

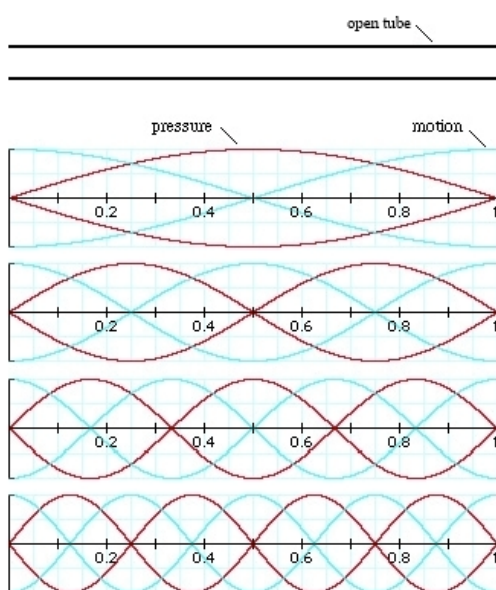
Waldhoorn-zijpaden

Inleiding

In de loop der jaren heb ik wat zijpaden van het hoornspelen verkend die wellicht interessant kunnen zijn voor andere nieuwsgierigen dus heb ik ze maar eens op een rijtje gezet. De waldhoorn en de speelwijze zijn geheel proefondervindelijk ontwikkeld, zoals bij vrijwel alle muziekinstrumenten. Instrumentenbouwers en topmusici uit vorige eeuwen hebben hun doorzettingsvermogen, muzikaliteit en geduld gegeven aan de ontwikkeling van de waldhoorn en de speeltechniek ¹⁻⁴). Halverwege de 19^e eeuw heeft Hermann von Helmholtz het eerste uitgebreide theoretisch onderzoek gedaan ⁵) naar muziek en klank enerzijds en de werking van instrumenten anderzijds. Dat is naderhand voortgezet en met experimentele metingen geverifieerd ^{6, 7}). Er blijken complexe fysische modellen nodig om de werking en de eigenschappen van de instrumenten tot in enig detail te kunnen duiden. Met de hieronder gebruikte simpele modellen kunnen slechts de primaire eigenschappen worden verklaard.

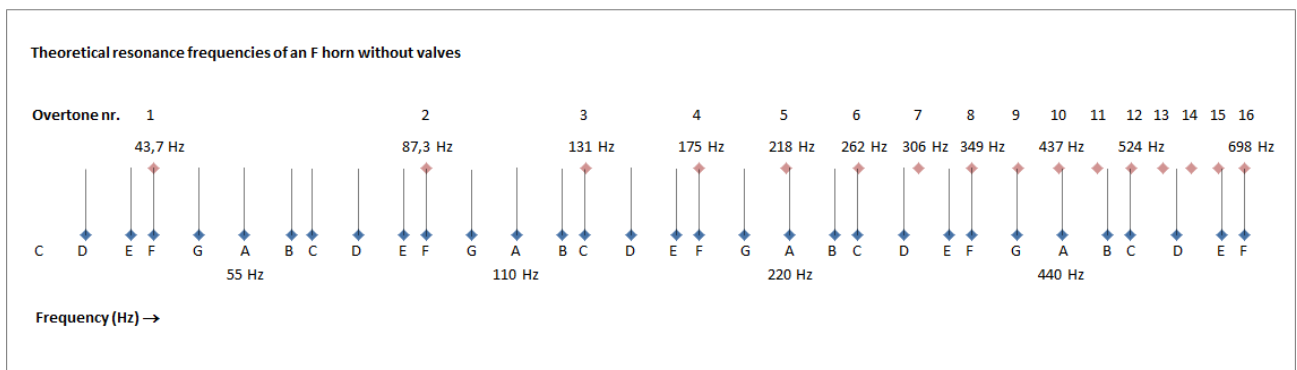
De akoestiek

Geluid is eigenlijk een tijdelijke verandering van de luchtdruk. Het verplaatst zich door de lucht met de geluidssnelheid (ongeveer 340 meter per seconde) en in de open lucht gaat dat in alle richtingen. Als geluid door een (nauwe) buis gaat wordt de voortplantingsrichting gestuurd door de buiswand. Als dat geluid aan het einde van een open buis aankomt wordt de voortplantingsrichting niet meer door de buiswand gestuurd en gaat het weer alle kanten op: Een deel van het geluid gaat dan ook weer terug de buis in (soort reflectie). Het heengaande en het weer teruggaande geluid zullen elkaar daar dan gaan verstoren. De resulterende intensiteit van het geluid zal afhangen van de akoestische energie die (via het mondstuk) de buis inkomt, het reflectiepercentage aan de uiteinden en de interne verliezen aan de buiswand. Stel nu dat dit geluid een toon is; een regelmatig in de tijd herhalende variatie van de luchtdruk met een periodetijd t_p (en de frequentie f_t van de toon, waarbij $f_t = 1 / t_p$). Er zal een speciale situatie optreden als de helft van de periodetijd van de toon gelijk is



aan de reistijd van het geluid door de buis, zie bovenin de figuur hiernaast. In die situatie zullen het heen- en teruggaande geluid elkaar versterken en dat noemen we resonantie. In de buis ontstaat er dan aldus een zogenaamde staande golf omdat de maxima en minima van de drukvariaties een vaste positie in de buis hebben. De golflengte λ_t van de toon is recht evenredig met de geluidssnelheid v_{air} en omgekeerd evenredig met de frequentie f_t oftewel: $\lambda_t = v_{\text{air}} / f_t$. Zo'n zelfde situatie van resonantie zal ook optreden als er in de buis een gehele golflengte past, of drie halve enz. enz. In de figuur zijn de eerste vier mogelijke resonanties weergegeven voor een open buis (boven in de figuur).

