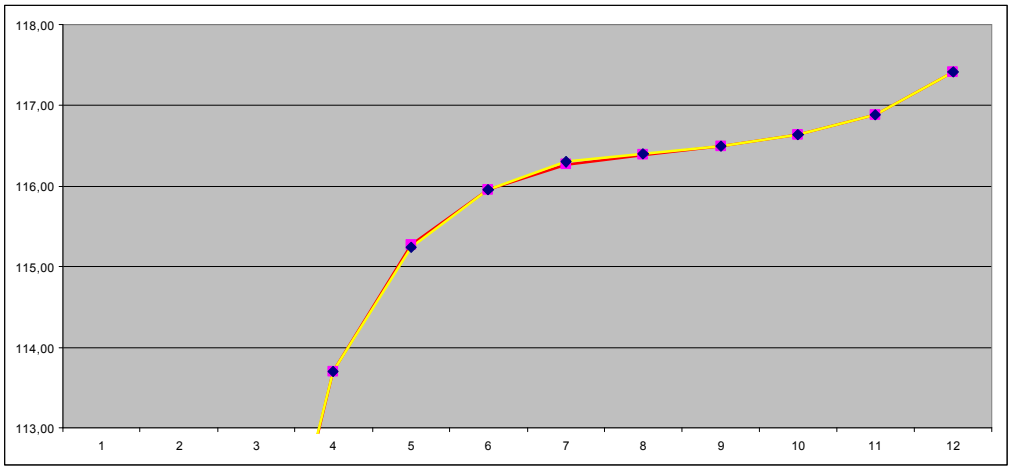
Akustische Effekte, die nicht von der Mundrohrlänge und Form abhängen:

Änderungen durch einen Schallbecher

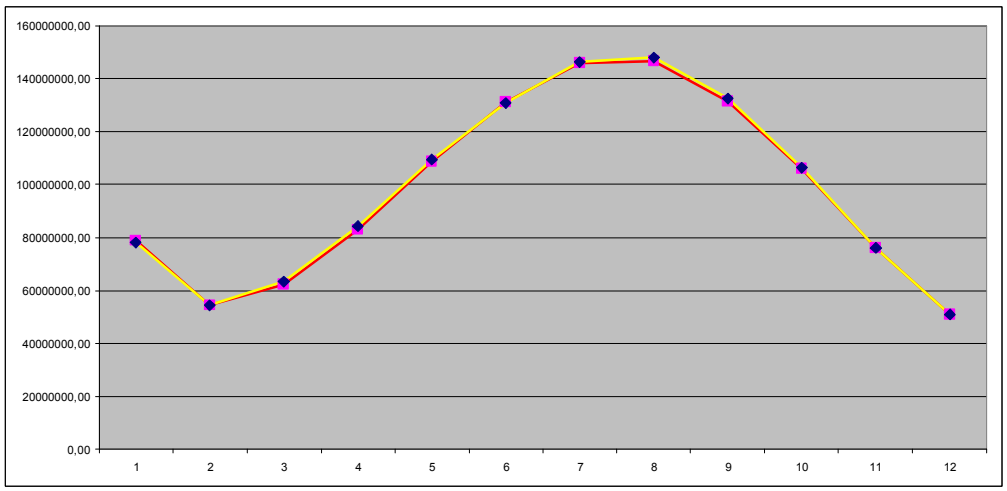
Dies wird natürlich die größte Rolle spielen und sich entscheidend auf die Form eines Mundrohres, und der Wahl einer einigermaßen passenden Mundstückkombination niederschlagen. Möglicherweise gibt es dafür aber keine einigermaßen passende Lösung; dann als Deko an die Wand oder dem Recycling zuführen!

Man muß zur Kenntnis nehmen, daß es Geometrien gibt, die unbrauchbar waren + auch bleiben. Das ist so!

Unterschiede durch geringfügig andere Main Bore Size:



Beträgt die Boresize 11,7mm (rot) anstelle von 11,8mm (gelb) dann ist die Steigung des letzten Segments minimalst kleiner, die restliche Boresize um nicht einmal 1% kleiner. So klein sind auch die Auswirkungen und Unterschiede. Mit Boresize 11,7mm sind nur Mode 5 ist im 1-Cent Bereich höher, Mode 7 tiefer.



