



Kragten Design

Populierenlaan 51
5492 SG Sint-Oedenrode
Nederland

ing. Adriaan Kragten

*Gespecialiseerd in het ontwerpen van elektriciteit
opwekkende windmolens en PM-generatoren*

telefoon: 0413 475770
e-mail: info@kdwindturbines.nl
website: www.kdwindturbines.nl

Adriaan Kragten, Sint-Oedenrode 22-4-2019, herzien 18-2-2023

De rechte schuiftrompet in C

1 Inleiding

Op koperinstrumenten kunnen zonder de ventielen te gebruiken, alleen hogere harmonischen van de grondtoon geproduceerd worden. Deze tonen, maar ook alle tonen waarvoor ventielen nodig zijn, kunnen worden aangeduid door het rangnummer van de harmonische gevolgd door de naam van de toon. Het normale bereik van een koperinstrument loopt tot de achtste harmonische maar zeer goede blazers komen tot de twaalfde of zelfs nog wel hoger. De tonen zijn dan: (1C), 2C, 3G, 4C, 5E, 6G, (7Bes), 8C, 9D, 10E, (11Fis) en 12G. De grondtoon 1C is erg laag en moeilijk te spelen en wordt daarom niet gebruikt. De 7Bes is te laag en de 11Fis is veel te hoog. De te vermijden tonen staan daarom tussen haakjes.

Bij de gebruikelijke aanduiding van de tonen van een ventielinstrument staat er een nummer achter de naam van de toon. Een 2C komt overeen met een C1. Een 4C komt overeen met een C2. Een 8C komt overeen met een C3. Het voordeel van mijn aanduiding is dat gelijk klinkende tonen met verschillende vingerzetting een verschillende naam hebben. Een G1 kan los gespeeld worden maar ook met 1 + 3. Los noem ik deze toon een 3G. Met 1 + 3 noem ik deze toon een 4G.

Het is opmerkelijk dat alle moderne koperinstrumenten, uitgezonderd de trombone en de schuiftrompet, gebruik maken van drie schuif- of drie draaiventielen om de zes tonen die liggen tussen de 2C en de 3G te kunnen spelen. Ventiel 1, 2 en 3 worden bediend door respectievelijk de wijsvinger, de middelvinger en de ringvinger van de rechterhand (met uitzondering van de hoorn die met de linkerhand bespeeld wordt). Een ingedrukt ventiel voegt een stukje ventielbuis toe aan de hoofdbuislengte waardoor de toon lager wordt. De volgende verlagingen worden veroorzaakt door een ingedrukt ventiel en door combinaties van ingedrukte ventielen: Ventiel 1 verlaagt een hele toon. Ventiel 2 verlaagt een halve toon. Ventiel 3 verlaagt anderhalve toon als de ventielstembuis geheel ingedrukt is. Bij een optimaal afgestelde ventielstembuis voor een instrument zonder triggers wordt de toon echter te laag en ventiel 3 wordt daarom normaal niet alléén gebruikt. Ventiel 1 + 2 verlaagt anderhalve toon. Ventiel 2 + 3 verlaagt twee tonen. Ventiel 1 + 3 verlaagt twee-en-een-halve toon. Ventiel 1 + 2 + 3 verlaagt drie tonen.

Een gevolg van het gebruik van slechts drie ventielen en een onzuiver derde ventiel is dat er dus twee of drie ventielen gecombineerd moeten worden voor een verlaging van meer dan twee halve tonen. Dit heeft als nadeel dat de toon bij combinatie van ventielen te hoog wordt. Immers, de door een bepaald ventiel toegevoegde lengte die correct is met betrekking tot de hoofdbuislengte is te kort als de hoofdbuislengte al door een ander ventiel verlengd is. De grootste afwijking treedt op bij de ventielcombinatie 1 + 2 + 3.