Een waldhoorn is een koperen (messing) blaasinstrument waarbij een mondstuk en een lange opgerolde buis met aan het einde een trechter (beker) samen de akoestische resonator vormen. De lippen worden voor het mondstuk geplaatst en aan het trillen gebracht door er een luchtstroom tussendoor te blazen. Als de frequentie van de trilling van de lippen past bij de lengte van de buis ontstaat in de buis resonantie met een welluidende toon tot gevolg. De frequenties van tonen die zo gespeeld kunnen worden (natuurtonen) zijn steeds een geheel veelvoud (harmonischen) van de laagste (pedaal-) toon met frequentie f_1 , dus $f_2=2f_1$, $f_3=3f_1$, $f_4=4f_1$ enzovoort, zie de tabel hieronder voor een hoorn met een grondtoon F. Een beetje hoornist kan wel tot soms meer dan de zestiende boventoon spelen (vergelijk flageoletten bij een viool). Bij de hoorn zijn de lippen de trillingsbron en het meetrillen van de lucht in de buis versterkt het geluid, bij een viool is de snaar de trillingsbron en versterkt de meetrillende kast het geluid.

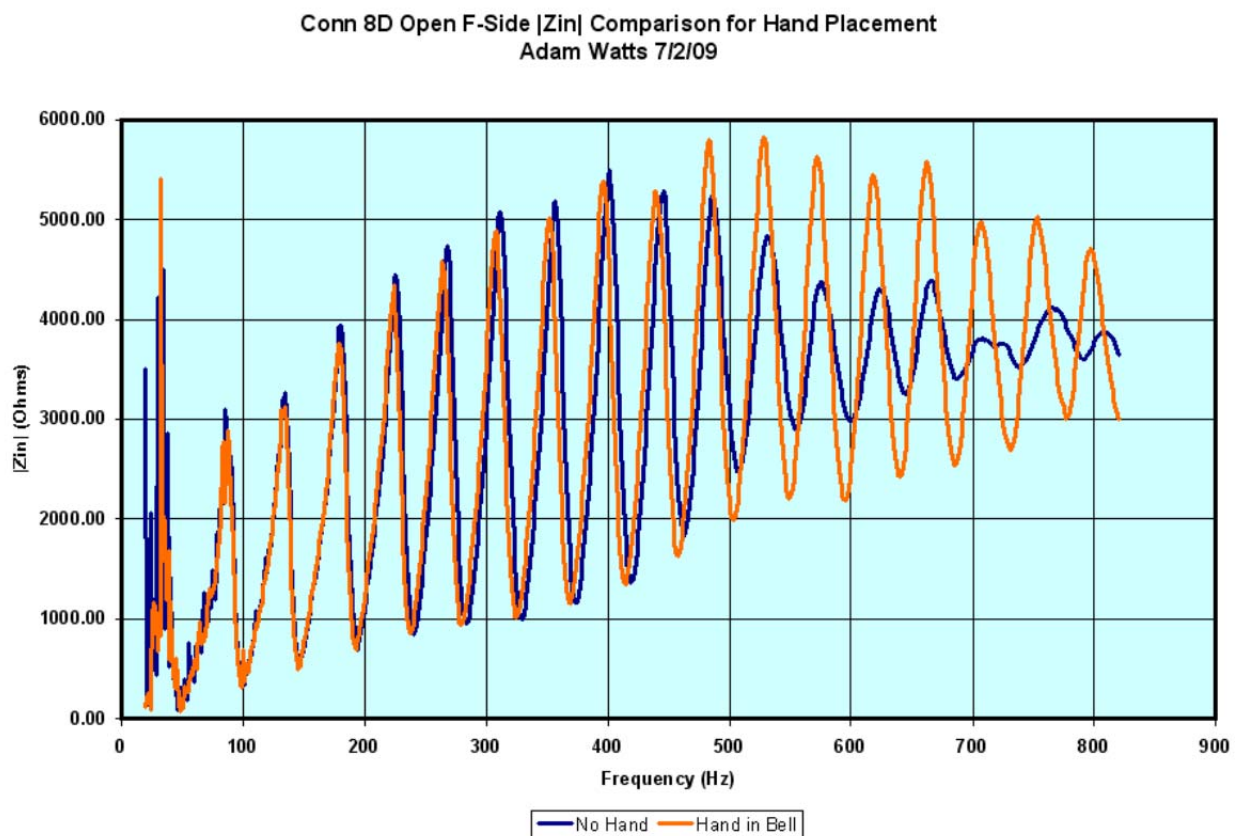


Zonder het gebruik van ventielen heeft een hoorn een toonbereik van ongeveer vier octaven en dat is wel groot maar omvat niet alle tussenliggende tonen. Binnen het onderste octaaf (F_1 - F_2) zijn er al helemaal geen andere tonen. In het tweede octaaf (F_2 - F_3) ligt daar alleen de reine kwint (131 Hz i.p.v. 130,8 Hz) tussen. In het derde octaaf (F_3 - F_4) liggen de reine terts a' (218 Hz i.p.v. 220,0 Hz), de reine kwint c' (262 Hz i.p.v. 261,6 Hz) en een septime die absoluut niet in onze toonladder past (306 Hz). Binnen het vierde octaaf liggen totaal zeven tonen maar een groot aantal daarvan past ook (helemaal) niet in de normale toonreeks, die klinken dus (heel erg) vals (zie ook de grote tabellen hieronder).