Peak Magnituden sind mit kleinerer Boresize 11,7mm minimalst niedriger. Mit Boresize 11,9mm wären es dann gegenteilige Auswirkungen, Size 11,8mm liefert den Mittelwert dafür. Die Änderungsmöglichkeiten und Auswirkungen durch das Mundrohr selbst (z.b. in Richtung blau) sind wesentlich größer. Die „Boresize“ als ein Beurteilungskriterium hat daher keine ernsthaft messbare Bedeutung. Man merkt aber ev., daß bei einer größeren Boresize die MPC Equ. Länge immer schwerer durch das Mundrohr korrigierbar wird!

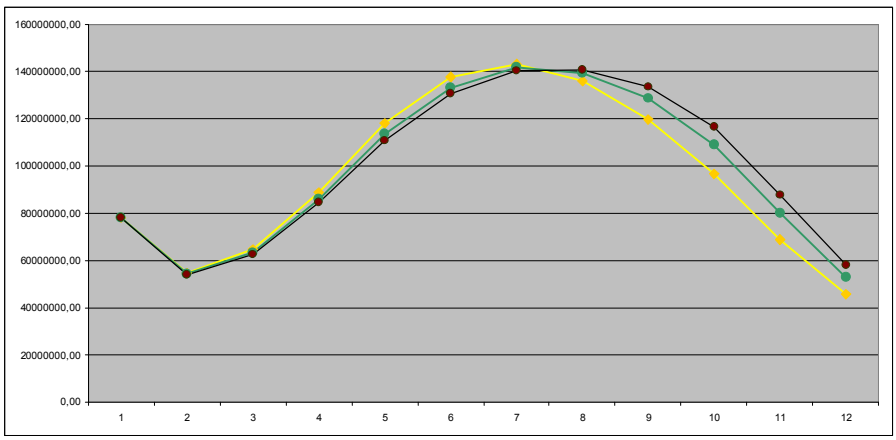
Effekte durch geringfügig abgeänderte äqivalente Längen des Mundstücks:

2 Kapitel waren bereits Kesselmundstücken gewidmet. Eine 1. = „Mpc Pop." Frequenz ist einigermaßen teils aussagekräftig, hängt aber stark von der Länge des Mundstückes ab. Ohne Instrument wird das Mundstück üblicherweise nicht musikalisch verwendet. So haben logischerweise z.B. kürzere Kornett Mundstücke höhere Popping Frequenzen gegenüber längeren Trompeten Mundstücken, die dann aber in Verbindung mit Mundrohr, Bore und Schallbecher in Summe effektiv nicht zum tragen kommen.

Diese 1. Resonanzfrequenz steigt, wenn das Kesselvolumen etwas verringert wird, oder aber auch wenn der Backbore hinter der Seele (Engstelle) erweitert wird. Wir bleiben beim Kriterium Kesselvolumen, denn dieses ist die Größe die sich am ehesten ändern wird, sobald Bläser aus Fleisch und Blut ans Werk gehen!

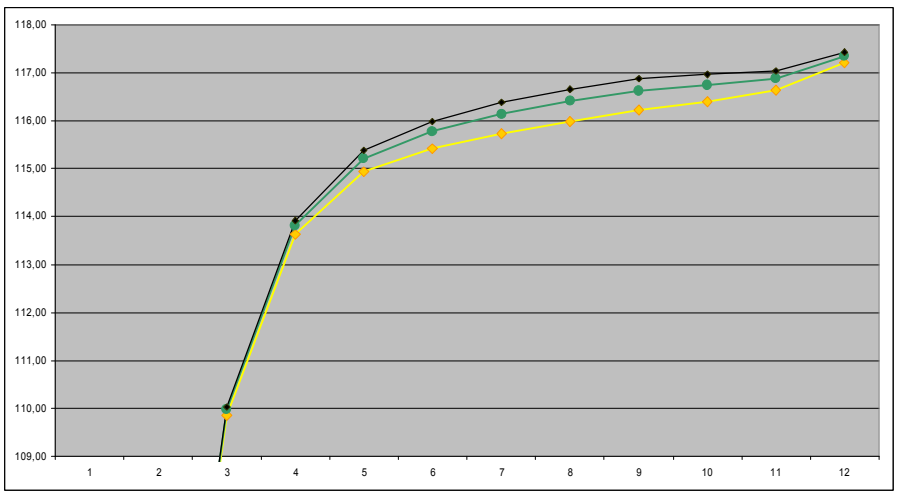
Ein im Verhältnis kleineres Kesselvolumen gegen (Seele + Backbore + Instrument) kann die in Verbindung mit (Mund)-Rohren entstehende akustisch max. wirksame Länge des Mundstückes etwas kompensieren.