Een manier om de onzuiverheid die het gevolg is van de combinatie van ventielen te voorkomen is om er voor te zorgen dat er geen ventielen met elkaar gecombineerd hoeven te worden. Om de zes halve tonen die liggen tussen de 2C en de 3G te overbruggen zijn dan zes ventielen nodig. Een dergelijk instrument wordt beschreven in mijn notitie "De sixel, een nieuw blaasinstrument met zes ventielen" dat gratis van mijn website: www.kdwindturbines.nl onder het menu "No wind energy" gekopieerd kan worden.

Een andere manier is om een schuif te gebruiken zoals dat bij een schuiftrambone en een schuiftrumpet gedaan wordt. Een schuiftrambone is zeer gangbaar maar een schuiftrumpet wordt maar weinig gebruikt. Beide instrumenten staan in Bes maar de buis van een schuiftrumpet heeft de halve lengte van die van een schuiftrambone. De posities van de schuif zitten daardoor ook op de halve afstand waardoor de juiste afstand veel nauwkeuriger benaderd moet worden om voldoende zuiver te spelen. Dit probleem zou voor de schuiftrumpet op te lossen zijn door het instrument recht te maken en een enkele schuif te gebruiken. De posities liggen dan op dezelfde plaats als die van de schuiftrambone.

Als de schuiftrumpet recht is en in Bes staat dan wordt hij echter behoorlijk lang. Het idee is nu om een rechte schuiftrumpet te ontwerpen die in C staat en daardoor toch wat korter zal zijn dan een Bes-instrument. De posities zullen daardoor wat dichter bij elkaar zitten dan bij een schuiftrambone. Als het instrument in C staat kan men ook gewoon pianomuziek gebruiken. Als het instrument recht is zijn er ook geen plaatsen waar zich condenswater kan verzamelen en daardoor zijn geen waterkleppen nodig.

Voor een schuiftrambone wordt de positie waarbij de schuif helemaal ingeschoven is positie 1 genoemd. Voor een schuiftrambone zonder kwartventiel zijn er dan nog zes extra posities die positie 2, 3, 4, 5, 6 en 7 genoemd worden. Ik vind dit onlogisch en noem de positie met de schuif helemaal in, positie 0 en de andere posities 1, 2, 3, 4, 5 en 6 waardoor de rangnummers van de posities overeenkomen met het aantal halve tonen dat verlaagd wordt en met de rangnummers van de lengtetoe name n (zie hoofdstuk 2).

De 3G is maar 0,1 % te hoog t.o.v. de gelijkzwevende stemming en dit verschil kan verwaarloosd worden. Tussen de 3G en de 2C liggen zes tonen. In deze notitie wordt alleen de naam van de toon met een verlaging gebruikt. Deze zes tonen 3Ges, 3F, 3E, 3Es, 3D en 3Des worden gespeeld met respectievelijk de schuifposities 1, 2, 3, 4, 5 en 6. Met gebruikmaking van deze zes schuifposities kunnen onder de 2C ook nog de zes tonen 2B, 2Bes, 2A, 2As, 2G en 2Ges gespeeld worden. Tussen de 4C en de 3G liggen vier tonen. Deze vier tonen 4B, 4Bes, 4A en 4As worden gespeeld met respectievelijk de schuifposities 1, 2, 3 en 4.

De 5E is 0,8% te laag t.o.v. de gelijkzwevende stemming en moet daarom met embouchure wat opgedreven worden. De drie van de 5^e harmonische afgeleide tonen die tussen de 5E en de 4C liggen kunnen echter zonder embouchurecorrectie zuiver gespeeld worden als de schuif iets minder ver uitgeschoven wordt. Deze drie tonen 5Es, 5D en 5Des worden gespeeld met respectievelijk de schuifposities 1, 2, en 3. Tussen de 6G en de 5E liggen twee tonen. Deze tonen 6Ges en 6A worden gespeeld met respectievelijk de schuifposities 1 en 2. De 7Bes moet worden overgeslagen omdat deze veel te laag is. Tussen de 8C en de 6G liggen vier tonen. Deze tonen 8B, 8Bes, 8A en 8As worden gespeeld met respectievelijk de schuifposities 1, 2, 3 en 4. Tussen de 9D en de 8C ligt de 9Des die gespeeld wordt met de schuifpositie 1. Tussen de 10E en de 9D ligt de 10Es die ook gespeeld wordt met de schuifpositie 1. Voor de drie tonen die tussen de 10E en de 8C liggen kan men ook dezelfde schuifposities kiezen als voor de drie tonen die tussen de 5E en de 4C liggen.