En het wordt nog erger. Het einde van de hoorn heeft een trechtersvorm (diameter tot ongeveer 35 cm) omdat er dan meer geluid uit komt dan uit alleen een dunne buis. Dat heeft uiteraard gevolgen voor de eigenschappen van de resonator. De golflengte van de 16^e natuurtoon op een F hoorn is $\pm 0,5$ m, de golflengte van de laagste toon ± 8 m. Voor de lage toon zal het niet veel uitmaken als de buis naar het einde toe langzaam iets wijder wordt. Maar omdat de hoge tonen een veel kleinere golflengte hebben zullen ze het dikker worden van de resonator ervaren alsof de buis eerder stopt. Ze passen daar immers bijna dwars in de buis en die geeft daar dan onvoldoende sturing aan een eenduidige voortplantingsrichting van het geluid. Dat levert voor de hoge tonen een verhoging van de resonantiefrequenties op. Vooral het hoogste octaaf wordt daardoor een beetje uitgerekt in frequentie en daar wordt het allemaal niet zuiverder op.

De rechterhand

De hoornisten in de klassieke tijd hadden al proefondervindelijk ontdekt dat je met het plaatsen van een hand in de beker de toonhoogte kunt beïnvloeden. Daarom werd toen de rechterhand, de meest actieve, in de beker gehouden en werd de hoorn met de linkerhand bij de boog vastgehouden. Later zijn er ventielen uitgevonden en (links) op de hoorn aangebracht om zo de lengte van de buis te kunnen variëren en een groter aantal verschillende tonen te kunnen spelen. Voor de rechterhand zijn nu de drie belangrijkste taken; het in balans houden van de hoorn, het optimaliseren van de akoestische eigenschappen in de beker en het bijsturen van bepaalde toonhoogten, zie ¹⁻⁴⁾. In de 70-er jaren van de 20^e eeuw heeft de Amerikaan John Backus systematische metingen gedaan aan de invloed van de rechterhand in de beker ⁷⁾ en in 2009 promoveerde de Amerikaan Adam Watts op dit onderwerp ⁸⁾. Van deze laatste auteur zijn de twee illustraties hieronder.



Deze grafiek beschrijft de akoestische weerstand van een F-hoorn bij verschillende frequenties voor twee situaties: de blauwe curve is opgenomen met open beker en bij de rode curve is de hand in de beker geplaatst zoals hieronder weergegeven. Hoe hoger de curve gaat, hoe gemakkelijker er bij die frequentie een toon kan worden gespeeld. Bij het vergelijken van deze twee situaties valt op dat: 1) met de hand erin de afstand tussen de resonantiepieken vrij regelmatig is terwijl zonder hand die afstand bij hogere frequenties steeds groter en onregelmatig wordt 2) met de hand erin de resonantiepieken groter en steiler zijn dan zonder hand. Bij een juiste positie van de

rechterhand in de beker zijn de harmonischen vrijwel exact op de juiste (theoretische) frequentie te krijgen en zijn de hoge tonen ook veel gemakkelijker te spelen.

De ideale positie van de rechter hand is afhankelijk van de vorm van de hand en van de beker en deze basispositie moet steeds experimenteel bepaald worden als voor het eerst een andere hoorn wordt bespeeld: het stemapparaat erbij pakken, de tonen (geen ventielen gebruiken) zoveel mogelijk in de piek van de resonanties



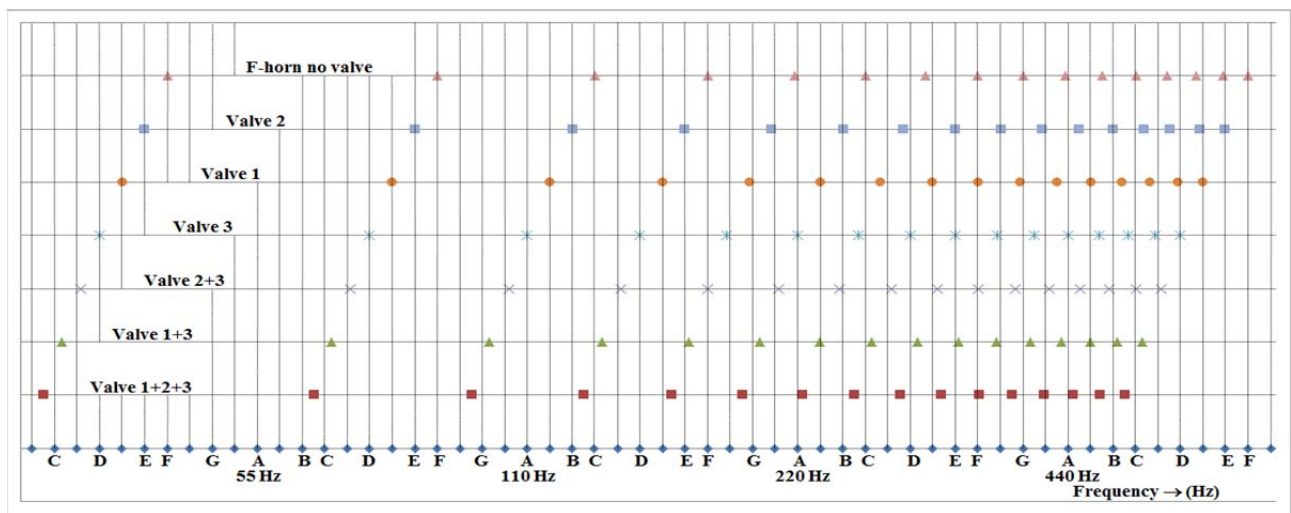
aanblazen en met de hand op steeds verschillende posities blijven proberen tot de octaven (en kwinten) zo rein mogelijk zijn. Daarnaast moet in die zelfde positie de rechterhand maximale vrijheid hebben voor het stoppen of om individuele tonen bij te kunnen sturen. Daartoe wordt de palm van de hand de beker in gevouwen, de vingers blijven op ongeveer dezelfde plaats (vingers en duim steeds aaneengesloten en met de nagels tegen de buiswand houden). Als de beste basispositie voor de rechterhand gevonden is hoeft die nooit meer te veranderen.