Ein im Verhältnis größeres Kesselvolumen führt dagegen zu höheren Abweichungen in der Stimmung der Resonanzmodes zueinander = Inharmonizität, es wirkt also an den „Extremstellen" oberhalb der ersten Mundstückfrequenz akustisch etwas länger als ein kleineres Kesselvolumen, ein Mundrohr hätte dann also mehr Korrekturbedarf, was aber nicht ohne Magnitudenverluste um die MC Popping Frequenz machbar ist.



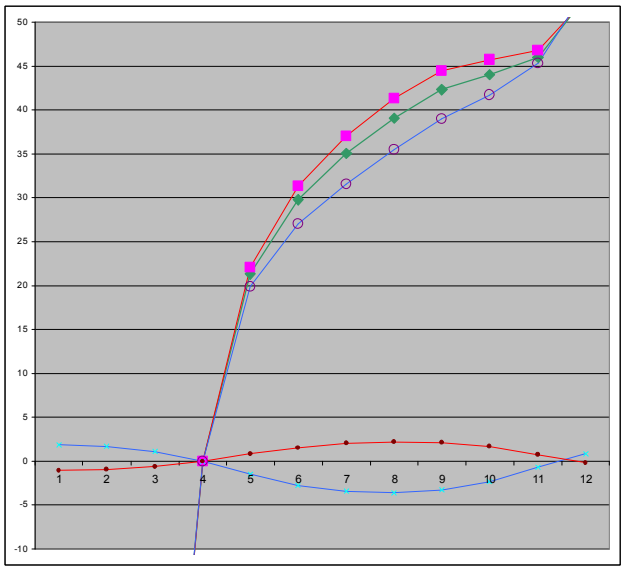
Auswirkungen auf: Mundstück+Gap+Mundrohr+Boresize+Boresize anstelle Schallbecher; TL = 1350mm
Grün: Das lange Mundrohr mit Dia 8,8mm am Start, Segment B 9,4-11,1mm, L 210mm, End Dia 11,8mm.
Ergibt ca. ein Maximum = Extrem möglicher Korrekturen der äquiv. MPC-Länge durch ein Mundrohr selbt.

Schwarz: Das Kesselvolumen des Mundstücks ist geringfügigst reduziert. (nur 0,2mm am Beginn fehlen!)
Gelb: Das Kesselvolumen ist etwas größer: Dia +0,5mm über ca. 2,5mm am Mundstück Beginn.
Solche kleinsten Veränderungen führen zu geänderten MPC-Pop. Frequenzen und äquivalenten Längen!



Generell wird schnell klar:
Eine niedrigere Mpc Popp. Frequ = z.B. ein größerer Kessel vertieft eine „gemeinsame" Grundstimmung,
eine höhere Mpc Popp. Frequ = z.B. ein kleinerer Kessel erhöht diese bei höheren Modes ->stärker.

Diese gemeinsame Grundstimmung mit ihrer Inharmonizität muß, soweit das Instrument mit anderen Instrumenten einigermaßen stimmend gespielt werden soll, dann z.B. anhand der Gesamtlänge einigermaßen korrigiert werden. (Stimmzüge +/-). Und das is ja auch der übliche Weg in der Praxis.



Rot: Kleineres Kesselvolumen als grün,
Blau = größeres Kesselvolumen als grün.