Tonen hoger dan de 10E zijn alleen door zeer ervaren muzikanten te spelen op een C-schuiftrumpet en zullen daarom niet worden behandeld. De te gebruiken schuifposities voor de chromatisch tonen van de 10E t/m de 2Ges worden weergegeven in tabel 1.

toon	schuifpositie
10E	0
10Es	1
9D	0
9Des	1
8C	0
8B	1
8Bes	2
8A	3
8As	4
6G	0
6Ges	1
6F	2
5E	0
5Es	1
5D	2
5Des	3
4C	0
4B	1
4Bes	2
4A	3
4As	4
3G	0
3Ges	1
3F	2
3E	3
3Es	4
3D	5
3Des	6
2C	0
2B	1
2Bes	2
2A	3
2As	4
2G	5
2Ges	6

tabel 1 Schuifposities voor de chromatische tonen 10C t/m 2Ges

2 Berekening van de vereiste verlenging van de schuif en de lengte van de hoofdbuis

Er wordt vanuit gegaan dat de gelijkzwevende stemming zuiver is. Bij de gelijkzwevende stemming komt een halve toon verlaging neer op een frequentiedaling met een factor $2^{1/12}$. De op een blaasinstrument geproduceerde toon is evenredig met de buislengte. Daarom moet de buislengte met een factor $2^{1/12}$ ofte wel 1,059463 verlaagd worden om een halve toon verlaging te verkrijgen. Voor verlaging van een hele toon is verlenging van de buislengte met een factor $2^{2/12}$ ofte wel 1,122462 nodig, enzovoorts. De theoretische hoofdbuislengte wordt L gesteld.

In mijn eerste notitie over de sixel uit 1998 wordt gesteld dat L gevonden wordt door de lengte van de hoofdbuis van een bugel nauwkeurig op te meten. Dit blijkt echter niet juist te zijn omdat de beker een bepaalde afwijking veroorzaakt. In mijn notitie over de Basbugel (een bugel met een extra kwintventiel) wordt in hoofdstuk 4 wel de juiste manier gegeven om L te bepalen. De notitie over de basbugel staat ook op mijn website.

Dit gaat op basis van de lengte van de ventielbuis van het derde ventiel. Een berekening op basis van de geluidsnelheid levert nagenoeg dezelfde waarde op. Het blijkt dat de werkelijke lengte van de hoofdbuis aanmerkelijk korter is dan de theoretische lengte L waarmee de berekeningen worden uitgevoerd. De werkelijke buislengte was ongeveer 1370 mm. In deze notitie werd voor een Bes-trompet of Bes-bugel bepaald dat $L = 1480$ mm wat dus ongeveer 110 mm langer is dan de werkelijke buislengte.

Voor een C-trompet is de lengte L een factor $1 / 2^{2/12} = 0,8909$ korter dan voor een Bes-trompet en dus ongeveer 1318 mm. De werkelijke buislengte zal ook een factor 0,8909 korter zijn en dus ongeveer 1220 mm. Dit geeft toch een behoorlijk lengte voor een recht instrument en er is een lange koffer voor nodig met een lengte van ongeveer 1250 mm. Maar er bestaan nog wel langere instrumenten en daar doet ook niemand moeilijk over.