Let nog wel op dat het uitzoeken van de optimale handpositie gebeurt met een neutrale embouchure. Als je langere tijd een andere hoorn hebt gespeeld ben je snel geneigd om de min-of-meer automatische correcties van de stemming van de verschillende tonen die je gewend was op de oude hoorn ook op de andere hoorn toe te passen. Dat moet je nu dus even vermijden.

Het plaatsen van de rechterhand in de beker van de hoorn maakt de resonator voor de hoge frequenties als het ware langer omdat de hand de diameter in de beker kleiner maakt. De functie van de beker was eigenlijk om meer geluid uit de buis naar buiten te krijgen en dat wordt door de hand in deze positie weer gedeeltelijk teniet gedaan. Het is een voorbeeld van de compromissen die gedurende de eeuwenlange ontwikkeling van de waldhoorn hebben geleid tot de prachtige klanken die er nu mee gemaakt kunnen worden.

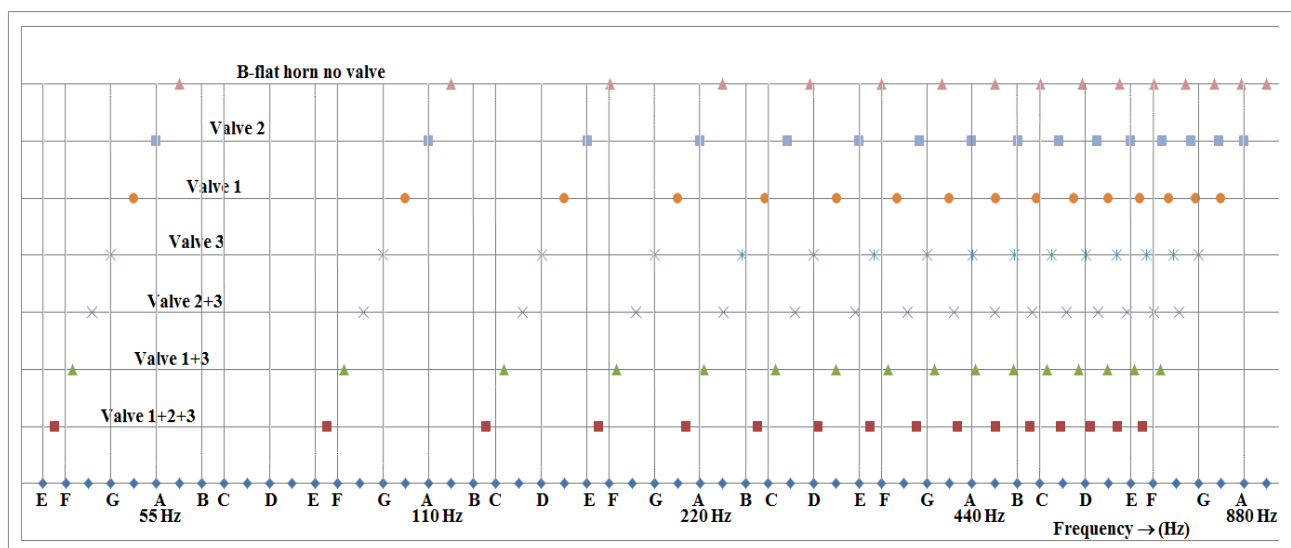
De linkerhand

Om het aantal speelbare tonen op de hoorn uit te breiden zijn er ventielen op gemaakt. Door een ventiel in te drukken wordt de resonator met een bepaalde lengte vergroot. Meestal zijn er hiervoor drie ventielen; het 1^e ventiel schakelt er een buislengte bij zodanig dat alle tonen een grote secunde lager worden, bij het 2^e ventiel een kleine secunde en bij het 3^e ventiel een kleine terts. Zo wordt dus een F-hoorn met het eerste ventiel ingedrukt een Es-hoorn, met het tweede ventiel een E-hoorn en het derde ventiel een D-hoorn. In de onderstaande figuur is aangegeven welke toonhoogten er dan gespeeld kunnen worden. Het zijn theoretische waarden waarbij er vanuit is gegaan dat de rechterhand in een ideale positie is zodat de octaven precies kloppen. De buislengten die erbij worden geschakeld zijn hier zodanig gekozen dat ze exact respectievelijk een grote en kleine secunde en kleine terts verlagen.



Er is op deze wijze een groot aantal speelbare tonen bijgekomen, maar in het hoge bereik komen nog steeds veel tonen voor die niet binnen onze toonladder passen. Ook blijkt dat bij het gelijktijdig indrukken van verschillende ventielen de tonen te hoog uitkomen (zie de onderste drie reeksen). Voor een F-hoorn (resonatorlengte circa 380 cm) zijn de lengten die worden bijgeschakeld (halve toon = $\sqrt[12]{2} = 5,95\%$) door 1^e, 2^e en 3^e ventiel respectievelijk 46,6 cm, 22,6 cm en 71,9 cm. Maar, als bijvoorbeeld het 1^e ventiel al is ingedrukt moet er voor een verdere verlaging van een kleine secunde niet 22,6 cm worden bijgeschakeld maar 5,95 % van (380 + 46,6 cm) oftewel 25,4 cm. Daarom geeft een combinatie van ventielen altijd te hoge tonen.