Mode 4 ist üblicherweise der Stimmton, daher nun zu Vergleichszwecken jeweils normalisiert = 0 Cent

Die vorhandenen Frequenzfaktoren EFP der anderen Modes gegenüber den normalisierten Mode 4 ergeben Abweichungen in Cent
(100 Cent = 1 Halbton, 1200 Cent=Oktave).

Vergleicht man geänderte Kesselvolumen und MPC-Popp. Frequenzen, so sind gegenüber Mode 4:

bei einem geringeren Kesselvolumen: Frequenzen um Mode 8 höher = akustisch effektiv kürzer,
bei einen größeren Kesselvolumen: Frequenzen um Mode 8 tiefer = akustisch effektiv länger.

Mit einem kleinerem Kesselvolumen werden unter anderem

die Oktaven	c1-c2 gedehnt,	c2-c3 gestaucht,	Quint darüber – bis g3 gedehnt.
	c1 Frequenz tiefer	c3 Frequ. höher	um g3 zu Mode 4 kaum geändert
	bis c3 Magnituden niedriger		ab c3 Magnituden höher

Die Mundstückwahl spielt also eine ganz entscheidende Rolle. Ein Mundstückwechsel ist zudem die mit Abstand einfachste Art die akustischen Eigenschaften eines Instruments effizient zu ändern.

Der Bläser verursacht in der Praxis selbst unterschiedliche MPC-Equiv. Längen

Betrachtet man die Situation realistisch, so ist z. B. eine Eintauchtiefe der Lippen von nur +0,2mm am Mundstückbeginn eine Größe und Variation, die in der Praxis mit ein und dem selben Mundstückkessel locker erreicht und noch überschritten werden kann. Das wird aber bei jedem Bläser etwas anders sein! Menschliche Lippen sind kein planer Abschluß. Bei einem großen Kesseldurchmesser könnte zudem auch mehr Lippenmasse effektiv eindringen als bei einen kleineren. Bei Simulationen wird daher immer ein 1. Teil des tatsächlichen Mundstücks weggelassen, um diese Effekte zumindest grundlegend zu berücksichtigen.

Zusammenfassung Mundrohr Konzepte

Kleine Änderungen am Mundstück und Mundrohr haben große Auswirkungen auf die Input-Impedanz-magnituden um die MPC Popp. Frequenz und definieren damit stark die Spielbarkeit eines Instruments. Unstimmigkeiten und Fehler hier können durch den weiteren Hornverlauf nicht korrigiert werden. Es können keine einzelnen Naturtöne korrigiert werden sondern nur Bereiche abgeändert werden. Tiefe Frequenzen liegen out of scope und es kann z.B. durch eine Volumenänderung des Mundstück-Kessels die vorhandene Inharmonizität etwas in ihrer Gesamtheit etwas „gedreht“ werden.

Mit der Idee, Pitch-Nodes um die Mpc Popp. Frequenz zu fixieren habe ich versucht, neue Lösungswege für effizientere Mundrohre zu entwickeln. Diese wirken vorab vielleicht skuril, haben diese doch beim kurzen Konzept K11-3BS bewusst Bore-Steps oder beim langen Konzept T22-3S absichtlich Knicke zwischen angrenzenden Segmenten. Sie verlaufen bewusst nicht „glatt“. Jede Glättung z.B. durch Mittelwertbildung ist möglich, verringert aber das mögliche Korrekturpotential oder verteilt sich auf andere Frequenzbereiche.

Ganz gezielt platzierte Knicke und Sprünge in diesem Bereich des Instruments verursachen keine Knicke oder Sprünge bei Impedanz Peak Magnituden oder Stimmung, sondern haben ein kontrollierbares Potential, die mit der Frequenz veränderliche akustische Länge des Mundstücks in Verbindung mit Rohren gezielt zu steuern. Ungeplante Sprünge und Durchmesseränderungen im weiteren Verlauf sollten vermieden oder so gering wie möglich bleiben. Der Rest des Instruments sollte akustisch möglichst „glatt“ verlaufen und am Schallbecherende durch ein geignetes Bell-Skirt akustisch möglichst abrupt beendet werden!