De theoretische buislengte wordt l genoemd en de theoretische lengtetoeename, $l - L$ wordt n genoemd. De berekende waarden van l en n als functie van L worden voor verlagingen van één t/m zes halve tonen weergegeven in tabel 2. De waarde van n in mm (afgerond op 0,1 mm) voor $L = 1318$ mm wordt ook weergegeven in tabel 2.

verlaging	theoretische buislengte l	theoretische lengtetoeename n	lengtetoeename n in mm
1 halve toon	$l_1 = 1,059463 L$	$n_1 = 0,059463 L$	$n_1 = 78,4$ mm
2 halve tonen	$l_2 = 1,122462 L$	$n_2 = 0,122462 L$	$n_2 = 161,4$ mm
3 halve tonen	$l_3 = 1,189207 L$	$n_3 = 0,189207 L$	$n_3 = 249,4$ mm
4 halve tonen	$l_4 = 1,259921 L$	$n_4 = 0,259921 L$	$n_4 = 342,6$ mm
5 halve tonen	$l_5 = 1,334840 L$	$n_5 = 0,334840 L$	$n_5 = 441,3$ mm
6 halve tonen	$l_6 = 1,414214 L$	$n_6 = 0,414214 L$	$n_6 = 545,9$ mm

tabel 2 Waarde van de theoretische lengtetoeename n als functie van de verlaging

De waarde n is de theoretische waarde die door de schuif aan de hoofdbuis moet worden toegevoegd. De waarden n_1 t/m n_6 in mm geven aan hoever de schuif uitgeschoven moet worden voor de posities 1 t/m 6. Het stelbereik van de schuif moet zo groot zijn dat de buizen bij positie 6 elkaar nog voldoende overlappen zonder dat het instrument uit elkaar valt of dat de buizen schranken. De afstand waarover de hand zich moet verplaatsen om de positie 6 te bereiken is ongeveer 546 mm en een factor 0,891 kleiner dan bij een normale schuiftrambone waarvoor deze afstand ongeveer 613 mm is.

3 Bepaling van de constructie en de optimale ergonomische vorm

Doordat het instrument recht is en geen ventielen bevat is het uitermate simpel. Maar er kan een grote reeks chromatische tonen op gespeeld worden en daarom is het toch een volwaardig instrument. Omdat het instrument lang is, zal het zwaartepunt behoorlijk ver naar voren liggen en daarom moet het zo licht mogelijk zijn. Er wordt daarom vanuit gegaan dat de schuif en de beker van een lichte kunststof gemaakt kunnen worden. De overige delen worden van een sterke kwaliteit messing of van RVS gemaakt.

Het instrument is symmetrisch t.o.v. het hart van de buis en daarom geschikt voor rechtshandige en linkshandige mensen. Het vaste deel wordt voor rechtshandige mensen met de linkerhand vastgehouden. Het lijkt me dat de hand gewoon om de buis geklemd kan worden als die verdikt wordt met een zachte polstering. De schuif wordt voor rechtshandige mensen bediend met de rechterhand.

Voorlopig wordt ervan uitgegaan dat een normaal mondstuk van een C-trompet gebruikt wordt en dat de inwendige buisdiameter van het rechte deel van de buis ook gelijk is aan die van een C-trompet. Deze waarde is ongeveer 11 mm. Het eerste stukje van de hoofdbuis moet een inwendige conus hebben.

Om het instrument te kunnen stemmen, is het eerste stukje van de hoofdbuis dubbelwandig net als bij een bugel. Er wordt vanuit gegaan dat voor de afstand van de lipzijde van het mondstuk tot aan het begin van de schuif 200 mm nodig is. Als de totale lengte van het instrument met de schuif in positie 0, 1220 mm is, dan blijft er dus nog 1020 mm over voor de schuif. In hoofdstuk 2 werd berekend dat de schuif voor positie 6, 545,9 mm uitgeschoven moet worden. Stel dat voor het totale schuifbereik 620 mm gekozen wordt. Er blijft dan nog $1020 - 620 = 400$ mm over om de schuif te verbreden en uit te laten komen in de beker.

De beker van een normale Bes-trompet heeft een diameter van ongeveer 120 mm. Het lijkt logisch om voor de rechte C-schuifrompet een iets kleiner bekerdiameter van ongeveer 110 mm te gebruiken. Het moet toch mogelijk zijn om de laatste 400 mm van de schuif op een elegante manier over te laten gaan in een beker van 110 mm. Hoe deze verwijding precies plaats moet vinden om het instrument goed te laten klinken zal in de praktijk uitgezocht moeten worden.