Een manier om een nog groter aantal (goed stemmende) tonen te kunnen spelen is om complete hoorns met verschillende lengte samen te bouwen. Een veel gebruikte combinatie is de samenbouw van een F hoorn en een Bes hoorn, waarbij de keuze tijdens het spelen kan worden gemaakt met behulp van een vierde ventiel. Deze twee hoorns delen mondstuk en beker maar daartussenin worden steeds buizen van verschillende lengte geschakeld. Hieronder is een overzicht gegeven van de toonhoogten die op een Bes hoorn kunnen worden gespeeld.



Over het gehele bereik vullen de verschillende speelbare tonen van F hoorn en Bes hoorn elkaar heel goed aan. En het verruimt de keuze bij het spelen waardoor (als er speltechnisch

voldoende tijd is om dat te realiseren) zuiverder resonanties gekozen kunnen worden. Zo is de klinkend C (130,81 , 261,63 en 523,25 Hz) op de F-hoorn zuiverder te spelen (130,95 , 261, 90 en 523,80 Hz) dan op een Bes-hoorn (133,26 , 259,54 en 524,43 Hz) terwijl andere tonen op de Bes-hoorn weer zuiverder zijn (zie de tabellen hieronder).

Bij een alpenhoorn heeft de resonator ook een (boom!) lengte van vele meters maar hij is geheel conisch gebouwd, dat wil zeggen dat de binnendiameter van de buis vanaf het mondstuk



(ongeveer 0,5 cm) heel geleidelijk verloopt naar de beker van circa 10 cm, die dus veel kleiner is dan de 35 cm van de waldhoorn. Indien de alpenhoorn is uitgerust met een goed aangepast mondstuk zijn de verschillende harmonischen beter op stemming dan bij een waldhoorn zonder rechterhand. De binnendiameter van de waldhoorn verloopt

geleidelijk vanaf het mondstuk naar het eerste ventiel en is dan constant (cilindrisch) over het gedeelte waar de ventielen zitten. Pas daarna komt er een geleidelijke toename van de diameter naar de beker toe. Al met al vormt dit zeker geen ideale resonator maar de truc met de rechterhand helpt al enorm en instrumentenbouwers hebben inmiddels veel mogelijkheden ontdekt om met goed uitgedachte aanpassingen van het verloop van de buizen de stemming van de verschillende tonen te optimaliseren.

Op de volgende pagina's zijn tabellen gegeven van de frequenties van de theoretische resonanties in F en Bes hoorn voor een perfecte resonator, als ware de rechterhand in ideale positie.

Frequencies (Hz) of equal tempered tones next to resonance frequencies of the F horn										
Note in C	Note in F	Frequency (Hz)	F horn natural	F horn valve 2	F horn valve 1	F horn valve 3	F horn valve 1+2	F horn valve 2+3	F horn valve 1+3	F horn valve 1+2+3
B ₀	F _#	30,87								31,83
C ₁	G	32,70							33,27	
C _{1#}	G _#	34,65						34,95		
D ₁	A	36,71				36,71	36,92			
D _{1#}	A _#	38,89			38,89					
E ₁	B	41,20		41,20						
F ₁	C	43,65	43,65							
B ₁	F _#	61,74								63,68
C ₂	G	65,41							66,55	
C _{2#}	G _#	69,30						69,90		
D ₂	A	73,42				73,42	73,85			
D _{2#}	A _#	77,78			77,78					
E ₂	B	82,41		82,41						
F ₂	C	87,31	87,31							
F _{2#}	C _#	92,50								95,49
G ₂	D	98,00							99,80	
G _{2#}	D _#	103,83						104,90		
A ₂	E	110,00				110,00	110,80			
A _{2#}	F	116,54			116,70					
B ₂	F _#	123,47		123,60						127,30
C ₃	G	130,81	130,95						133,10	
C _{3#}	G _#	138,59						139,80		
D ₃	A	146,83				146,83	147,70			
D _{3#}	A _#	155,56			155,56					159,20
E ₃	B	164,81		164,81					166,40	
F ₃	C	174,61	174,61					174,80		
F _{3#}	C _#	185,00				183,60	184,60			191,00
G ₃	D	196,00			194,40				199,60	
G _{3#}	D _#	207,65		206,00				209,73		
A ₃	E	220,00	218,25			220,25	221,50			222,80
A _{3#}	F	233,08			233,30				232,90	
B ₃	F _#	246,94		247,20				244,70		254,60
C ₄	G	261,63	261,90			257,00	258,50		266,20	
C _{4#}	G _#	277,18			272,20			279,60		286,50
D ₄	A	293,66		288,40		293,66	295,40		299,50	
D _{4#}	A _#	311,13	305,55		311,13			314,60		318,30
E ₄	B	329,63		329,63		330,00	332,40		332,70	
F ₄	C	349,23	349,23		350,00			349,50		350,20
F _{4#}	C _#	369,99		370,80		367,00	369,20		366,10	382,00
G ₄	D	392,00	392,90		389,00			384,50	399,20	
G _{4#}	D _#	415,30		412,00		404,00	406,20	419,40		413,80
A ₄	E	440,00	436,50		427,80	440,60	443,10		432,60	445,60
A _{4#}	F	466,16		453,20	467,00			454,40	465,80	477,80
B ₄	F _#	493,88	480,20	494,40		477,00	480,00	489,30	499,20	509,30
C ₅	G	523,25	523,80		505,50	514,00	516,90	524,30	532,40	
C _{5#}	G _#	554,37		535,60	544,00	550,70	552,90	559,30		
D ₅	A	587,33	567,50	576,80	583,30	587,37	590,80			
D _{5#}	A _#	622,25	611,10	618,00	622,25					
E ₅	B	659,25	654,80	659,25						
F ₅	C	698,46	698,46							

Frequencies (Hz) of equal tempered tones next to resonance frequencies of the B flat horn										
Note in C	Note in F	Frequency (Hz)	B flat horn natural	B flat horn valve 2	B flat horn valve 1	B flat horn valve 3	B flat horn valve 1+2	B flat horn valve 2+3	B flat horn valve 1+3	B flat horn valve 1+2+3
E ₁	B	41,20								42,49
F ₁	C	43,65							44,42	
F _{1#}	C#	46,25						46,65		
G ₁	D	49,00				49,00	49,30			
G _{1#}	D#	51,91			51,91					
A ₁	E	55,00		55,00						
A _{1#}	F	58,27	58,27							
B ₁	F#	61,74								
C ₂	G	65,41								
C _{2#}	G#	69,30								
D ₂	A	73,42								
D _{2#}	A#	77,78								
E ₂	B	82,41								84,98
F ₂	C	87,31							88,84	
F _{2#}	C#	92,50						93,33		
G ₂	D	98,00				98,00	98,59			
G _{2#}	D#	103,83			103,83					
A ₂	E	110,00		110,00						
A _{2#}	F	116,54	116,54							
B ₂	F#	123,47								127,48
C ₃	G	130,81							133,26	
C _{3#}	G#	138,59						139,99		
D ₃	A	146,83				147,00	147,88			
D _{3#}	A#	155,56			155,75					
E ₃	B	164,81		164,98						169,97
F ₃	C	174,61	174,81						177,69	
F _{3#}	C#	185,00						186,65		
G ₃	D	196,00				196,00	197,19			
G _{3#}	D#	207,65			207,65					212,46
A ₃	E	220,00		220,00					222,11	
A _{3#}	F	233,08	233,08					233,31		
B ₃	F#	246,94				245,00	246,49			254,83
C ₄	G	261,63			259,54				266,53	
C _{4#}	G#	277,18		274,97				279,98		
D ₄	A	293,66	291,35			294,00	295,79			297,30
D _{4#}	A#	311,13			311,45				310,95	
E ₄	B	329,63		329,97				326,64		339,77
F ₄	C	349,23	349,62			343,00	345,08		355,37	
F _{4#}	C#	369,99			363,36			373,30		382,41
G ₄	D	392,00		384,96		392,00	394,35		399,79	
G _{4#}	D#	415,30	407,89		415,30			419,96		424,72
A ₄	E	440,00		440,00		441,00	443,68		444,21	
A _{4#}	F	466,16	466,16		467,17			466,63		467,42
B ₄	F#	493,88		494,95		490,00	492,98		488,64	509,91
C ₅	G	523,25	524,43		519,08			513,30	533,06	
C _{5#}	G#	554,37		549,95		539,01	542,22	559,96		552,40
D ₅	A	587,33	582,70		571,00	588,01	591,58		577,49	594,89
D _{5#}	A#	622,25		604,95	622,90			606,62	621,91	637,39
E ₅	B	659,25	640,98	659,94		636,78	640,83	653,28	666,33	679,88
F ₅	C	698,46	699,25		674,57	686,01	690,12	699,95	710,75	
F _{5#}	C#	739,99		714,94	726,72	735,01	739,41	746,61		
G ₅	D	783,99	757,52	769,93	778,63	783,99	788,71			
G _{5#}	D#	830,61	815,79	824,93	830,61					
A ₅	E	880,00	874,06	880,00						
A _{5#}	F	932,33	932,33							

De stembuizen

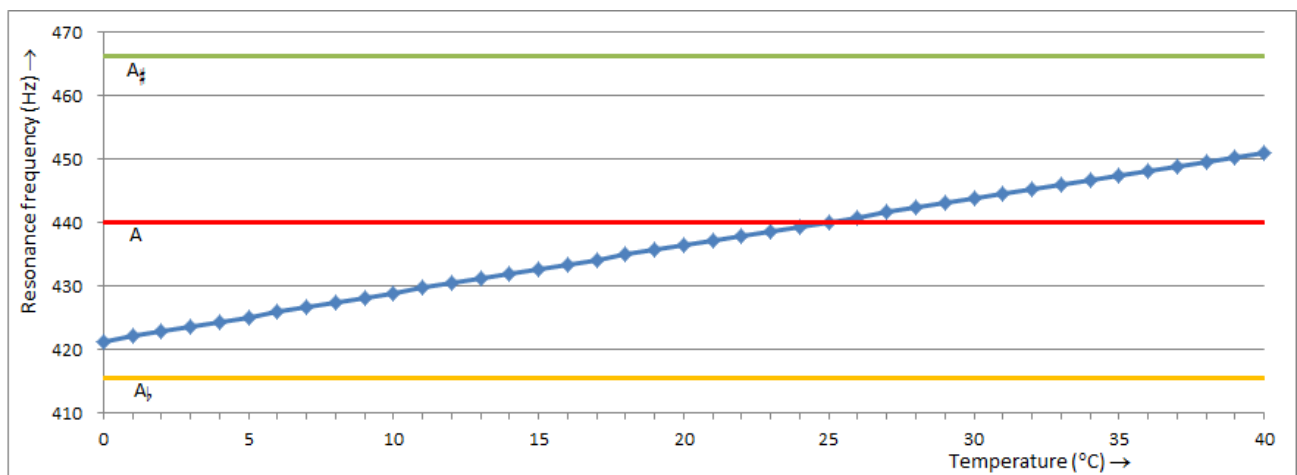
Op diverse plaatsen zijn in de resonator van de hoorn buizen aangebracht die uit- en ingeschoven kunnen worden. Dat is handig om condenswater te verwijderen en, door ze verder of minder ver in te schuiven, om te worden gebruikt om de resonator korter of langer te maken. Er is een algemene stembuis voor de gehele hoorn (in het geval van een F-Bes hoorn zijn er dan twee). En ook alle buizen die achter de ventielen zitten hebben dat. Zo kan de lengte van de resonator altijd optimaal worden ingesteld.