Een normale schuifrombone heeft een voorziening om te voorkomen dat de schuif in de meest ingeschoven positie zo maar van het instrument af kan vallen als de schuif niet vast gehouden wordt. Een dergelijke voorziening lijkt mij ook nodig op deze rechte schuifrompet. De schuif kan vastgezet worden in deze positie als het instrument even niet gebruikt wordt.

Ik heb onderzocht welke afstand met de hand overbrugd kan worden. Ik ben zelf 1,85 m lang en kan met de hand vanaf de mond een slag maken van ongeveer 650 mm zonder het bovenlichaam te verdraaien en van ongeveer 750 mm als de schouder naar voren gedraaid wordt. Dit lijkt me al weinig voor een normale schuifrombone omdat positie 6 daarvoor op ongeveer 613 mm ligt. Bij een schuifrombone ligt het aangrijppunt van de hand ongeveer 100 mm voor de vlakke kant van het mondstuk als de schuif helemaal ingeschoven is. Om zes have tonen te verlagen moet de hand dus al ongeveer 713 mm voor de mond gehouden worden waardoor de schouder moet verdraaien. Dit geeft aan dat het voor mensen met korte armen onmogelijk is om op een schuifrombone een voldoende grote slag te maken.

Bij de rechte schuifrompet moet men de hand bij de positie 0 zo dicht mogelijk bij de mond laten beginnen en daarom moet er aan de schuif een beugel zitten met een zodanig vorm dat het aangrijppunt ongeveer samen valt met de vlakke kant van het mondstuk maar een paar cm opzij ligt om niet met de hand tegen de wang te komen. Omdat de hand verdraait tijdens het verplaatsen is het handig als het aangrijppunt een rol is die met de duim, de wijsvinger en de middelvinger vastgehouden kan worden. Omdat een slag van ongeveer 546 mm nodig is, zullen ook mensen met wat kortere armen dit instrument nog kunnen bespelen. Deze relatief korte slag was ook een reden om voor de C-stemming te kiezen.

De vraag is nu of er een markt voor deze rechte schuifrompet in C zal zijn. Doordat het een C-instrument is kan gewoon pianomuziek gebruikt worden. Doordat het instrument recht is, zijn geen waterkleppen nodig. Door de eenvoud van het ontwerp, het geringe materiaalgebruik en het feit dat geen ventielen nodig zijn is dit instrument goedkoop te produceren en dus ook goedkoop op de markt te zetten. Het instrument is geschikt voor rechtshandige en linkshandige mensen en voor mensen met korte armen. De slag is lang niet zo klein als bij een gewone schuifrompet in Bes en daarom lijkt het mij dat het gemakkelijker is om er zuiver op te spelen. Omdat het zwaartepunt, vooral bij de schuif in positie 6 ver naar voren ligt, zal er alles aan gedaan moeten worden om het instrument zo licht mogelijk te maken maar met moderne materialen moet dit mogelijk zijn.

Ik heb geen intentie om dit instrument zelf te gaan maken of er in te gaan handelen. Middels deze notitie geef ik het idee vrij op mijn website www.kdwindturbines.nl onder het menu "No wind energy" en iedereen mag er gebruik van maken om een prototype te bouwen en te testen of het instrument werkelijk functioneert. Ook bij serieproductie hoeft men mij geen licentiekosten te betalen. Ik zou het instrument wel graag willen uitproberen en stel er prijs op wanneer ik als uitvinder genoemd wordt.

4 Alternatief; de rechte piccolo schuiftrompet in Bes

De in hoofdstuk 1 beschreven rechte schuiftrompet in C is, zelfs met een geheel ingeschoven schuif, toch nog behoorlijk lang (ongeveer 1220 mm). Hetzelfde principe zou gebruikt kunnen worden voor een veel kortere rechte piccolo schuiftrompet in Bes. Een piccolo trompet in Bes klinkt een octaaf hoger dan een normale trompet in Bes.