Bij het afstemmen van de hoorn wordt eerst de algemene stembuis zodanig ingesteld (hier nog geen ventielen gebruiken) dat de grondtoon F (respectievelijk Bes) en de harmonischen precies stemmen (rechterhand in juiste positie houden). Daarna worden de buizen van de drie ventielen zodanig ingesteld dat ze precies respectievelijk een grote secunde, kleine secunde en kleine terts verlagen. Als de hoorn op die wijze is ingeregeld zal de hoorn bij gelijktijdig gebruik van twee of drie ventielen niet goed stemmen. Deze resterende onzuiverheden kunnen worden gecorrigeerd met de rechterhand of met het embouchure. Dat laatste is veruit het meest vermoeiend en af te raden. En, als alle stembuizen van de hoorn optimaal gekozen zijn zullen kleine aanpassingen van de algemene stembuis voor het exact stemmen op de a" de onderlinge verhouding met de ventielbuizen nauwelijks verstoren.

Als je langere tijd op dezelfde hoorn hebt gespeeld zullen de onhebbelijkheden in de stemming van de verschillende tonen van die hoorn ongemerkt en min of meer automatisch worden gecorrigeerd met embouchure of rechterhand. Bij het inregelen van de juiste posities van de stembuizen van een nieuwe of andere hoorn moet heel bewust worden gewerkt met een neutraal embouchure en de rechter hand in de neutrale positie.

De temperatuur

De resonantiefrequenties van de hoorn zijn afhankelijk van de lengte van de hoorn en de snelheid v_{air} van het geluid. Immers; de frequentie f_t en de golflengte λ_t van de toon, en de geluidssnelheid v_{air} zijn gerelateerd als: $\lambda_t = v_{\text{air}} / f_t$. De geluidssnelheid v_{air} in lucht is afhankelijk van een aantal factoren zoals de temperatuur, exacte samenstelling, druk en vochtigheidsgraad. De lengte van de hoorn is ook nog een beetje afhankelijk van de temperatuur: metaal zet een klein beetje uit als het warmer wordt. Uit vergelijking van al deze invloeden blijkt dat de temperatuur van de lucht in de hoorn van al deze factoren veruit het meest invloed heeft op de resonantiefrequentie. In de grafiek hieronder is in blauw bij verschillende temperaturen de resonantiefrequentie aangegeven van een bepaalde harmonische van een hoorn (a" bij 25°C). In groen, rood en geel zijn de toonhoogtes van respectievelijk $A_{\sharp}$, A en $A_{\flat}$ getekend. Als de temperatuur maar een paar graden verandert, heeft dit al enorme invloed op de resonantiefrequentie.



Het is heel moeilijk om zuiver te spelen in extreme omstandigheden van temperatuur zoals in een koude kerk, buiten in de vrieskou bij de intocht van Sinterklaas of in de zon bij het tropisch carnaval (metaal in de volle zon kan tot boven de 60°C opwarmen). Maar zelfs als de ruimtetemperatuur goed is gestabiliseerd, is een perfecte stemming niet vanzelfsprekend.

De temperatuur van de lucht die uit de longen komt is maximaal 37°C. Die lucht komt langs de (relatief koude) buiswand en wordt gemengd met de lucht die al in de hoorn zit. De uiteindelijke temperatuur daar is dynamisch; continu wisselend, afhankelijk van de snelheid van de luchtstroom en de andere plaatselijke temperaturen. Ook bij harder of zachter blazen waardoor de luchtstroom sneller of langzamer door de buis gaat zal de stemming iets veranderen. Al die verschillende temperaturen in de hoorn leveren een soort gemiddelde op die de uiteindelijke resonantiefrequentie bepaalt. Verder hebben de lippen de neiging om bij harder of zachter spelen van trilfrequentie te veranderen en een juiste balans is daarin zeker niet evident. Een nauwkeurig gehoor en verfijnde motoriek in de embouchure en de rechterhand zijn dus cruciaal voor de correcte terugkoppeling van al deze invloeden.

Bij het spelen op een hoorn die nog koud is zal de stemming aanvankelijk te laag zijn en tijdens het spelen langzaam stijgen naar de normale toonhoogte. Om te voorkomen dat de stemming in het begin te laag is kan voordat de lippen worden aangezet wat warme lucht in de hoorn worden geblazen met de lippen om het mondstuk heen om zo de temperatuur in de buis alvast te normaliseren. Deze kunstgreep is ook bij de meeste andere blaasinstrumenten mogelijk en wordt noodzakelijker naarmate de omgevingstemperatuur extremer is.

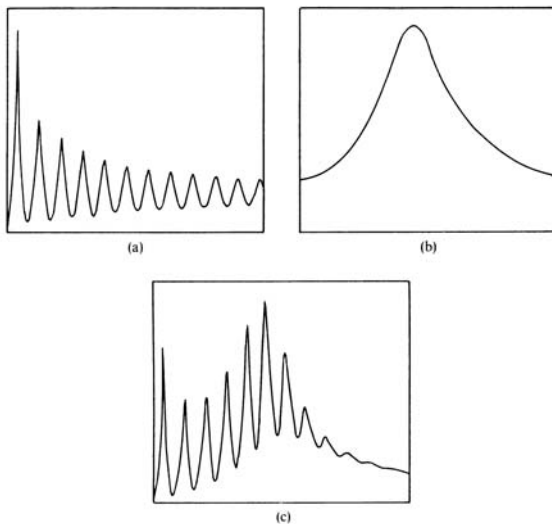
Het mondstuk

Farquharson Cousins schrijft in zijn boek “On playing the Horn” ⁴⁾ dat een hoornist(e) gezegend is als die de carrière begint met een goed mondstuk en daarmee door kan gaan. Philip Farkas merkt op in zijn “The art of French horn playing” ¹⁾ dat een ideaal mondstuk niet bestaat; het

zal altijd een (persoonlijke) afweging zijn tussen verschillende eigenschappen. Dat zijn bijvoorbeeld:

- 1) comfort en gemak van het spelen (in de verschillende octaven)
- 2) gevoel van controle (in de verschillende octaven)
- 3) gedrag bij hard en zacht spelen (in de verschillende octaven)
- 4) geluidskwaliteit (dof, wollig, rond, glanzend, scherp) (in de verschillende octaven)
- 5) gedrag bij lippentrillers
- 6) zuiverheid in het hoge bereik

Het mondstuk heeft grote invloed op al deze speleeigenschappen. In referentie ⁷⁾ zijn (berekende)



karacteristieken gegeven van: (curve a) de akoestische weerstand (verticaal in de grafieken) van een twee meter lange ronde ($D_i = 1\text{cm}$) buis, (curve b) een neutraal afgesloten eenvoudig mondstuk en (curve c) het mondstuk en de buis samen. De frequentieschaal (horizontaal) loopt van 0 tot 1000 Hz. In curve (a) zijn goed de resonanties van de buis (bij 85 Hz en de harmonischen daarvan) te herkennen. Curve (b) laat de brede resonantie van het mondstuk met een maximum bij circa 450 Hz zien. In curve (c) zien we dat als het mondstuk op de

buis wordt gezet de resonanties van de buis goed herkenbaar blijven en in het midden zelfs duidelijker worden. Naar de rechterkant van het spectrum toe worden de resonanties echter steeds zwakker. Dat betekent dat de speelbaarheid van de hoge tonen minder is geworden. Om dat laatste te vermijden zou je een mondstuk willen gebruiken met een hogere resonantiefrequentie. Die is afhankelijk van de combinatie van het volume van het mondstuk en de kleinste diameter in het mondstuk. Maar omdat deze parameters ook directe invloed hebben op de speelbaarheid van de lage tonen, de toonkwaliteit, het comfort van spelen enz. enz. is een persoonlijke afweging van deze eigenschappen onvermijdelijk. Bij nauwkeurige analyse van spectrum (c) blijken de eigenschappen van het mondstuk invloed te hebben op de juiste posities van de resonantiepieken van de aldus samengestelde resonator, met name in het hoge bereik.

Lastig bij het testen van verschillende mondstukken is dat in het proces van het uitproberen de embouchure nog niet optimaal is ontwikkeld voor het effectief spelen op die specifieke mondstukken. Zo zou een bepaalde noot niet lekker geraakt kunnen worden (met name in het hoge bereik) omdat de resonantie daarvan niet precies ligt op de verwachte toonhoogte. Het kost veel studietijd om helemaal ingespeeld te raken met een nieuw mondstuk. Bij het uitzoeken van een mondstuk zijn er veel aandachtspunten waaronder de toonkwaliteit. Het is aan te raden om dat uitzoeken niet alleen te doen maar samen met tenminste één kritische luisteraar en voor ieder mondstuk de bevindingen per aandachtspunt te noteren om aan de hand daarvan een gegronde keuze te kunnen maken.

Literatuur

- 1) Ph. Farkas, The art of French Horn playing, Summy-Birchard Music, Princeton N.J., U.S.A., 1956, ISBN 0-87487-021-6.
- 2) R. Morley-Pegge, The French Horn, Ernest Benn, London, U.K., 1960, ISBN 0-510-36600-7.
- 3) M. Campbell and C. Greated, The musicians guide to acoustics, J.M. Dent and Sons, Londen, U.K., 1987, ISBN 0-460-04644-6.
- 4) F. Cousins, On playing the French horn, Caron, Via Stockport, UK, 1992, ISBN 0-947848-05-3.
- 5) H.L.F. von Helmholtz, Die Lehre von den Tonempfindungen als Physiologische Grundlage für der Musik, Vieweg, Braunschweig Deutschland, 1863. Herdruk: Minerva-Verlag, Frankfurt/Main 1981, ISBN 3-8102-0715-2.
- 6) J. Backus, The Acoustical Foundations of Music, W. W. Norton & Company, New York, NY, U.S.A., 1977, ISBN 0-393-09096-5.
- 7) N.H. Fletcher and Th. D. Rossing, The physics of musical instruments, Springer, New York, NY, U.S.A. 1998, ISBN 0-387-98374-0.
- 8) J. Backus, Input impedance for brass instruments, Journal of the Acoustical Society of America **56**, 1266-1279 (1974).
- 9) Adam Watts, Spectral Analysis of the French Horn and the Hand-in-Bell Effect, Thesis (2009) , Department of Physics, University of Illinois, Urbana-Champaign, IL, U.S.A.