Alle buislengtes worden nu een factor $1 / 2^{10/12} = 0,5612$ korter dan die van de rechte schuiftrompet in C. De bekerdiameter wordt ook een stuk kleiner en ik schat dat een diameter van ongeveer 70 mm de juiste maat is. Omdat het instrument nu veel korter is, is het ook veel lichter waardoor het gemakkelijker vast te houden is.

Omdat alle buislengtes een factor 0,5612 korter worden dan die van de rechte schuiftrompet in C wordt de waarde van L nu $0,5612 * 1318 = 739,7$ mm. Het instrument heeft, bij een geheel ingeschoven schuif, nu een lengte van $0,5612 * 1220 = 685$ mm. Dit vereist maar een kleine koffer om het instrument in op te bergen. De afstanden tussen de verschillende posities worden nu ook een factor 0,5612 kleiner waardoor men de schuif wel nauwkeuriger op de juiste plaats moet zetten om zuiver te kunnen spelen maar dat zou men moeten kunnen leren. De afstanden worden nu gelijk aan die van een normale schuiftrompet in Bes. Tabel 2 verandert nu in tabel 3.

verlaging	theoretische buislengte l	theoretische lengtetoename n	lengtetoename n in mm
1 halve toon	$l_1 = 1,059463 L$	$n_1 = 0,059463 L$	$n_1 = 44,0$ mm
2 halve tonen	$l_2 = 1,122462 L$	$n_2 = 0,122462 L$	$n_2 = 90,6$ mm
3 halve tonen	$l_3 = 1,189207 L$	$n_3 = 0,189207 L$	$n_3 = 139,9$ mm
4 halve tonen	$l_4 = 1,259921 L$	$n_4 = 0,259921 L$	$n_4 = 192,3$ mm
5 halve tonen	$l_5 = 1,334840 L$	$n_5 = 0,334840 L$	$n_5 = 247,7$ mm
6 halve tonen	$l_6 = 1,414214 L$	$n_6 = 0,414214 L$	$n_6 = 255,4$ mm

tabel 3 Waarde van de theoretische lengtetoename n als functie van de verlaging voor de piccolo schuiftrompet in Bes

In tabel 3 is te zien dat de benodigde lengtetoename voor 6 halve tonen verlaging nu maar 255,4 mm is en dit is zelfs voor kleine kinderen geen probleem. Wel is het zo dat het normale bereik een octaaf hoger ligt dan dat van een normale Bes trompet en dat het niet gemakkelijk zal zijn om tonen boven de 4C te blazen.

Het bereik kan naar beneden sterk uitgebreid worden als een ventiel wordt toegevoegd dat een reine kwint verlaagt. De 2C wordt daarmee dan een 2F. Tussen de grondtoon 1C en de 2F liggen dan de vier tonen 2Des, 2D, 2Es en 2E. Deze tonen zijn dan zuiver te spelen als men grotere lengtetoenames n gebruik als gegeven in de laatste kolom van tabel 3. Het is dan mogelijk om onder de 1C nog weer chromatisch omlaag te gaan tot aan de 1Des. Hiermee krijgt het instrument een bereik dat zelfs nog een aanzienlijk stuk lager ligt dan dat van een normale trompet in Bes.

De meeste piccolo trompetten zijn uitgevoerd met een vierde kwartventiel waarmee de 2C verlaagd wordt naar een 2G. Omdat dit ventiel echter niet gecompenseerd is, worden de tonen veel te hoog zodra dit ventiel gecombineerd wordt met de andere drie ventielen. Dit kwartventiel is daardoor alleen praktisch bruikbaar in combinatie met ventiel 1 en 2. Men kan daardoor niet zuiver chromatisch omlaag naar de grondtoon 1C.

Het voordeel van het gebruik van een kwintventiel in plaats van een kwartventiel is dat er nu maar vier tonen liggen tussen de 1C en de 2F. Bij het gebruik van een schuif kan men deze tonen zuiver spelen door de afstanden tussen de posities te vergroten. De 2^e positie wordt dan ongeveer gelijk aan de 3^e normale positie en de 4^e positie wordt dan ongeveer gelijk aan de 6^e normale positie.